

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.01 – КМР. 189"С" 2021.02.01. 041 ПЗ**

**ХОМЕНКО ОЛЕКСАНДРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

**2021**

**НУБІП України**

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.01 – КМР. 189"С" 2021.02.01. 041 ПЗ**

**ХОМЕНКО ОЛЕКСАНДРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

**2021**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Механіко-технологічний факультет

УДК 636.353:31

ДОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Декан механіко-технологічного факультету Завідувач кафедри  
Сільськогосподарських машин  
та системотехніки ім акад. П.М. Василенка  
(назва кафедри)

В. Братішко Гуменюк Ю.О.  
(підпис) (підпис) (ПІБ) (ПІБ)  
“ ” 2021 р. “ ” 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Дослідження технологічних та конструктивних параметрів  
робочих органів ротаційних граблів  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»  
Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:  
Доктор технічних наук, с.н.с. В.В. Братішко  
(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

Д.с.-г.н., професор (науковий ступінь та вчене звання) Теслюк В.В. (ПІБ)  
Виконав Хоменко О.О. (ПІБ студента)  
(підпис) (підпис)

КИЇВ / 2021  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 636.353:31

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сільськогосподарських машин та системотехніки ім акад. П.М. Василенка

к.т.н., доцент

Гуменюк Ю.О.

“ ” 2021 року

## ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Хоменко Олександр Олександрович

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Дослідження технологічних та конструктивних параметрів робочих органів ротаційних граблів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «04» лютого 2021р. № 189 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2021. 11. 25.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: характеристика сировинної бази регіону, конструктивно-компонувальні схеми граблів-ворошилок роторних та їх технічні характеристики, стан механізації виробничих процесів по заготівлі сіна.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз досліджень з підвищення ефективності роботи машин та механізмів.
2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки.
3. Теоретичні обґрунтування.
4. Планування експерименту.
5. Результати експериментальних досліджень.
6. Економічне обґрунтування.

Дата видачі завдання «10» лютого 2021р.

Керівник магістерської роботи

Завдання прийняв до виконання

Теслюк В.В.

Хоменко О.О.

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: “Дослідження технологічних та конструктивних параметрів робочих органів ротарійних граблів”.

Магістерська робота складається із вступу, 5 розділів розрахунково-пояснювальної записки, висновків, списку використаних джерел з 29 назв і 10 слайдів. Основний зміст магістерської роботи викладений на 80 сторінках машинописного тексту, містить 10 рисунків і 9 таблиць.

Проведено огляд літератури з проблем заготівлі сіна із люцерни, аналіз заготівлі сіна із люцерни в господарстві та передових світових технологій. Розроблено технологічну і операційно-технологічні карти на ворушіння сіна із люцерни на значній площі.

З метою поліпшення якості заготівлі сіна із люцерни спроектовано конструкцію машини для ворушіння сіна.

Проведено обґрунтування кількісного і структурного складу механізованої ланки для вирощування люцерни на сіно.

Проведено аналітико-експериментальні дослідження, визначено конкурентоспроможності розробки за узагальнюючими показниками.

Проведено економічне обґрунтування роботи.

Приведено висновки та пропозиції.

Ключові слова: Люцерна, сіно, машинно-тракторний агрегат, ворушилка, технологія заготівлі, технологічна карта, технологічний процес, ефективність.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| РЕФЕРАТ.....   | 4  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ РОТОРНИХ ГРАБЛІВ .....  | 7  |
| 1.1. Ворушилки і валкоутворювачі.....  | 7  |
| 1.2. Обґрунтування необхідності удосконалення конструкції існуючої машини для виконання операції ворущіння сіна..... | 9  |
| 1.3. Складання технологічної карти вирощування люцерни на сіно.....  | 15 |
| РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....  | 21 |
| 2.1. Опис удосконаленої машини.....  | 21 |
| 2.2. Операційна технологія виконання операції ворущіння з вирощування люцерни на сіно.....                           | 27 |
| 2.3. Обґрунтування кількісного і структурного складу механізованої ланки для вирощування люцерни на сіно.....        | 34 |
| РОЗДІЛ 3 АНАЛІТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....   | 36 |
| 3.1. Основи теорії і розрахунку параметрів граблів-ворушилок.....  | 36 |
| 3.2. Багатокритеріальний вибір засобу удосконалення системи.....   | 47 |
| 3.3. Визначення конкурентоспроможності нової технологічної системи.....  | 50 |
| 3.4. Визначення комплексного коефіцієнта конкурентоспроможності розробки.....  | 51 |
| 3.5. Визначення конкурентоспроможності розробки за узагальнюючими показниками.....                                   | 52 |
| РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....   | 62 |
| 4.1. Типова інструкція з охорони праці при заготівлі кормів.....   | 62 |
| 4.2. Охорона праці при роботі з пестицидами.....   | 65 |
| РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ .....  | 69 |
| 5.1. Визначення прямих експлуатаційних витрат.....   | 69 |
| 5.2. Визначення річного економічного ефекту.....   | 73 |
| ВИСНОВКИ.....  | 77 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....  | 78 |

## ВСТУП

# НУБІП УКРАЇНИ

Завдяки комплексній механізації фермерські господарства здатні

збільшити посівні площі посівів, поліпшити структуру посівів. Застосування систем високопродуктивних машин, підвищення якості машин та обладнання

# НУБІП УКРАЇНИ

засобів виробництва дає змогу збільшити сільськогосподарське виробництво на 16% та збільшити кінцевий вихід продовольчих товарів на 26 - 30%. Сіно слід сушити до вологості 16-18%. Як недосушена, так і пересушена трава втрачають

поживні речовини. Крім того, в пересушеному сіні легко втрачається під час

# НУБІП УКРАЇНИ

зрібання, переміщення та при транспортуванні найбільше поживні частини рослин - листя і суцвіття. Тому стежте, щоб скошена трава рівномірно сохла. Це досягається своєчасною агітацією. Часто, коли в період збору врожаю буває суха

сонячна погода, скошену траву негайно зрібають, щоб вона не висохла. В

# НУБІП УКРАЇНИ

останні роки сплюснення трав набуло поширення одночасно з косінням - сплюснуте стебла швидше сохнуть, тому трава висихає рівномірніше, а втрата листя і суцвіть, які не встигають висохнути, значно зменшується. В останні роки сіно пресують у тюки.

Об'єкт дослідження - це технологічний процес заготівлі сіна.

# НУБІП УКРАЇНИ

Предмет дослідження - параметри робочих органів ротаційних граблів. Тому метою дипломного проекту є аналіз доцільності зберігання сіна за допомогою консервантів. Що значно полегшує процес збирання та зберігання

кормів для подальшого використання у тваринництві.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ РОТОРНИХ ГРАБЛІВ

### 1.1. Ворушилки і валкоутворювачі.

Для заготівлі сіна й сінажу найчастіше використовують ротаційні ворушилки та валкоутворювачі з робочими елементами у формі пружинних зубів, які закріплені на штангах.

Ці машини виконують операції з ворущіння й розпушування скошеної трави, перевертання і згрібання у валки.

Відомі зарубіжні фірми (Kuhn, Claas, Krone, Pöttinger тощо) виготовляють широкий типорозмір навісних і причіпних машин для ворущіння та згрібання у валки пров'яленої маси трави чи сіна з шириною захвату в діапазоні ворущилок – від 2,2 м (фірма SIP, Словенія), до 17,2 м (фірма Kuhn) (рис. 1.1), валкоутворювачів – шириною захвату від 3,0 м до 19,0 м.



Рис. 1.1 – Ворушилка FG 17002 (фірми Kuhn)

Ці ворушилки мають від 2-х до 16-ти роторів

За кількістю роторів валкоутворювачі бувають одно- дво- три та чотирироторні.

Фірма Claas виготовляє дві моделі чотирироторних, чотири моделі двороторних і дві моделі однороторних валкоутворювачів та чотири моделі ворущилок.

Фірма Krone виготовляє п'ять моделей однороторних, сім моделей двороторних, одну модель трироторну, дві моделі чотирироторних валкоутворювачів та 13 моделей ворушилок (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Валкоутворювач Swardo 1400 (фірми KRONE)

Фірма Pttinger виготовляє десять моделей однороторних, десять моделей двороторних, одну модель чотирироторних валкоутворювачів та десять моделей ворушилок.

Для високопродуктивної роботи прес-підбирачів максимальну ширину захвату валкоутворювачів доведено до 19 м.

В Україні для зрібання та ворушення сіна розроблені граблі універсальні роторні ГУР-4,2 (КТ „Київтрактородеталь”), граблі-перегребачі ГВ 3,4 (ВАТ „Ковельсільмаш”), граблі-перегребачі ГР-Ф-3,6 (ВАТ „Новоград-Водинськсільмаш”) та ГВ 00-000 (ВАТ «Львівсільмаш»). Ширина захвату машин втчизняного виробництва становить від 3,3 м до 4,2 м.

Слід зауважити, що колісно-пальцові валкоутворювачі з пасивним приводом робочих органів забруднюють рослину масу ґрунтом і в цілому така конструкція давно морально застаріла.

## 1.2. Обґрунтування необхідності удосконалення конструкції існуючої машини для виконання операції ворущіння сіна

Найкраще годувати тварин свіжими кормами. Однак можна використовувати рослинні корми свіжими лише влітку (частково навесні та восени). Для забезпечення тварин рослинною їжею взимку їх консервують.

Консервування - це особлива обробка кормів, в результаті якої вони можуть зберігатися тривалий час, не втрачаючи харчової цінності. Відомо багато засобів консервування кормів, але всі вони в основному зводяться до трьох:

сушіння (зневоднення), бродіння (силосування) та хімічне консервування.

Сушка трави для сіна - найпоширеніший спосіб її збереження. Раніше сіно збирали переважно шляхом сушіння трави на полі, що повністю залежало від

погодних умов. Останніми роками хімічні консерванти широко застосовуються

при заготівлі сіна, його сушать методом активної вентиляції нагрітим повітрям і

використовують накопичену сонячну енергію. Такі технологічні методи дозволяють збирати високоякісне сіно при малих втратах поживних речовин.

Однак традиційні методи заготівлі сіна для польового сушіння все ще застосовуються на практиці. При цьому допускаються великі втрати корму, які

іноді сягають 40-50%. Щоб цього не сталося, необхідно чітко знати про можливу втрату поживних речовин у різних технологічних процесах сінокосіння.

Втрата поживних речовин при різних технологіях заготівлі сіна пов'язана з порушенням строків збирання трав та біохімічних ферментативно-

окислювальних процесів (голодування в рослинних клітинах та автоліз). Сюди

входять механічні втрати під час технологічних процесів, втрати від вимивання під час опадів та в результаті мікробіологічних процесів.

Відомо, що при сушінні в полі різні мікроорганізми потрапляють на траву з ґрунту та повітря. Після загибелі рослинних клітин і достатньої вологості

мікроорганізми починають розвиватися, використовуючи поживні речовини для сіна. Плісняви особливо швидко ростуть після змочування сіна росотою та дощем.

Таке сіно після висихання часто «пилить». Пилік - це суперечка мікроорганізмів.

Завдяки вимиванню та активності мікроорганізмів може бути втрачено 20-30% сухої речовини та до 55% білка, тоді як за гарної погоди вони становлять лише 12-14%.

Останніми роками все більше значення надається хімічному збереженню сіна. Це зменшує залежність сіна від погодних умов, його можна зберігати при підвищеній вологості. Для консервації сіна використовуються різні хімічні консерванти - органічні кислоти та їх солі.

Консерванти при застосуванні до сіна з високою вологістю пригнічують ріст мікроорганізмів, запобігаючи тим самим його нагріванню, зменшують втрати поживних речовин та псування кормів під час зберігання. Для переробки сіна з вологістю 20-25, 26-30 і 31-35% рекомендується вносити пропіонову кислоту відповідно в такій кількості: 1, 1,5 і 2%. Для консервування сіна використовують суміші пропіонової та оцтової кислот у співвідношенні 4: 1, пропіонової кислоти з формальдегідом, низькомолекулярний жирний кислотний концентрат (НМЖК).

Недостатня ефективність консервування мокрого сіна у великих рулонах при застосуванні доз консервантів, рекомендованих для сипучого сіна, пояснюється нерівномірним нанесенням сіна, внаслідок чого необроблені ділянки в рулонах нагріваються і запліснявлюють. Рекомендується додавати в 2-3 рази більше консервантів до сіна з вмістом вологи більше 25% у великих рулонах, ніж до основного. Хімічне збереження зеленого корму здійснюється додаванням хімічних речовин, які затримують розвиток гнильних та маслянокислих бактерій та допомагають отримати високоякісний силос та зменшують втрати поживних речовин, а також дозволяють зберегти частину цукру.

Біологічна консервація дозволяє за допомогою різних добавок до силосу впливати на хід процесів бродіння та збагачувати корми цінними поживними речовинами.

Встановлено, що за ступенем збереження поживних речовин силосів хімічного збереження поступається лише штучному висушуванню трав. Втрати

сухої речовини при різних способах консервування становлять (%): штучне сушіння - 5-7, хімічне консервування - 10-13, силосування - 25-30.

Перевагами хімічного консервування є те, що він дозволяє швидко приготувати велику кількість кормів з високим вмістом білка з мінімальними втратами поживних речовин навіть за несприятливих погодних умов.

Хімічні речовини, що використовуються для збереження кормів, поділяються на три групи: мінеральні кислоти, органічні кислоти, антибактеріальні солі та гази. Мінеральні кислоти (соляна, сірчана, фосфорна)

підкислюють силос до рН 3,8-4,2. Це створює стабільне середовище, яке гальмує

розвиток гнильної, масляної та інших небажаних мікрофлор. Розвиток молочнокислих бактерій не стимулюється. У практиці виробництва кормів консервування мінеральними кислотами в даний час застосовується дуже рідко.

оскільки годівля тварин, консервованих мінеральними кислотами, силосом викликає хвороби (ацидоз, гіпомагnezія тощо), порушення обміну речовин.

Серед відомих консервантів сьогодні найпоширеніші органічні кислоти (мурашина, пропіонова, оцтова, бензойна) та їх суміші. Ці препарати та продукти їх розпаду, що містяться в готових кормах, не чинять негативного впливу на

здоров'я, функції відлучення тварин та якість продуктів, отриманих з них. За

своїми властивостями пропіонова, мурашина, оцтова кислоти належать до легких жирних кислот, які містяться в силосі, сінажі та інших силосах, а також синтезуються мікроорганізмами в підшлунковій залозі жуйних тварин і є

нормальними проміжними речовинами метаболізму в їх організмі.

Хімічні консерванти повинні відповідати вимогам державних стандартів. Забороняється використання ліків, які не відповідають стандартам.

Мурашина кислота пригнічує розвиток гнильних та маслянокислих бактерій, пригнічує ріст дріжджів та молочнокислих бактерій. Він створює концентрацію іонів водню в зеленій масі, достатню для запобігання розвитку

небажаної мікрофлори. Залежно від культури та вологості сировини мурашина кислота забезпечує збереження поживних речовин на 88-92, цукру - до 30%. Це один з найефективніших консервантів. Консервована з цією кислотою їжа добре

поїдається тваринами. Мурашина кислота виділяє пари, які дратують слизові оболонки дихальних шляхів та очей. Якщо його краплі потрапляють на шкіру, з'являються опіки. Допустимий вміст парів мурашиної кислоти в повітрі становить 1 мг / м<sup>3</sup>.

Оцтова кислота дуже подразнює верхні дихальні шляхи та очі. Допустимий вміст його парів у повітрі становить 5 мг / м<sup>3</sup>. Пропіонова кислота подразнює слизові оболонки. Концентрований кислий опік опікує шкіру. Його допустимий вміст у повітрі становить 20 мг / м<sup>3</sup>.

КНМК (концентрат низькомолекулярних жирних кислот) отримують як побічний продукт при виробництві синтетичних жирних кислот. Він складається з 27-29% мурашиної кислоти, 30-35 оцтової та 5-8% пропіонової. Цей консервант пригнічує розвиток молочної кислоти, гнильних та маслянокислих бактерій, дріжджів, цвілі.

У консервованому силосі як КНМК, так і мурашина кислота зберігають до 30% цукру від його вмісту в зеленому кормі, менше молочної кислоти накопичується в порівнянні зі звичайним силосом. Використовується для консервування багаторічних трав, кукурудзи.

Бензойна кислота сильно впливає на гнильні та маслянокислі бактерії, пригнічує розвиток дріжджів, не впливає на молочнокислі бактерії. Він утворює пил, який може дратувати слизові оболонки верхніх дихальних шляхів та очей.

Фінська компанія "Фармос" виробляє хімічні консерванти вихровий розчин (віхер-лівос) та вихрову кислоту (віхер-ханно), що представляють собою суміші органічних та мінеральних кислот з формаліном та стабілізуючим розчином. Прив'ялену траву обробляють віхер-розчином (3-3,5 л / т), а свіжоскошену (5-6 л / т) віхер-кислотою. Їх також використовують для консервування зеленої маси кукурудзи підвищеної вологості (80%), яку збирають у дощову погоду або з післяукісних або пожнивних посівах (3,5-4 л / т).

Солі та газів, що мають протимікробну дію, також використовуються для збереження кормів. Особливо широко застосовуються солі лужних металів, ще

містять сірку. Серед них бісульфат натрію ( $\text{NaHSO}_4$ ) та піросульфід натрію (метабісульфіт) ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ). Ці речовини характеризуються бактерицидними, бактеріостатичними та фунгіцидними властивостями завдяки вмісту в них діоксиду сірки (діоксиду сірки), що має значну консервуючу дію.

Чистий діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) також використовується для збереження кормів, що ефективно впливає на цвілеві грибки. У дозах від 0,2 до 0,5% від маси зеленого корму він забезпечує високоякісний силос.

Вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) під час силосування використовується для витіснення повітря з маси подачі і, таким чином, створення в ньому анаеробних умов. Як консервант, він частково розпиться в соках рослин і впливає на рН більш кислим способом, що створює сприятливі умови для розвитку молочнокислих бактерій. В середньому доза вуглекислого газу в масі становить від 0,5 до 1,5% від маси корму.

Бензоат натрію ( $\text{K}_2\text{H}_5\text{COONa}$ ) широко використовується для консервування продуктів харчування. Додавання до силосу 2-4 кг бензоату натрію сприяє отриманню високоякісного силосу з багатьох кормових культур. Доза для рослин, які важко силосувати, становить 4 кг, що легко - 1,5-2 кг на 1 т.

Ефективність консервантів залежить від дози, рівномірності змішування із сировиною, вологості останньої та інших операцій, які проводяться при силосуванні кормів.

Хімічні речовини наносять на зелену масу причинними обприскувачами під час навантаження сховища або за допомогою спеціального обладнання під час косіння та подрібнення в полі.

Летючі жирні кислоти слід використовувати в суміші, яка підсилює консервуючу дію компонентів. Змішайте їх безпосередньо перед обробкою корму. Такими сумішами є препарати ВІК-1 і ВІК-2. їх використовують на 5 л / т. Перед додаванням рідких органічних кислот до зеленої маси їх розбавляють водою у співвідношенні 1: 2 або 1: 3, а в жирну погоду - 1: 4 або 1: 5.

Рідкі та сухі консерванти застосовуються або під час сконування зеленої маси, або при закладці на зберігання за допомогою спеціальних пристроїв та механізмів.

В якості біологічних консервантів у практиці силосування застосовуються препарати, які є концентрованими клітинами молочнокислих бактерій у сухому або рідкому стані (дріжджі).

Сухі бактеріальні закваски молочнокислих бактерій, препарат «Літозил» зберігаються до 9 місяців. За 2-3 години до початку силосування їх розводять у невеликій кількості теплої води з розрахунку 2,5-3 г сухих дріжджів на 1 т силосу. Потім суспензію додатково розбавляють водою і отримують робочий розчин з розрахунку 5 літрів на 1 т силосу.

Інші біологічні консерванти з різними назвами також виробляються за кордоном. Принцип їх дії заснований на стимулюванні молочнокислого бродіння в силосі та пригніченні розвитку небажаної мікрофлори.

Для поліпшення якості силосу із важкої або не етилованої сировини, а також для підвищення її засвоюваності в силос вносять ферментні препарати (глюкавоморин, пектоваморин, амілоризин, пектонігрин, глюкоризин, цитрорезилін, цитопектонігрин, прототеризин), розщеплення і розщеплення і прості цукри. Високу консервантну дію забезпечує новий ферментний препарат «Целотерин» у дозі 60 тис. од. активність на 1 г зеленої маси люцерни при вологості до 75%.

При силосуванні сировини, що містить недостатню кількість цукрів і має високу буферну здатність, іноді використовують багаті цукром речовини (патоку, цукор, подрібнений буряк, подрібнене зерно злаків тощо). Він активує розвиток у силосі молочнокислих бактерій та підвищує якість та харчову цінність готового корму. Дози таких добавок визначаються залежно від виду основного корму та даного хімічного складу.

Для поліпшення смакових якостей в силос додають сіль. Доза його застосування залежить від норми подачі силосу тваринам. У більшості випадків сіль вноситься в кількості 1-1,5 кг на 1 т силосу.

Сіль Глаубера ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) використовується як джерело сірки під час силосування, яка також виявляє консервуючі властивості (1-2 кг на 1 т ваги).

Застосування хімічних консервантів при приготуванні силосу дозволяє підвищити рівень збереження поживних речовин, особливо вуглеводів, білків та каротину.

Для оцінки ефективності використання хімічних консервантів при силосуванні як критерію прийнято використовувати кормові одиниці, які визначаються при аналізі кормів. Кормові одиниці легко перевести у показники витрат, які залежать від виробничих та кліматичних умов заготівлі кормів у

кожному господарстві. Витрати на хімічне консервування, включаючи вартість консервантів, перевищують вартість додаткових одиниць корму. Така ситуація пов'язана з тим, що вміст кормових одиниць у силосі переноситься на 1 кг готового корму (або його сухої речовини) без урахування втрат сухої речовини

під час консервування або на шляху з поля на годівлю тварини. Щоб уникнути цієї помилки та отримати об'єктивну оцінку ефективності хімічного консервування кормів, враховують втрати сухої речовини, які спостерігаються при консервації кормів.

Аналізуючи вищезазначену інформацію, ми бачимо, що цей процес - обробка сіна консервантами є дуже незручним і трудомістким. Через те, що існує потреба в спеціальному складному обладнанні. У цій магістерській роботі я спробую зробити цей процес менш складним та дорогим. Для цього необхідно досягти якнайменшого використання механічних та трудових ресурсів. Цієї мети

можна досягти обробкою скошеної трави консервантами в процесі перемішування її в полі. Для цього я пропоную вдосконалити ворушилку ВЦТ-Ф-3 таким чином, щоб при виконанні перевертання люцерни, одночасно обробляючи її хімічними або біологічними рідкими консервантами. Це

дозволить поліпшити зберігання трави на відкритому просторі та зменшить витрати на оплату праці та витрати на переробку.

### 1.3. Складання технологічної карти вирощування люцерни на сіно.

Перший етап розрахунків при визначенні оптимального складу включає підготовку даних про терміни та обсяг усіх операцій з вирощування кожної культури, визначення продуктивності всіх агрегатів у кожній операції, призначення машин або агрегатів для виконання певної операції, розрахунок необхідної кількості одиниць для кожної операції - визначення безпосередньої операції та зменшені витрати на виконання комплексу робіт у господарстві.

Ці операції визначаються при складанні технологічних карт вирощування та збирання врожаю.

Для складання технологічної карти я маю такі дані: культура - люцерна на сіно; попередник - ярий ячмінь; площа поля - 120 га; планова урожайність люцерни - 55 ц/га; внутрішні транспортні відстані - 7 км, клас ґрунту - 2; група - II, величина схилу - 1,0%.

У магістерській роботі процедуру побудови технологічної карти буду проводити для операції перемішування, оскільки вдосконаленою машиною, що використовується для перемішування трави на сіно.

1. У першій колонці технологічної карти вказується серійний номер. У моєму випадку ця операція має номер 12.

2. У другій колонці вказується операція, яку ми виконуємо - перемішування трави та обробка консервантами.

3. У третій колонці вказуються агротехнічні вимоги - оскільки в цьому випадку мішалка разом із перемішуванням ваги вносить в неї консервант, що в агротехнічних вимогах я записав витрати на консервант. Таким чином, витрата становить - 3-3,5 л/т.

4. У четвертій колонці записується одиниця виміру виконання роботи - га.

5. У п'ятій колонці - обсяг роботи. У цій операції обсяг роботи дорівнює площі обробленого поля, яка дорівнює  $\Omega = 120$  га.

6. У шостій колонці вказуються календарні терміни початку роботи. Агітація проводиться на початку червня. Тож давайте напишемо 08.06.2003.

7. Сьома колонка вказує тривалість операції в днях. Припустимо тривалість операції агітації Так = 2 дні.

8. У восьмій колонці обчислюється коефіцієнт мінливості. Коефіцієнт мінливості обчислюється за формулою:

$$K_{зм} = \frac{T_d}{T_{зм}} \quad (1.1)$$

де  $T_d$  – тривалість роботи, год

Т<sub>зм</sub> – час зміни, год.

$$K_{зм} = \frac{13.3}{7} = 1.9$$

9. Вкажем трактор, який виконує цю операцію. Вибераємо трактор МТЗ-80.

10. У цій графі вказується марка зчеплення, якщо вона застосовується в машини-тракторному агрегаті. При виконанні цієї операції муфта не потрібна.

11. Вкажіть машину, з якою виконується операція. Переміщення з введенням консерванту здійснюється вдосконаленою машиною ВЦН-Ф-3.

12. У дванадцяту колонку запишіть кількість машин, необхідних для виконання цієї операції. Я прийняв, що виконувати цю роботу протягом двох днів на площі 120 га. Досить мати 2 одиниці.

13. У тринадцятій колонці вказується працездатність машини-тракторного агрегату. Для переміщення продуктивність АІТ становить  $W_{зм} = 1,9$  га / год.

14. Норма витрати палива при виконанні цих робіт не становить = 2,5 кг / га.

15. Технологічні матеріали при виконанні агітації не використовуються, тому в цій графі ми ставимо тире.

16. У шістнадцяту колонку запишіть необхідну кількість ключових працівників. Оскільки на полі одночасно працюють два машинно-тракторні агрегати, нам потрібні два основних робітника.

17. Підсобних робітників немає, тож у сімнадцятій колонці ми ставимо тире.

18. У вісімнадцятій колонці вкажіть сталону продуктивність трактора МТЗ-80/0,72 худоба / год.

19. У дев'ятнадцятій колонці визначаємо необхідну кількість одиниць для виконання роботи за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{D_a \cdot W_{зм} \cdot T_{зм} \cdot K_{зм}} \quad (1.2)$$

де  $\Omega$  - обсяг робіт, га;

$D_a$  – тривалість роботи, днів;

$W_{зм}$  – змінна продуктивність агрегата, га/зм;

$T_{зм}$  – час зміни, год;

Кзм – коефіцієнт змінності.

Підставивши в дану формулу значення отримаємо:

$$n_a = \frac{120}{2 \cdot 1,9 \cdot 7 \cdot 1,9} = 2$$

1. Кількість фактичних робочих днів, необхідних для виконання роботи, записаних у двадцятій колонці, визначається за формулою:

$$D_{\phi} = \frac{\Omega}{n_a \cdot W_{зм} \cdot T_{зм} \cdot K_{зм}} \quad (1.3)$$

де  $n_a$  – кількість необхідних для виконання робіт агрегатів;

$W_{зм}$  – змінна продуктивність агрегата, га/зм;

$T_{зм}$  – час зміни, год;

Кзм – коефіцієнт змінності.

Підставивши в формулу значення отримаємо:

$$D_{\phi} = \frac{120}{2 \cdot 1,9 \cdot 7 \cdot 1,9} = 2,3 \text{ дні}$$

2. В графі двадцять першій ми визначаємо кількість необхідних для виконання роботи нормозмін. Кількість нормозмін визначаємо за формулою:

$$N_{зм} = \frac{\Omega}{W_{зм} \cdot T_{зм}} \quad (1.4)$$

підставивши значення в дану формулу отримаємо:

$$N_{зм} = \frac{120}{1,9 \cdot 7} = 9,0$$

3. Кількість механізаторів необхідна для виконання робіт записується в двадцять другій графі. Ми прийняли, що роботу виконують одночасно два агрегата. Тобто кількість механізаторів які працюють на цих машинах становить 2.

Н

4. Допоміжних працівників у нас не має, тому ми в двадцять третій графі ставимо прочерк.

5. Витрату палива необхідну для виконання роботи визначаємо за формулою:

$$G_{\text{ТП}} = g_{\text{П}} \cdot \Omega \quad (1.5)$$

Н

де  $g_{\text{П}}$  – норма витрати палива, кг/га.

Підставивши значення отримаємо:

$$G_{\text{ТП}} = 2,5 \cdot 120 = 300$$

Н

6. Технологічних матеріалів в даній операції немає, тому в графі витрати технологічних матеріалів ми ставимо прочерк.

7. Затрати праці на весь об'єм роботи визначають за формулою:

$$Z_{\text{П}} = \frac{m_{\text{О}} + m_{\text{ДОП}}}{W_{\text{ЗМ}}} \cdot \Omega \quad (1.6)$$

Н

де  $m_{\text{О}}$  – чисельність трактористів-машиністів, які обслуговують агрегат при роботі в одну зміну;

$m_{\text{Д}}$  – чисельність допоміжних працівників, які обслуговують

Н

агрегат в одну зміну. Так як допоміжні працівники при виконанні даної операції участі не приймають то в розрахунках ми їх не приймаємо.;

$W_{\text{ЗМ}}$  – продуктивність агрегату, га/зм.

Підставивши значення в формулу отримаємо:

Н

$$Z_{\text{П}} = \frac{2}{1,9} \cdot 120 = 126 \text{ люд/год}$$

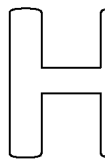
28. В двадцять восьмій графі обраховуємо прямі затрати на 1 га. за формулою:

Н

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ОП}} + C_{\text{ПММ}} + C_{\text{ТМ}} + C_{\text{РГ}} + C_{\text{РМ}} \quad (1.7)$$

де  $C_{\text{ОП}}$  – затрати на основних працівників;

□

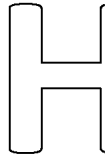


Спмм – затрати на пальномастильні матеріали;

Стм – затрати на технологічні матеріали;

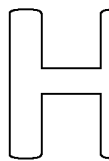
Срт – затрати на ремонт і реновацію трактора;

Срм – затрати на ремонт і реновацію сільськогосподарської машини;



Затрати на основних працівників визначаються за формулою:

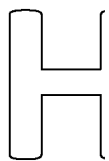
$$C_{on} = \frac{\sum n_i \cdot f_i}{W_{3M}} \quad (1.8)$$



де  $n_i$  – кількість основних працівників, чол

Затрати на пальномастильні матеріали визначаються за формулою:

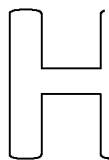
$$C_{пмм} = (1.12..1.15) \cdot g_{п} \cdot Ц_{п} \quad (1.9)$$



де  $g_{п}$  – норма витрати палива, кг/га;

$Ц_{п}$  – ціна палива, яка становить 26 грн.

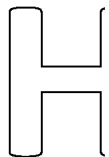
Затрати на реновацію і ремонт сільськогосподарської машини визначаємо за формулою:



$$C_p = \frac{B \cdot (a_{рен} + a_{рем})}{100 \cdot T_H \cdot W_{3M}} \quad (1.10)$$

де  $B$  – вартість, грн.

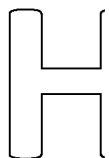
вартість машини ВЦН-Ф-3 - 65000 грн.;



$a_{рен}$  – відрахування на реновацію, грн

відрахування на реновацію машини ВЦН-Ф-3 - 5000 грн;

$a_{рем}$  – відрахування на ремонт, грн.



- відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування машини ВЦН-Ф-3, грн;

$T_H$  – нормативне річне завантаження, год

Н

- нормативне річне завантаження трактора МТЗ-80 - 1600 год;
- нормативне річне завантаження машини ВЦН-Ф-3 - 150 год

Отримавши всі необхідні значення обраховуємо прями затрати на 1 га.

Заносимо розраховані нами дані в технологічну карту, яка подана в презентації.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Опис удосконаленої машини.

Мета вдосконалення сіноворущилки - це розширення технологічних можливостей заготівлі сіна та поліпшення якості кормів, оброблених хімічними речовинами під час ворущіння. Сіноворущилка має ротор 2, на ободі якого шарнірно поворотні в осьовій площині кронштейни ротора б з прикріпленими робочими органами. Досконалою особливістю мішалки є те, що ротор має здатність до хімічних речовин, пружинні зуби порожнисті, а їх кінці перфоровані та з'єднані гнучкими трубами з баком. З метою зменшення забруднення навколишнього середовища та дозованого введення хімічної речовини в оброблюваний матеріал кожен робочий орган обладнаний запірно-регулюючим пристроєм, виконаним у формі підпружиненого клапана, який взаємодіє із упором додаткового шарніра монтажний кронштейн. Для переміщення рідини в

НУБІП України

резервуарі вона виконана у вигляді усіченого конуса і встановлена на ободі співвісно з віссю ротора.

Істотним фактором, що впливає на величину втрат поживних речовин під час заготівлі сіна, є тривалість перебування скошеної рослинної маси на полі в процесі доведення її до необхідної технології вологості. Прискореному висиханню скошеної рослинної сировини сприяє переміщення валів і обертання валів. Однак кожне наступне ворущіння призводить до втрат урожаю через обривання листя від суцвіть, найбільш поживних частин рослин.

Недоліком сінокосарки VCN-F3 є те, що її не можна використовувати для обробки скошених рослин з одночасним введенням в оброблену масу хімічних речовин, що прискорюють процес сушіння. Це зменшує технологічні можливості пристрою.

Мета мого пристрою - поліпшити якість корму, зібраного шляхом введення хімікатів під час ворущіння. Це допомагає прискорити процес сушіння та зменшити втрати урожаю.

Поставлена мета досягається тим, що у відомій конструкції ворущилки сіна з ротором, на ободі якого розташовані шарнірно-поворотні кронштейни з нерухомою пружиною, згідно модернізації сінна стійка оснащена баком, пружинні зуби порожнисті, а їх кінці перфоровані, кожен з яких з'єднаний з резервуаром і обладнаний запірно-регулювальним пристроєм із упором, який встановлений на кронштейні.

Сіноворущилка має раму 1 (рис. 2.1), яка має щонайменше один ротор 2, що обертається навколо осі 3, нижній кінець якого спирається на колесо 4, а верхній прикріплений до рами 1. Обертова частина ротора виконаний у вигляді колеса і складається з ступки 5, до якої приварені трубчасті хрестовини 6, а до них у свою чергу кріпиться ободок 7. До внутрішньої сторони хрестовини 6 кріпиться виконана у вигляді усіченої порожнистої конуса 8, що містить рідкий хімічний 9 -регулюючий пристрій 10 (фіг.2.2) за допомогою гнучких труб 11 і 12 з каналами 13 пружинних зубів 14, утворених двома напрямленими назовні кінцями сталеві пружинної товстої труби

невеликого діаметра, який від центральної його частини скручується у взаємно спрямованих напрямках. Зовнішні кінці пружинних зубців 14 на стороні, що торкається матеріалу, що підлягає згрібанню, мають перфорацію 15.

Пружинні зуби 14 встановлені на ободі 7 за допомогою кронштейна, що має тримач 20 і втулку 21, з'єднані між собою пластинами 22, пальцем 23, закріпленим на основі 24, привареним до втулки 25 і пальцем 26.

До втулки 21 присаднаний упор 27, який взаємодіє з клапаном 18 пристрою 10 відключення управління, прикріпленим до основи 24.

Кінці пальця 26 утримуються у двох тримачах 28, приварених до внутрішньої сторони обода 7. Втулка 25 і палець 26 утворюють головний шарнір кронштейна, що кріпить пружинні зуби 14, завдяки яким під дією торсіонних пружин 29 і 30 кронштейни, прикріплені до пружинних зубців 14, коли нерухомий ротор 2 обертається вгору в осевій площині ротора.

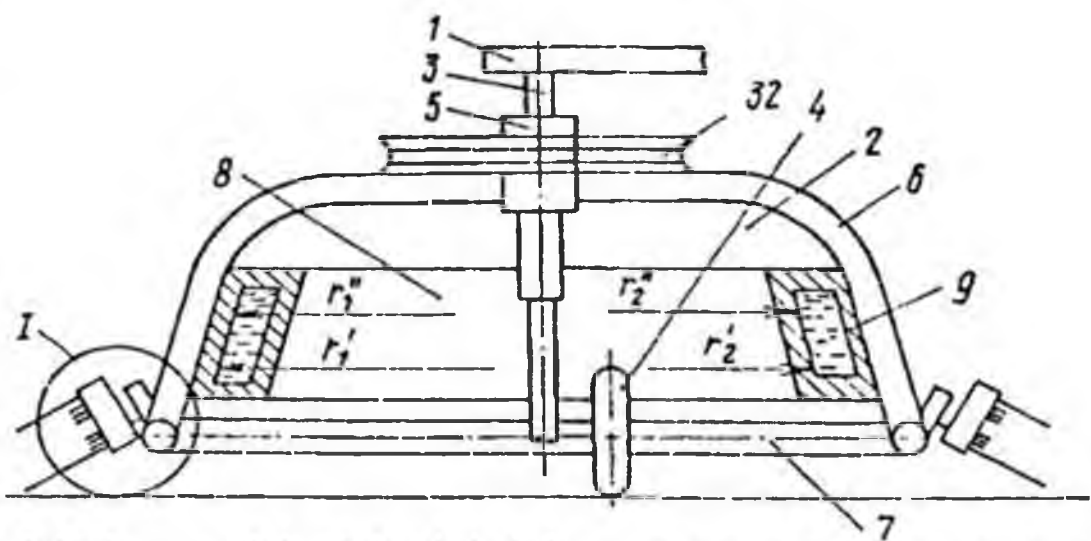


Рис. 2.1 - Ротор сіноворушилки.

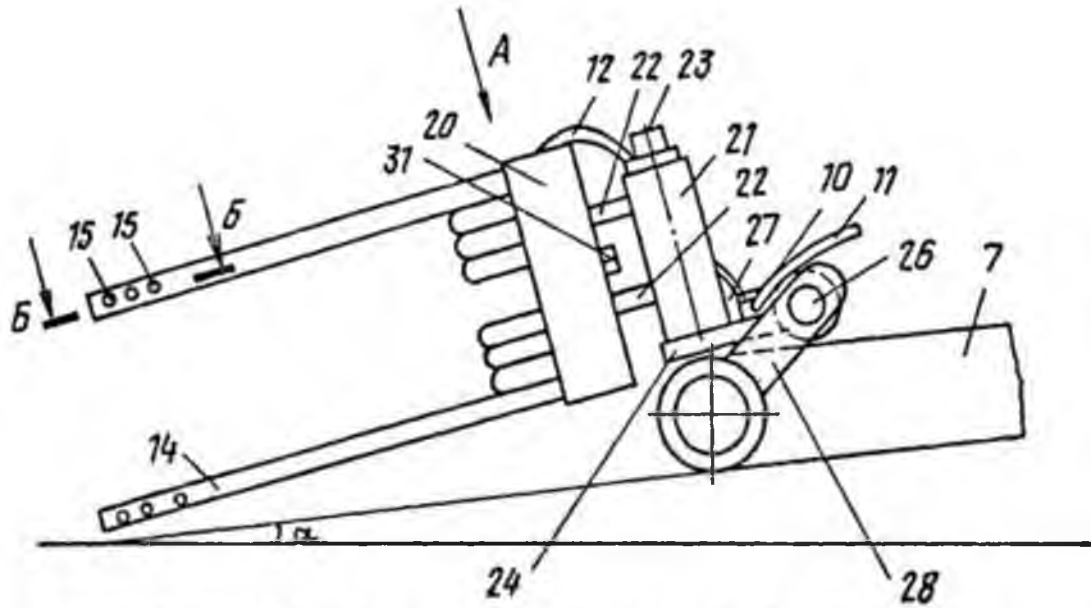


Рис. 2.2 - Вузол пружинних пальців.

Запірно-регулюючий пристрій 10 представляє собою корпус 16, в якому розташовані пружини 17, клапан 18 і сідло клапана 19. До корпусу 16 за допомогою штуцерів прикріплені трубопроводи 11 і 12.

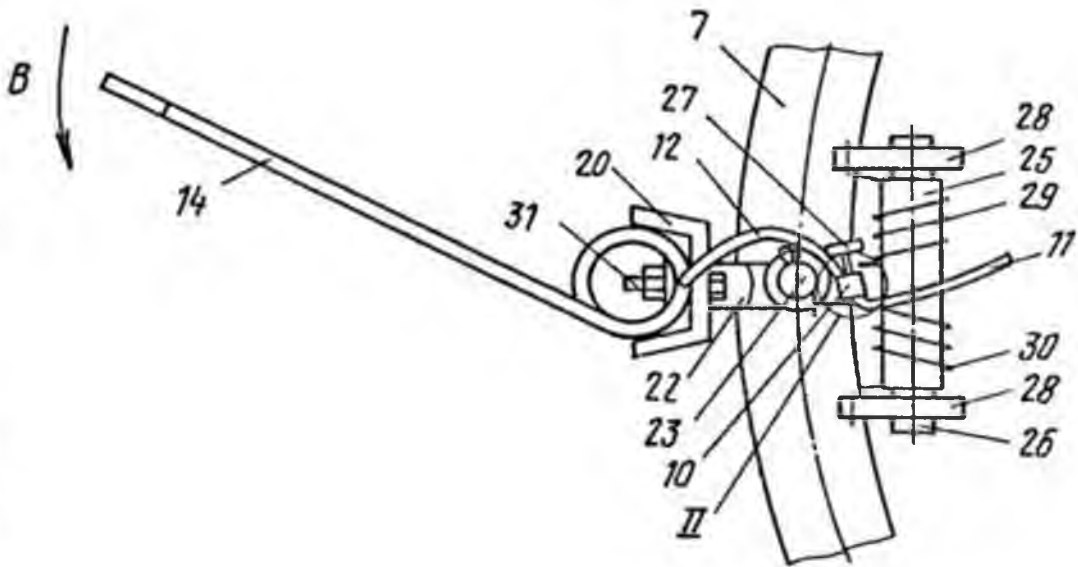


Рис. 2.3 - Вигляд вузла пружинних пальців зверху.

Н

Н

Н

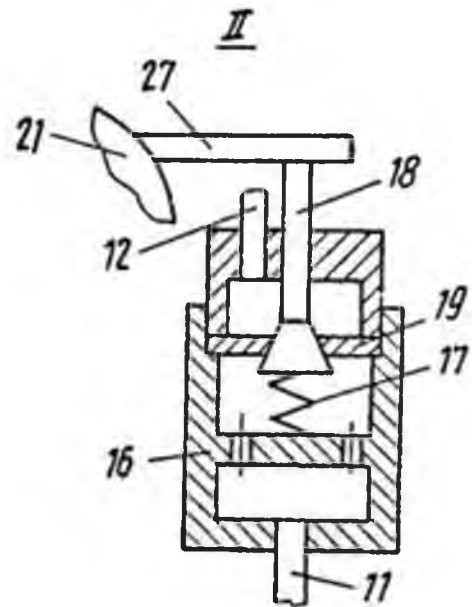
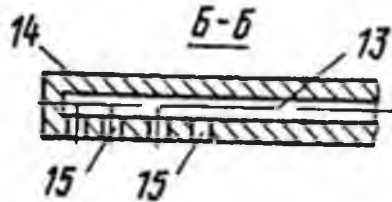


Рис. 2.4 - Розріз пружинного пальця і запірно-регулювальний пристрій.

Втулка 21 встановлена на пальці 23, що обертається навколо осі останнього, і утворює додатковий шарнір кронштейна для кріплення пружинних зубів 14 до обода 7, що дозволяє пружинним зубам 14 обертатися в радіальній площині обода від дії переробленої рослинної сировини.

Це виключає торкання зубів за землею або зустрічні перешкоди, розташовані на землі, при агрегуванні сіноворушилки на полі з не обертовим ротором.

Пружинні зуби 14 прикріплені у своїй середній частині болтом 31 до тримача 20. Для додання ротору 2 обертового руху навколо осі 3 до трубчастих хрестів 6, співвісно з віссю обертання ротора, прикріплений шків 32.

Сіноворушилка працює наступним чином.

Під час роботи сіноворушилка злегка нахиляється вперед у напрямку руху, так що ободок 7 з поверхнею поля утворює гострий кут  $\alpha$ , тоді як ротор 2 обертається від шківа 32 навколо осі 3. Під дією відцентрових сил пружинні зуби 14 разом з їх монтажним кронштейном долають крутильні пружини 29 і 30 і обертаються навколо пальця 26 у робочому положенні.

Обертаючись у напрямку, позначеному стрілкою В, граблеві зуби 14 захоплюють сіно, що лежить перед ротором 2 (під час руху), і переміщують його у напрямку обертання ротора. Рідка хімічна речовина 9, розташована в обертовій порожнині 8, в результаті дії поля відцентрових сил буде сприймати тиск:

де:  $P$  - тиск у рідині, Н /;

$\rho$  - щільність рідини, кг /;

$n$  - частота обертання ротора, об / хв;

$r_1$  і  $r_2$  - радіус бака, м

Оскільки контейнер 8 виконаний у вигляді порожнистого усіченого

конуса, то

$r_1 - r_2 = \text{const}$  на висоті резервуара, а складова даної формули є змінною на висоті резервуара. Більше того, різниця між квадратами радіусів у нижній частині резервуара перевищує вказане значення, ніж у верхній.

Відповідно, тиск у рідині в нижній частині резервуара буде більшим, ніж тиск у верхній частині, що призводить до циркуляції рідини по висоті резервуара, і відповідно до її руху. Це запобігає розшаруванню розчину, якщо він використовується для обробки скошених рослин погано розчинними або осідаючими хімікатами, а також дозволяє використовувати сухі хімікати без попередньої підготовки розчинів.

Таким чином, розчин хімічної речовини через трубопровід 11 під надлишковим тиском всередині пристрою 10 відключення контролю.

Оскільки кронштейн для кріплення пружинних зубів 14 має додатковий шарнір, що складається з втулки 21, встановленої поворотно на пальці 23, під дією сили, що виникає внаслідок переміщення нагрітого матеріалу по стерні, пружинні зуби 14 будуть обертатися на палець 23. Упор 27 тисне на клапан 18. Останній, стискаючи пружину 17, відходить від сідла 19. Розчин препарату через зазор між клапаном 18 і сідлом 19 через трубопровід 12 подається в канал 13 порожнистих пружинних пальців 14, а звідти через отвори 15 в граблі рослинного матеріалу. Це забезпечує одночасне згрібання або перемішування введення хімічних речовин в оброблювану масу.

Додатковий шарнір для кріплення пружинних зубців 14 дозволяє при згрібанні або переміщенні нерівномірно складених схилів із змінною потужністю (вага рослин на одиницю площі) дозволано вносити хімікат у оброблену масу. Наприклад, при зустрічі пружинних зубців 14 з більш потужним прокосом (рулоном) вони обертаються навколо пальця 23 під більшим кутом, ніж при зустрічі з менш потужним прокосом. Зупинка 27 з більшою силою буде тиснути на клапан 18, що збільшить зазор між клапаном 18 і сідлом 19 і, відповідно, забезпечить належну подачу хімічної речовини до оброблюваної сировини.

Після поліпшення контакту пружинних зубців 14 з грабельним матеріалом клапан 18 під дією пружини 17 притискається до сідла 19, зупиняючи подачу препарату. Застосування цього пристрою в порівнянні з відомим дозволяє одночасно з механічною обробкою скошеної трави (згрібання та перемішування скошування, обертання валків) вносити в масу оброблених хімічних речовин, що зменшують втрати врожаю та прискорюють процес сушіння зрізаних рослин.

## 2.2. Операційна технологія виконання операції ворущіння з вирощування люцерни на сіно.

Розрахунок складу машинно-тракторного агрегату аналітичним методом проводять у такій послідовності:

1. Виберіть із таблиці 3.2 [15,13] діапазон агрономічно прийнятних швидкостей для операції перемішування  $V_p = 6...10$  км/год. Ця швидкість відповідає 3-й і 4-й передачі:  $V_{p3} = 7,24$  км/год,  $V_{p4} = 8,9$  км/год [15,21].

Визначаємо питомий тяговий опір сільськогосподарської машини для двох вибраних передач за формулою :

$$k_M = k_0 \cdot [1 + IV \cdot (V_p - V_0)] \text{ кН/м}^2 \quad (2.1)$$

де  $k_0$  - питомий тяговий опір машини при швидкості  $V = 5$  км/год по табл. 3.3

[15,34]  $k_0 = 0,5 \dots 0,9$  кН/м. Приймаємо  $k_0 = 0,5$  кН/м

$V_p$  - фактична робоча швидкість агрегату км/год;

$V_0$  - початкова швидкість,  $V_0 = 5$  км/год;

$\Pi$  - приріст питомого опору агрегату із збільшенням робочої швидкості на 1 км/год табл. 3.4 [15,35]  $\Pi = 1 \dots 3$  %. Приймаємо  $\Pi = 1$  %

Отже питомий тяговий опір при 3-й передачі:

$$k_{M3} = 0,5 [1 + 0,01(7,24 - 5)] = 0,5 \text{ кН/м}^2$$

питомий тяговий опір при 4-й передачі:

$$k_{M4} = 0,5 [1 + 0,01(8,9 - 5)] = 0,3 \text{ кН/м}^2$$

Визначаємо максимально можливу ширину захвату за формулою [15,24]:

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{гак}}}{k_M + g_M \left( \lambda \cdot f_{\text{тр}} + \frac{i}{100} \right)} \quad (2.2)$$

де  $P_{\text{гак}}$  - опір робочої машини, кН;

$g_M$  - вага машини, на 1 м ширини захвату, кН/м По табл. 3.3 [15,34]

приймаємо  $g_M = 5,2$  кН/м;

$\lambda$  - коефіцієнт, що враховує вплив довантаження трактора при роботі з

нависними с.-г. машинами на опір перекочування трактора  $\lambda = 1,1 \dots 1,5$ .

Приймаємо  $\lambda = 1,5$ ;

$f_{\text{тр}}$  - коефіцієнт опору перекочування трактора. Для другого класу ґрунту цей коефіцієнт дорівнює  $f_{\text{тр}} = 0,068$ ;

$i$  - кут нахилу поля,  $i = 1,0$  %.

Розраховуємо гакове зусилля за формулою [15,14]:

$$P_{\text{гак}} = P_{\text{руш}} - P_f - R; \text{ кн.} \quad (2.3)$$

де  $P_{руш}$  - рушійна сила, кН;

$R_f$  - сила опору перекочування трактора, кН;

$R_i$  - сила опору підйому, кН.

Рушійна сила визначається за формулою [15,15]:

$$P_{руш} = \frac{9,554 \cdot N_e \cdot i_{тр} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_H} \text{ кН.} \quad (2.4)$$

де  $N_e$  - ефективна потужність двигуна трактора, кВт.  $N_e = 58,9$  кВт табл.2.1

[15,20];

$n_H$  - частота обертання колінчастого вала,  $n_H = 2200$  об/хв табл.2.1 [15,20];

$r_k$  - радіус перекочування, м. Радіус перекочування визначається за формулою [15,16]. Дані для цієї формули ми вибираємо з табл. 2.1 і 2.3 [15,20].

$$r_k = (r_o + h) \lambda \text{ м} \quad (2.5)$$

де  $r_o$  - радіус сталюого обода колеса,  $r_o = 0,483$  м;

$h$  - висота шин,  $h = 0,305$  м;

$\lambda$  - коефіцієнт прогинання шин, для другого агрофону  $\lambda = 0,72$ ;

$$r_k = (0.483 + 0.305) \cdot 0.72 = 0.6 \text{ м}$$

Передаточне число трансмісії на заданій передачі знаходимо по формулі [15,16];

$$i_{тр} = \frac{0.377 \cdot n_H \cdot r_k}{V_T} \quad (2.6)$$

де  $V_T$  - теоретична швидкість руху, км/год;

Передаточне число трансмісії для 3-ї передачі:

$$i_{тр3} = \frac{0.377 \cdot 2200 \cdot 0.567}{7.24} = 64.95$$

Передаточне число трансмісії для 4-ї передачі:

$$i_{тр4} = \frac{0.377 \cdot 2200 \cdot 0.567}{8.9} = 52.8$$

$\zeta_{тр}$  - механічний ККД. Для колісних тракторів приймаємо  $\zeta_{тр} = 0,90 \dots 0,92$

Визначаємо рушійну силу на 3-й передачі:

$$P_{руш3} = \frac{9.554 \cdot N_e \cdot i_{тр3} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot \eta_H} = \frac{9.554 \cdot 58.9 \cdot 64.95 \cdot 0.90}{0.6 \cdot 2200} = 24.9 \text{ кН}$$

Визначаємо рушійну силу на 4-й передачі:

$$P_{руш4} = \frac{9.554 \cdot N_e \cdot i_{тр4} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot \eta_H} = \frac{9.554 \cdot 58.9 \cdot 52.8 \cdot 0.90}{0.6 \cdot 2200} = 20.3 \text{ кН}$$

Визначаємо силу опору перекошування трактора за формулою [15,16]:

$$P_f = f_{тр} \cdot G_{тр} \text{ кН.} \quad (2.7)$$

де  $f_{тр}$  - коефіцієнт опору перекошування трактора. Для другого класу ґрунту цей коефіцієнт дорівнює  $f_{тр} = 0,068$ ;

$G_{тр}$  - вага трактора,  $G_{тр} = 33,5$  кН табл. 2.1 [15,20].

$$P_f = 0.068 \cdot 33.5 = 2.3 \text{ кН}$$

Визначаємо опір руху на підйом за формулою [15,16]:

$$P_i = G_{тр} \cdot \frac{i}{100} = 33.5 \cdot \frac{1}{100} = 0.3 \text{ кН}$$

Отже, визначаємо гакове зусилля при 3-й передачі:

$$P_{гак3} = P_{руш3} - P_f - P_i = 24.9 - 2.3 - 0.3 = 22.3 \text{ кН}$$

Визначаємо гакове зусилля при 4-й передачі:

$$P_{гак4} = P_{руш4} - P_f - P_i = 20.3 - 2.3 - 0.3 = 17.7 \text{ кН}$$

Визначаємо максимальну силу зчеплення за формулою [15,15]:

$$P_{махзч} = \mu \cdot G_{тр} \cdot \phi \text{ кН.} \quad (2.8)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт зчеплення ведучого апарату з ґрунтом, з табл. 2.2 [3,21]

$\mu = 0,69$  для 2-го фону;

$\phi$  - коефіцієнт, що враховує зчипну масу трактора,  $\phi = 1.0$  для тракторів з

колісною формулою 4x4 [15,15];

$$P_{махзч} = 0.69 \cdot 33.5 \cdot 1.0 = 23.1 \text{ кН}$$

Так як необхідною умовою роботи є наявність достатнього знеплення рушіїв трактора з ґрунтом, тому за можливу рушійну силу приймаємо ту, яка відповідає умові:

$$P_{руш} \leq P_{max_{зч}} \quad (2.9)$$

В нашому випадку цій умові відповідає робота трактора на 4-й передачі:

$$20.3 < 23.1$$

Отже наступні розрахунки будемо проводити на 4-й передачі.

Визначаємо максимально-можливу ширину захвату:

$$B_{max} = \frac{P_{зак}}{k_M + G_M \left( \lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100} \right)} = \frac{17.7}{0.3 + 5.2 \cdot \left( 1.5 \cdot 0.68 + \frac{0}{100} \right)} = 3.1 \text{ м}$$

Визначаємо розрахункову та фактичну кількість машин за формулою [15,26]:

$$n_p = \frac{B_{max}}{B_k} = \frac{3.1}{3} = 1.03$$

Фактичну кількість машин округлюємо до цілого числа в меншу сторону за умовою  $n_{ф} < n_p$  тобто  $n_{ф} = 1$  машина.

Визначаємо робочу ширину захвату за формулою [15,27]:

$$B_p = B_k \cdot \beta \cdot n_{ф} \text{ м} \quad (2.10)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт використання робочої ширини захвату машини,  $\beta = 0.93 \dots 0.95$  табл.В.7 [15,37]:

$$B_p = 3 \cdot 0.95 \cdot 1 = 2.9 \text{ м}$$

Визначаємо тяговий опір одно машинного агрегату за формулою [15,27]:

$$R_a = B_k \cdot k_M + G_M \cdot \left( \lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100} \right) = 3 \cdot 0.3 + 15.8 \cdot \left( 1.5 \cdot 0.68 + \frac{0}{100} \right) = 17.3 \text{ кН}$$

Визначаємо тягову потужність агрегату за формулою [15,27]:

$$N_a = \frac{R_a \cdot V_p}{3.6} = \frac{17.3 \cdot 8.9}{3.6} = 42.8 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля за формулою [15,28]:

$$\zeta_{\text{вик}} = \frac{R_a}{P_{\text{гак}}} = \frac{17.3}{17.7} = 0.98 \quad (2.12)$$

Визначаємо тяговий коефіцієнт корисної дії за формулою [15,28]:

$$\zeta_{\text{тяг}} = \frac{N_a}{N_e} = \frac{42.8}{58.9} = 0.7 \quad (2.13)$$

Площу поля маємо 120 га, приймаємо довжину заїмки  $L_p = 1000$  м.  
Визначаємо ширину заїмки для човникового способу руху за формулою

[15,39]:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16\rho^2 + 2 \cdot L_p \cdot B_p} \quad (2.14)$$

де  $L_p$  - робоча довжина гону, м. Приймаємо довжину гонів  $L_p = 1000$  м.

$B_p$  - робоча ширина захвату машини, м;

$\rho$  - радіус повороту агрегату, м табл. 4.1 [15,44]

$$\rho = 1.1 \cdot B_p = 1.1 \cdot 2.9 = 3.19 \text{ м}$$

$$C_p = \sqrt{16 \cdot 3.19^2 + 2 \cdot 1000 \cdot 2.9} = 78.2 \text{ м}$$

Фактичне значення ширини заїмки уточнюють за формулою [15,40]:

$$C_f = (n \cdot 2 \cdot B_p) > C_{\text{опт}} \quad (2.15)$$

де  $n$  - коефіцієнт кратності

$$C_f = 14 \cdot 2 \cdot 2.9 = 81.2 \text{ м}$$

Розраховуємо ширину поворотної смуги для петльового способу повороту за формулою [15,40]:

$$E_p = 3 \cdot \rho + e \quad (2.16)$$

де  $e$  - довжина виїзду агрегату, м

Довжина виїзду агрегату визначається за формулою:

$$e = (0.1 \dots 0.2) \cdot l_k \quad (2.17)$$

де  $l_k$  - кінематична довжину агрегату, м

Кінематична довжина агрегату визначається за формулою:

НУБІП України

$$l_k = l_T + l_M \quad (2.18)$$

де  $l_T$  і  $l_M$  – кінематична довжина трактора і сільськогосподарської машини, м.  
табл. 4.2. [15,45].

$$l_T = 1,32 \text{ м.};$$

НУБІП України

$$l_M = 1,0 \text{ м.}$$

$$l_k = 1,3 + 1,0 = 2,3 \text{ м}$$

$$e = 0,1 \cdot 2,3 = 0,2 \text{ м}$$

Отже розрахункова ширина поворотної смуги для петльового способу

повороту:

НУБІП України

$$E_p = 3 \cdot 4,4 + 0,2 = 13,4 \text{ м}$$

Фактичне значення ширини поворотної смуги визначається із умови [15,45]:

$$E_\phi = n \cdot B_p > E_p \quad (2.19)$$

НУБІП України

$$E_\phi = 5 \cdot 2,9 = 14,5 \text{ м}$$

Для петльового виду повороту  $x < 2\rho$  [15,43].  
Вибираємо спосіб руху таким чином, щоб холості ходи були найменшими, при

цьому ефективне використання МТА буде збільшуватись. Ефективність способів

руху оцінюємо коефіцієнтом робочих ходів за формулою [15,43]:

НУБІП України

$$\phi = \frac{S_p}{S_p + S_k} \quad (2.20)$$

де  $S_p$  - сумарна довжина робочих ходів, м;

Сумарна довжина робочих ходів визначається за формулою [15,44]:

НУБІП України

$$S_p = \frac{L_d \cdot C_\phi}{B_p} \text{ м} \quad (2.21)$$

$$L_d = 2E_\phi + L_p = 2 \cdot 14,5 + 1000 = 1029 \text{ м}$$

$$S_p = \frac{1029 \cdot 81,2}{2,9} = 28812 \text{ м}$$

НУБІП України

Визначаємо сумарну довжину холостих ходів за формулою [15,44]:

$$S_x = \frac{L_x \cdot (C\phi + 2 \cdot E\phi)}{B_p} \text{ м} \quad (2.22)$$

де  $L_x$  - довжина холостого ходу, м;

Визначаємо довжину холостого хода за формулою [15,44]:

$$L_x = 6R + 2e \quad (2.23)$$

$$R = \frac{E\phi - e + 0.5 \cdot B_p}{2} = \frac{14.5 - 0.2 + 0.5 \cdot 2.9}{2} = 6.4 \text{ м}$$

$$L_x = 6 \cdot 6.4 + 2 \cdot 0.2 = 38.8 \text{ м}$$

$$S_x = \frac{38.8 \cdot (81.2 + 2 \cdot 14.5)}{2.9} = 1474.4 \text{ м}$$

Розраховуємо коефіцієнт робочих ходів:

$$\phi = \frac{28812}{28812 + 1474.4} = 0.95$$

### 2.3. Обґрунтування кількісного і структурного складу механізованої ланки для вирощування люцерни на сіно.

Однією з умов ефективного використання МТП є його правильне комплектування. Однак у багатьох господарствах все ще недостатньо обладнання, щоб вчасно виконувати сільськогосподарські роботи, або машини не можуть бути повністю завантажені. Складність визначення потреби в сільськогосподарській техніці також пов'язана з тим, що фермерські господарства потребують різних автопарків.

Вимоги до визначення складу МТП такі:

- ІСС повинен включати лише ті типи машин, які забезпечують високу якість операцій відповідно до вимог агротехніки;
- кількість машин кожного типу повинна відповідати обсягу робіт, що виконуються у встановлені агротехнічні терміни;
- склад МТП повинен бути підібраний таким чином, щоб виробництво всіх сільськогосподарська продукція вимагала найменших витрат;

Н

- доповнити трактори та машини існуючим парком,  
більш повно використовувати наявне обладнання та використовувати  
додатково

капітальні витрати на придбання нових автомобілів були найменшими;

- продуктивність та універсальність машин повинні бути такі, що для

Н

виконання робіт вистачає механізаторів вчасно, і вони були рівномірно зайняті  
на виконання різних робіт протягом року;

- МТП повинен мати найменшу кількість автомобілів різних марок.

Н

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 3 АНАЛІТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Основи теорії і розрахунку параметрів граблів-ворушилок

Особливістю конструкції багатьох граблів-ворушилок є граблі з пружинними пальцями, з'єднаними з ротором через торсійну пружину, так що при роботі під дією відцентрових сил пальці розходяться і стають радіально відносно центру обертання ротора. Коли обертання ротора зупиняється, пальці під дією пружини повертаються у вертикальне положення, таким чином вони використовують захисні засоби від деформації під час поворотів і перехрещень із опущеними роторами, а розміри граблів зменшуються.

Для вивчення динаміки граблів при переведенні граблів-ворушилки з робочого положення в транспортне складемо розрахункову схему (рис. 3.1).

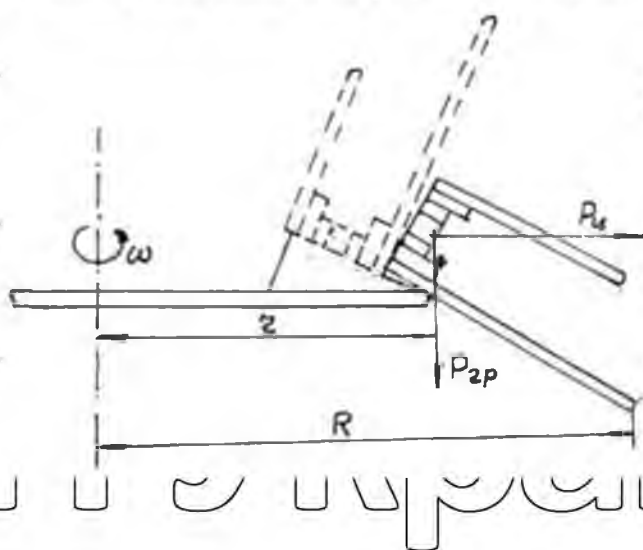


Рис. 3.1. Схема сил, що діють на секцію відцентрових граблів-ворушилок

На секцію діє відцентрова сила

$$P_{ц} = m\omega^2 r,$$

де  $m = \frac{P_{сп}}{g}$  - маса секції;

$\omega$  - кутова швидкість;

$r$  - радіальна координата центра ваги секції.

При постійних  $m$  і  $r$  відцентрова сила  $P_{ц}$  залежить від окружної швидкості кінця пальців граблін.

Для переводу граблини в робоче положення

$$P_{ц} \geq P_{гр} + P_{у.п.} \quad (3.1)$$

де  $P_{гр} = mg$  – сила тяжіння граблини;

$P_{у.п.}$  – сила пружності пружини.

Подолання цих сил забезпечується наданням секції граблів обертого руху. При цьому

$$m\omega^2 r \geq P_{гр} + P_{у.п.} \text{ или } \omega \geq \sqrt{\frac{P_{гр} + P_{у.п.}}{mr}}.$$

Виконуючи перетворення, коли  $v_{окр} = \omega R$ , где  $R$  – відстань від центру обертання до кінця пальця секції, отримаємо

$$v_{окр} \geq \sqrt{\frac{R^2 (P_{гр} + P_{у.п.})}{mr}}.$$

Прийнявши  $R \approx r$ , отримаємо

$$v_{окр} \geq \sqrt{\frac{R(P_{гр} + P_{у.п.})}{m}} = \sqrt{R\left(g + \frac{P_{у.п.}}{m}\right)}. \quad (3.2)$$

Окружна швидкість грабельного пальця пропорційна радіальній координаті центру ваги граблів, силі пружності пружини і обернено пропорційна масі граблів.

При окружній швидкості граблів, яка дорівнює або більша, ніж підпорядковане твердження (3.1), граблі переводяться в робоче положення і переміщують частину трави при поступальному русі граблі-мішалки.

Технологічний розрахунок роторних граблів-мішалок полягає у визначенні співвідношення геометричних і кінематичних параметрів робочих органів машини з метою забезпечення згрібання або перемішування трави при здійсненні технологічного процесу без зазорів.

Ми використовуємо аналіз процесу згрібання трави роторними граблями та метод їх розрахунку, запропонований Г. К. Васильєвим, Е. Б. Демешкевичем та В. І. Андрусенком.

На рис. 3.2 схематично показаний один ротор граблі-мішалки, що рухається поступально зі швидкістю  $U_n$  і обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ .

Технологічний процес граблі-мішалки здійснюється шляхом згрібання трави граблями, встановленими на периферії оболонки ротора. А згрібання трави відбувається в передній частині ротора, нахиленому над рівнем поля на 15 ...

20%. Захоплення трави здійснюється пальцями граблів, виведеними в робоче

положення відповідно до умови (3.2). Робоча довжина граблевих пальців становить приблизно 0,9 від повного розміру граблів  $L$  і відповідає ширині  $B$  смуги, захопленої граблями за один робочий прохід (рис. 3.2).

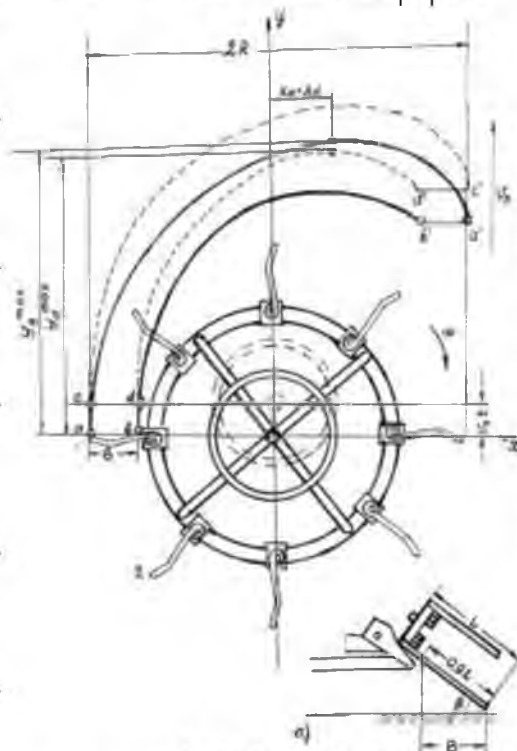


Рис. 3.2. Принципова схема роботи роторних граблів-ворушилок

Коли граблі працюють, відцентрові сили утримують граблі під кутом  $\beta = 25 \dots 30^\circ$  до поверхні поля.

Технологічний процес полягає в наступному.

Перші граблі згрібають траву з площі  $aa'v'v$ , а другі - з площі  $cs'd'd$  та ін. Основною технологічною вимогою є відсутність між цими ділянками зазорів, величина яких залежить від співвідношення швидкостей поступального та навколишнього ротора діаметром  $2R$ , кількості граблів та їх ширини захоплення.

Для виконання цієї вимоги необхідно, щоб траєкторія кінця першого граблі (точка  $a$ ) відносилася до траєкторії початку другого рейку (точка  $d$ ), тобто максимальні ординати цих траєкторій повинні дорівнювати один одного

$$Y_a^{\max} = Y_d^{\max}. \quad (3.3)$$

При русі машини з поступальною швидкістю  $v_n$  грабліни описують траєкторію, що представляє циклоїду:

для точки  $a$

$$\left. \begin{aligned} X_a &= R \cos \omega t \\ Y_a &= R \sin \omega t + v_n t \end{aligned} \right\}; \quad (3.4)$$

для точки  $d$

$$\left. \begin{aligned} X_d &= (R - B) \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right) \\ Y_d &= v_n t + (R - B) \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right) \end{aligned} \right\}. \quad (3.5)$$

Взявши похідні  $\frac{dY_a}{dX_a}$  і  $\frac{dY_d}{dX_d}$  і прирівнявши їх до нуля, отримаємо

$$\frac{dY_a}{dX_a} = -\frac{v_n + \omega R \cos \omega t}{\omega R \sin \omega t} = 0,$$

Звідки

$$t = \frac{1}{\omega} \arccos\left(-\frac{v_n}{\omega R}\right).$$

Так само

$$\frac{dY_d}{dX_d} = -\frac{v_n - (R - B)\omega \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right)}{(R - B)\omega \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{z}\right)},$$

Звідки

$$t = \frac{2\pi}{\omega z} + \frac{1}{\omega} \arccos\left[\frac{v_n}{\omega(R - B)}\right].$$

Підставляючи знайдені значення  $t$  відповідно в рівняння (3.2) для  $Y_a$  і (3.3) для  $Y_d$ , отримаємо значення максимальних ординат траєкторій:

$$Y_a^{\max} = \frac{v_{\pi}}{\omega} \arccos\left(-\frac{v_{\pi}}{\omega R}\right) + R \sin\left[\arccos\left(-\frac{v_{\pi}}{\omega R}\right)\right]; \quad (3.6)$$

$$Y_d^{\max} = v_{\pi} \left[ \frac{2\pi}{\omega z} + \frac{1}{\omega} \arccos\left(-\frac{v_{\pi}}{\omega(R-B)}\right) \right] + (R-B) \sin\left[\arccos\left(-\frac{v_{\pi}}{\omega R}\right)\right]. \quad (3.7)$$

З урахуванням умови (3.7) отримаємо рівняння, що зв'язує геометричні та кінематичні параметри граблів-ворушилок, при яких забезпечується технологічний процес. Приймавши  $\lambda = \frac{v_{\pi}}{\omega R} < 1$  і  $K = \frac{R-B}{R}$ , отримаємо

$$\frac{2\pi r}{z} = \sqrt{1-\lambda^2} - \sqrt{K^2-\lambda^2} - \lambda \arccos\left[\frac{1}{K}(\lambda^2 + \sqrt{1-\lambda^2} \sqrt{K^2-\lambda^2})\right]. \quad (3.8)$$

Це рівняння має сенс при  $\lambda = 1$  і  $K \geq \lambda$ . В іншому випадку траєкторії точок граблів не мають максимумів щодо осі  $Y$ .

Оскільки з рівняння (4.49) можна явно отримати залежності ширини граблів від інших параметрів, це рівняння вирішується чисельними методами, а результати подаються у вигляді номограми (рис. 3.3) для ротора  $R = 1$ , де заштрихована лінія обмежує область рівнянь (3.8).

Рівняння (3.8) дозволяє визначити співвідношення різних параметрів граблів. При цьому необхідно збільшувати граничні значення окремих розмірів, що спричиняють допустимі втрати від обриву найнижніх частин рослин: квітів, листя та суцвіть.

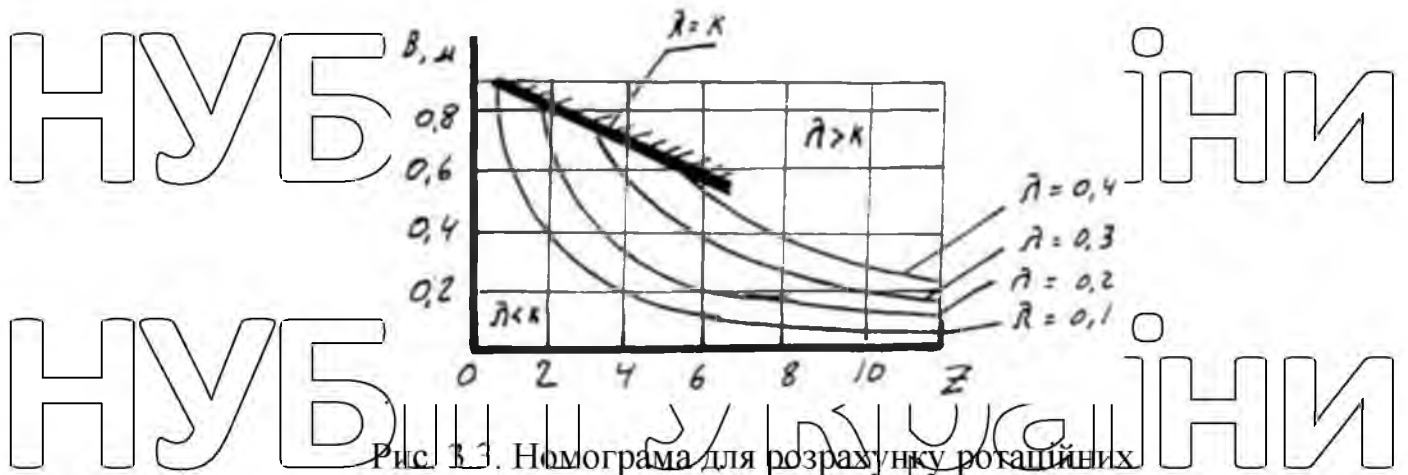


Рис. 3.3. Номограма для розрахунку ротацийних граблів (по Г. К. Васильєва та ін.)

Ротацийні граблі-ворушилки повинні забезпечувати обробку всієї поверхні поля без пропусків і значних перекриттів сусідніми граблями. Отже, обчислюючи площу, яку пробігає одна секція граблів при повороті на кут  $\omega t$ ,

визначається порцією трави  $\Delta m$ , підбираючи одну секцію. Частина трави

набуває абсолютної швидкості  $v_a$  за час  $\Delta t$ , а імпульс дорівнює збільшенню кількості руху  $P_o \Delta t = \Delta m v_a$ . (3.9)

Звідси окружне зусилля на пальці секції, яке долає сили інерції трави,

буде

$$P_o = \frac{\Delta m}{\Delta t} v_a = m' v_a$$

де  $m' = \frac{\Delta m}{\Delta t}$  – маса подачі трави в одиницю часу.

Крім того, порція трави, переміщуючись Граблина, відчуває опір стерні

$$P_d = f_1 mg,$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя трави по стерні, який по В. Н. Андросенко дорівнює 1...3.

Повна кругова сила на грабліні  $P_{\text{пол}} = P_o + P_c$ . Сила пружності пружини не повинна бути менше загальної окружної сили т. е.

$$P_{\text{пол}} \leq P_{\text{уд}} \quad (3.10)$$

При зустрічі пальця граблін з порцією трави відбувається миттєве зіткнення, що викликає удар, сила якого

$$P_{\text{уд}} = m \cdot v_a^2, \quad (3.14)$$

і порція трави набуває деяку швидкість. Енергія, що передається частинкам трави під час удару, призводить до їх деформації і не повинна перевищувати міцності з'єднання листя та суцвіть зі стеблом, інакше відбудеться втрата найцінніших частин рослин.

Дослідження В. І. Андрусенка дозволили виявити втрати допустимої швидкості впливу пальців грабелів на траву, що залежить від виду культур, строків дозрівання та вологості. Він виявив, що при вологості 50 ... 60% швидкість може досягати 15 ... 16 м / с. При зниженні вологості до 30% допустима швидкість різко зменшується і становить 8 ... 9 м / с. Відзначається, що зниження допустимої швидкості спостерігається при вологості повітря понад 60%, тобто у свіжоскошеній траві. В. І. Андрусенко пояснює це явище тим, що підвищений тургор соковитих верхівкових частин рослин знижує їх стійкість до ударів.

Однак можна припустити, що пластичний стан трави має тут великий вплив, що знижує міцнісні властивості рослин. При оптимальній вологості люцерни 60% вони стримали втрати 1,3%, при вологості 80% - 1,6, при вологості 40% - 1,5, при вологості 28% - 27%, що перевищує допустимі втрати на агротехнічні вимоги до граблів. ворошилок.

Результати нашого дослідження підтверджують, що також недоцільно перемішувати свіжоскошену траву з точки зору втрат, і перше перемішування слід проводити при вологості 60 ... 65%.

В. І. Андрусенко отримав закономірність втрат у згрібанні від урожайності. Чим вище врожайність, тим менше втрат. Так, при врожайності 20 ц / га втрати становили 2,1, а при врожайності 80 ц / га - лише 1,1%, тобто були майже вдвічі

меншими. Тому ротатійні граблі рекомендуються для високопродуктивних кормових культур

Отримані результати дозволили обґрунтувати швидкості згрібання палців при згрібанні 9 ... 11 м / с, а при перемішуванні - 14 ... 16 м / с, враховуючи допустимі втрати.

Для енергетичної оцінки роботи пворотних граблів враховуються сили, що діють на частину трави, захоплену Граблем. Більше того, перші порції трави безпосередньо контактують із зубцями граблів, а наступні утримуються від взаємного переміщення лише силою тертя трави про траву.

На частину трави масою  $m$  діють такі сили, що діють на центр ваги: гравітація  $mg$  і сила тертя трави на стерні  $f_1mg$ , відцентрова сила  $m\omega^2r$ , сила Коріоліса  $2m\omega r'$  і результуюча сила тертя однієї порції трави на іншій  $2f_2m\omega r'$ , де  $f_1$  і  $f_2$  - коефіцієнти тертя трави на стерні та трави на траві;  $r$  і  $r'$  - радіальні координати та швидкість ділянки трави (рис. 3.4).

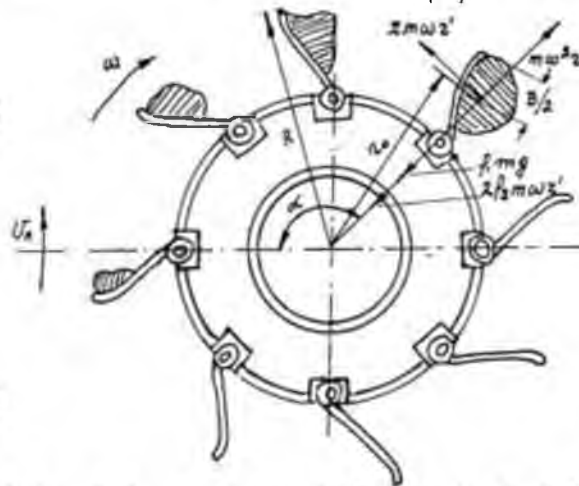


Рис. 3.4. Схема сил, що діють на порцію трави на Граблина при згрібанні

Рівняння руху трави щодо рухомого радіуса запишемо у вигляді лінійного неоднородного диференціального рівняння другого порядку:

$$mr'' = m\omega^2 r - m f_1 g - f_2 2m\omega r'$$

або

$$r'' + 2f_2\omega r' - \omega^2 r + f_1 g = 0. \quad (3.12)$$

Спільним рішенням рівняння (4.53) являється сума рішень однорідного рівняння  $r_1$  і одне із його частних рішень  $r_2$ , где

$$r_1 = c_1 e^{P_1 t} + c_2 e^{P_2 t},$$

де  $P_1$  и  $P_2$  – корні характерного рівняння

$$P^2 + 2f_2\omega P - \omega^2 = 0;$$

$$P_1 = \omega(\sqrt{1+f_2^2} + f_2) = \omega n_1; \quad P_2 = \omega(-\sqrt{1+f_2^2} - f_2) = \omega n_2.$$

Індивідуальне рішення  $r_2 = \frac{f_1 g}{\omega^2}$ .

Тоді

$$r = r_1 + r_2 = c_1 e^{n_1 \omega t} + c_2 e^{n_2 \omega t} + \frac{f_1 g}{\omega^2}. \quad (3.13)$$

Швидкість радіального переміщення порції трави по Граблина можна визначити, взявши похідну з виразу (4.54):

$$r' = c_1 n_1 \omega e^{n_1 \omega t} + c_2 n_2 \omega e^{n_2 \omega t}. \quad (3.14)$$

Довільні постійні  $c_1$  и  $c_2$  визначаються з початкових умов:

при  $t = 0, r = r_0 = R - B/2, r' = 0$ , звідки

$$c_1 = \frac{n_2}{n_2 - n_1} (r_0 - \frac{f_1 g}{\omega^2}), \quad c_2 = -c_1 \frac{n_1}{n_2}.$$

Рівняння (4.54) після перетворень прийме наступний вигляд:

$$r' = \frac{\omega^2 r_0 - f_1 g}{\omega^2 (n_2 - n_1)} (n_2 e^{n_1 \omega t} - n_1 e^{n_2 \omega t}) + \frac{f_1 g}{\omega^2}. \quad (3.15)$$

Рух порції трави триватиме до тих пір, поки її центр тяжіння не переміститься за межі граблини, т. е. на відстань  $\frac{B}{2}$ . За цей час граблина повернеться на кут  $\alpha = \omega t$ . Звідси можна визначити значення граничної швидкості  $\omega_{\max}$ , прирівнявши праву частину рівняння (4.54) до  $R$ . Тоді отримаємо

НУБІП УКРАЇНИ

$$R = c_1 e^{n_1 \omega t} + c_2 e^{n_2 \omega t} + \frac{f_1 g}{\omega^2}.$$

Підставивши значення постійних  $c_1$  і  $c_2$ , отримаємо

$$R = \frac{n_2}{n_2 - n_1} \left( r_0 - \frac{f_1 g}{\omega^2} \right) e^{n_1 \omega t} - \frac{n_2}{n_2 - n_1} \left( r_0 - \frac{f_1 g}{\omega^2} \right) \frac{n_1}{n_2} e^{n_2 \omega t} + \frac{f_1 g}{\omega^2}$$

НУБІП УКРАЇНИ

Або

$$R = \left( r_0 - \frac{f_1 g}{\omega^2} \right) \frac{n_2}{n_2 - n_1} \frac{1}{n_2} (n_2 e^{n_1 \omega t} - n_1 e^{n_2 \omega t}) + \frac{f_1 g}{\omega^2}.$$

Замінивши вираз

$$\frac{n_2 e^{n_1 \omega t} - n_1 e^{n_2 \omega t}}{n_2 - n_1} = Q \text{ и } r_0 = R - \frac{B}{2}$$

отримаємо

НУБІП УКРАЇНИ

$$\omega^2 R = \left( R - \frac{B}{2} \right) \omega^2 - f_1 g Q + f_1 g$$

Звідки

$$\omega^2 R - \omega^2 QR + \frac{BQ}{2} \omega^2 = f_1 g - f_1 g Q.$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$\omega^2 = \frac{2f_1 g(1-Q)}{2R(1-Q) + BQ}$$

або

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{2f_1 g}{2R + \frac{BQ}{1-Q}}}. \quad (3.16)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Для розрахунку  $\omega_{\max}$ , необхідно встановити значення коефіцієнтів  $f_1$  і  $f_2$  і кутом повороту граблени  $\alpha = \omega t$ , під час якого він заповнюється порцією трави.

Авторам методики розрахунку обертальних граблів рекомендується брати  $1 \leq f_1$

НУБІП УКРАЇНИ

$\leq 3$ ,  $f_2 = 1,75$  і кут повороту граблени, що визначає процес заповнення граблени при врожайності 150 ц / га зеленої маси, рівним  $120^\circ$ .

Для визначення енергетичних витрат на привід граблів необхідно знати зусилля, що припадає на одну секцію, яке складається з сили опору порції трави

НУБІП УКРАЇНИ

$F_1$ , що переміщується по стерні, і сили Коріоліса  $F_2$ . При повороті ротора на кут  $\omega t$  граблени  $l$  (див. рис. 4.18) збере траву з площі  $S_1$ , що дорівнює різниці площ  $S_c$  і  $S_a$  під траєкторіями точок  $c$  і  $a$ .

$$S_1 = S_c - S_a = 2Rv_n t = 2Rv_n (2\pi/\omega z). \quad (3.17)$$

Тоді  $F_1 = f_1 g s y$ , где  $y$  – врожайність трави; а  $F_2 = 2m\omega r'$ , где  $m = sy$  – маса трави, що лежить на всій площі  $S$ ;  $z$  – число граблин на роторі.

Швидкість  $r'$  можна отримати, продифференціював рівняння (3.17) за часом і підставивши значення.  $t = \frac{\pi + \alpha}{\omega}$ .

Для обчислення сумарного приводного моменту необхідно врахувати навантаження трави на граблини 2, 3 і т. д. до  $z/2$  (при парному числі граблин), які беруть участь в згрібанні трави. Сума оброблюваних площ складе

$$S = \sum_{i=1}^{z/2} S_i = S_1 \left( \frac{r+2}{4} \right) = \frac{\pi R v_n}{\omega z} (z+2). \quad (3.18)$$

Тоді опір переміщенню матеріалу, зібраного з площі  $S$ , дорівнюватиме

$$F_1 = f_1 g s y = f_1 y \frac{\pi g R v_n}{\omega z} (z+2). \quad (3.19)$$

загальний опір

$$F = F_1 + F_2 = f_1 y \frac{\pi R v_n g}{\omega z} + \frac{8\pi R v_n \omega r' y}{\omega z} =$$

$$= \frac{\pi R v_n y}{\omega z} [f_1 (z+2)g + 8\omega r']. \quad (3.20)$$

Максимальний приводний момент ротора складе

$$M_{np} = FR = \frac{\pi R^2}{\omega z} v_n y [f_1 (z+2)g + 8\omega r']. \quad (3.21)$$

Для виконання технологічного процесу ворошіння або згрібання трави енергетичні витрати складаються з потужності, потрібної на подолання шкідливих опорів при обертанні ротора  $N_{вр. сопр}$ , потужності на подолання опору протидієванню машини  $N_{пер}$ , і потужності на подолання опору перекочування машини  $N_{пер}$ , і потужності на подолання опору переміщенню порції трави граблицями і навантажень від сили Кориоліса  $N_{с}$ , т. е.

НУБІП УКРАЇНИ

$$N = N_{\text{пр.сопр}} + N_{\text{пер}} + N_e \quad (3.22)$$

Потужність, необхідна для подолання шкідливого опору обертових барабанів, до яких, за певними припущеннями, належать ротори граблівих мішалок, визначається з виразу (3.22).

НУБІП УКРАЇНИ

Потужність, необхідна для подолання опору кочення, визначається з виразу (3.23).

$$N_{\text{пер}} = \frac{Pv_n}{\eta_n}, \quad (3.23)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де  $p = \frac{Q_{\text{гр}} c}{K_s}$  – опір перекочування;

$Q_{\text{гр}}$  – маса граблів-ворушилок;

$c$  – коефіцієнт перекочування;

$K_s$  – коефіцієнт вирівняності поля;

$\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії ходової частини граблів-ворушилок.

НУБІП УКРАЇНИ

Потужність, потрібна на привід граблів-ворушилок і виконання технологічного процесу згрібання трави,

НУБІП УКРАЇНИ

$$N = \frac{KM_{\text{пр}}\omega}{K_c}, \quad (3.24)$$

где  $K$  – кількість роторів на машині;

$M_{\text{пр}} = FR$  – момент сил опору порції сіна на Граблина;

НУБІП УКРАЇНИ

$F$  – максимальне навантаження на грабліни в процесі згрібання;

$R$  – радіус ротора;

$K_c$  – коефіцієнт нерівномірності висоти і рельєфу поля.

### 3.2. Багатокритеріальний вибір засобу удосконалення системи.

НУБІП УКРАЇНИ

Серед методів послідовного застосування критеріїв найпростішим є лексикографічний підхід.

Лексикографічний підхід при багатокритеріальному відборі передбачає ранжування критеріїв за їх значимістю та поступове порівняння їх значень, починаючи з найважливіших. Перевага віддається варіанту, для якого значення одного з критеріїв є найкращим з еквівалентністю всіх більш важливих критеріїв.

Цей принцип прийнятий при встановленні порядку слів у словниках, звідки походить іменний (лексикографічний) метод. Через те, що на значення критеріїв можуть впливати випадкові фактори, попередньо встановіть відхилення, в межах яких значення критеріїв вважаються еквівалентними.

Початкові значення продуктивності сільськогосподарської техніки на сінокосах наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика варіантів сільськогосподарських машин

| Марка машини      | Продуктивність W га/год. | Маса машини m, кг | Втраги сіна, % | Витрата палива G, кг/га |
|-------------------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
|                   | 1                        | 2                 | 3              | 4                       |
| БКМ-Ф1            | 1,57                     | 238               | 14,20          | 3,85                    |
| БКМ-Ф2            | 1,6                      | 645               | 18,30          | 3,85                    |
| РОС-Ф1А           | 3,67                     | 410               | 9,50           | 2,31                    |
| ВЦН-Ф-3 базова    | 2,1                      | 230,00            | 20,00          | 2,2                     |
| ВЦН-Ф-3 нова      | 1,90                     | 520               | 7,00           | 2,2                     |
| ідеальний варіант | 3,67                     | 238               | 7,00           | 2,2                     |

У цій таблиці ми приблизно визначили ідеальну машину для проведення операції перемішування сіна. Далі робимо порівняльну оцінку варіантів верстатів, значення яких заносяться в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Порівняльна оцінка сільськогосподарських машин.

| Марка машини | Продуктивність $W_i$ га/год. | Маса машини $m_i$ , кг | Втраги сіна, % | Витрата палива $G_i$ кг/га | Цільова функція, ці |
|--------------|------------------------------|------------------------|----------------|----------------------------|---------------------|
|              | 1                            | 2                      | 3              | 4                          | 5                   |
|              |                              |                        |                |                            |                     |

|                      |      |      |     |      |      |
|----------------------|------|------|-----|------|------|
| БКМ-Ф1               | 0,43 | 1,00 | 2,0 | 1,75 | 0,30 |
| БКМ-Ф2               | 0,44 | 2,71 | 2,6 | 1,75 | 0,88 |
| РОС-Ф-1А             | 1,00 | 1,72 | 1,3 | 1,05 | 0,28 |
| ВЦН-Ф-3<br>базова    | 0,57 | 0,97 | 2,8 | 1,00 | 0,35 |
| ВЦН-Ф-3<br>нова      | 0,52 | 2,18 | 1,0 | 1,00 | 0,18 |
| ідеальний<br>варіант | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,00 | 0,18 |

Таким чином, остання таблиця показує, що ідеальний варіант характеризує систему, для якої кожен з критеріїв досягає свого потенційно найкращого значення. Обчислюючи узагальнений критерій відстані до цілі, ми бачимо, що найбільш ефективною буде вдосконалена машина ВЦН-Ф-3, оскільки значення функції ці найближче до нуля.

Для зручності визначення найкращого, при виконанні заданої операції, ми будемо діаграму нелюсток.

Отже, результати багатокритеріального вибору засобу вдосконалення системи Паретто за відстанню до цілі показують, що нова машина ВЦН-Ф-3 буде кращою для даних умов, оскільки значення її показників, зокрема продуктивності, витрати палива а втрати врожаю найближчі до ідеальних, як це видно з рис. 3.5.

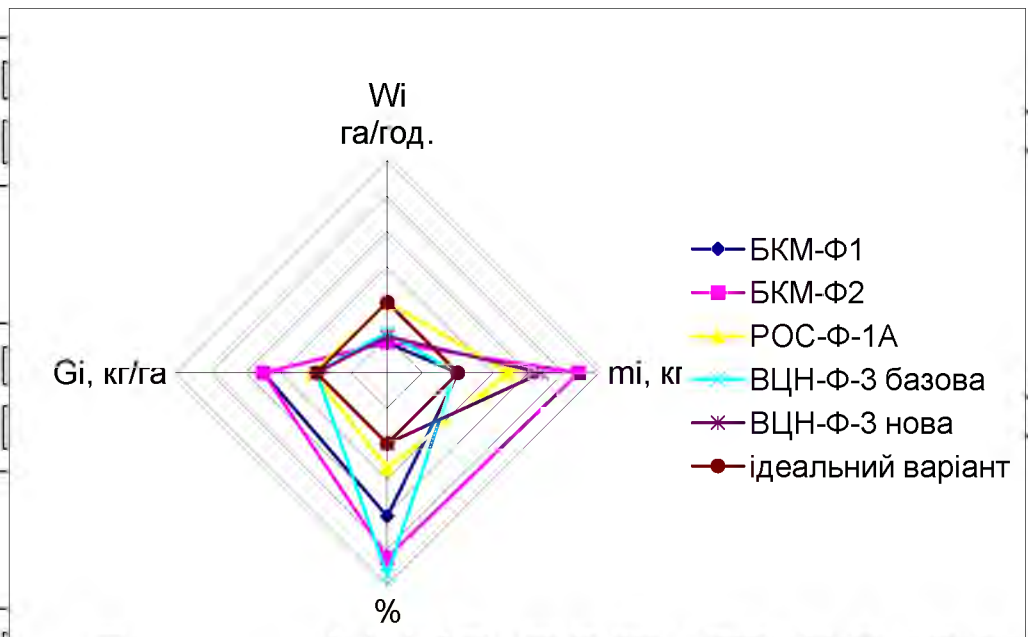


Рис. 3.5 - Зображення варіантів у просторі критеріїв.

з таблиці 12 видно, що ідеальний варіант характеризує систему, для якої кожен з критеріїв досягає свого потенційно найкращого значення. Обчислюючи узагальнений критерій відстані до цілі, ми бачимо, що найбільш ефективною буде також наша вдосконалена машина, оскільки значення функції ці найближче до нуля.

### 3.3. Визначення конкурентоспроможності нової технологічної системи.

3.3. Визначення коефіцієнту технічного рівня в порівнянні базового та нового варіантів.

Коефіцієнт технічного рівня визначаємо за формулою [6,38]:

$$K_{тр} = \frac{(W_б / W_н) + (B_б / B_н) + (z_н^б / z_н^n) + (E_{ш}^б / E_{ш}^н) + (E_{то}^б / E_{то}^н)}{5} \quad (3.25)$$

де:  $W_б$  і  $W_н$  – продуктивність базової і нової машини, га/год;

$V_6$  і  $V_n$  – експлуатаційні видатки, грн.;

$Z_{ш}^6$  і  $Z_{ш}^n$  – питомі затрати праці базової та нової машини, грн.;

$E_{ш}^6$  і  $E_{ш}^n$  – загальні шкідливі наслідки, МДж/га,

$E_{то}^6$  і  $E_{то}^n$  – повні енерговитрати по технології, МДж/га;

$$K_{mp} = \frac{(2,1/1,9) + (10,4/11,95) + (0,48/0,53) + (16,4/83,2) + (120,1/800,5)}{5} = 1,3$$

### 3.4. Визначення комплексного коефіцієнта конкурентоспроможності

розробки.

Після обґрунтування та вибору базової та нової технології продукція оцінюється на предмет конкурентоспроможності. Мірою конкурентоспроможності технології є коефіцієнт всебічної оцінки конкурентоспроможності, який визначається за формулою [6,38].

$$K_{зд}^{n-6} = m \cdot K_{mp} + n \cdot j + p \cdot K_e \geq 1 \quad (3.26)$$

де:  $K_{mp}^{n-6}$  – коефіцієнт технічного рівня нової і базової технологій;

$j$  – коефіцієнт інтегральної оцінки нової і базової технологій;

$K_e$  – коефіцієнт енергетичної оцінки нової і базової технологій;

$m, n, p$  – показники вагомості при відповідних коефіцієнтах. Повинно виконуватись співвідношення :  $m+n+p = 1$ .

Коефіцієнт інтегральної оцінки для порівняння базових та нових технологій визначається за формулою [6,29]:

$$j = \frac{Q^n}{Q^6} \quad (3.27)$$

де:  $Q^n$  і  $Q^6$  – грошовий вираз продукції, яку вироблено за рік на 1 га площі на 1 грн приведених затрат, відповідно по новій і базовій технологіях [6,29].

$$Q = \frac{N_o \cdot D_o}{H} \quad (3.28)$$

де:  $Y_o$  – урожайність основної і додаткової продукції, кг/га;

$\Pi$  – приведені затрати по технології, грн/га;

$C_o$  – ціна основної продукції, грн./кг

$$Q^u = \frac{5500 \cdot 0,35}{13,03} = 147,7$$

$$Q^b = \frac{5500 \cdot 0,31}{7,13} = 239,1$$

$$j = \frac{147,7}{239,1} = 0,62$$

$$m + n + p = 1$$

$$a) m = n = p = 0,333$$

$$K_{30}^{n-b} = 0,333 \cdot 1,3 + 0,333 \cdot 0,62 + 0,333 \cdot 1,11 = 1,02$$

Отже з розрахунків видно,  $K_{30}^{n-b} \geq 1$ , а це означає, що нова технологія більш конкурентноздатна ніж базова.

### 3.5. Визначення конкурентоспроможності розробки за узагальнюючими показниками.

Для визначення ваги критеріїв ми використовуємо метод граничних та номінальних значень. Визначити важливість показників для оцінки технологічного рівня машин, що виконують операцію перемішування сіна. У таблиці 13 наведені характеристики мішалок.

Я зроблю приклад розрахунків на новій машині. Ми розраховуємо частку поліпшення за формулою [6,40]:

$$q_i = \frac{P_{iip}}{P_{in}} \quad (3.29)$$

$$q_i = \frac{P_{in}}{P_{iEP}} \quad (3.30)$$

Таблиця 3.3 - Показники машин

| № | Марка машини   | Продуктивність<br>W га/год. | Маса<br>машини m,<br>кг | Втрати єна,<br>% | Витрата<br>палива G, кг/га |
|---|----------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------|
|   |                | 1                           | 2                       | 3                | 4                          |
| 1 | БКМ-Ф1         | 1,57                        | 238                     | 14,20            | 3,85                       |
| 2 | БКМ-Ф2         | 1,6                         | 645                     | 18,30            | 3,85                       |
| 3 | РОС-Ф-1А       | 3,67                        | 410                     | 9,50             | 2,31                       |
| 4 | ВЦН-Ф-3 базова | 2,1                         | 230                     | 20,00            | 2,2                        |
| 5 | ВЦН-Ф-3 нова   | 1,90                        | 520                     | 7,00             | 2,2                        |

де:  $P_{iгр}$  – граничне (прогнозоване) значення показника по  $i$  – му критерию;  
 $P_{ін}$  – номінальне значення показника по  $i$  – му критерию.

Залежно від напрямку покращення показника використовуємо ту чи іншу формулу для визначення  $q_i$ . Якщо згідно з вимогами технічного прогресу показник треба зменшити, (витрата палива), то використовуємо формулу (64). якщо ж ці показники треба збільшити (продуктивність), тоді застосовуємо формулу (65).

В якості номінальних значень використовуємо середні статистичні значення показників.

Подальші розрахунки будемо проводити по новій машині ВЦН-Ф-3 і його показниках.

$$q_{51} = \frac{3,67}{1,9} = 1,93; \quad q_{52} = \frac{520}{230} = 2,26$$

$$q_{53} = \frac{7}{7} = 1; \quad q_{54} = \frac{2,2}{2,2} = 1$$

Розраховані середньостатистичні значення інших машин подані в таблиці

3.4.

Визначимо вагомість критеріїв визначається за формулою [6,40]:

Таблиця 3.4 - Середні статистичні значення.

| № | Марка машини   | Продуктивність<br>W га/год. | Маса<br>машини m,<br>кг | Втрата сіна,<br>% | Витрата<br>палива G, кг/га |
|---|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|
|   |                | 1                           | 2                       | 3                 | 4                          |
| 1 | БКМ-Ф1         | 2,34                        | 1,03                    | 2,03              | 1,75                       |
| 2 | БКМ-Ф2         | 2,29                        | 2,80                    | 2,61              | 1,75                       |
| 3 | РОС-Ф-1А       | 1,00                        | 1,78                    | 1,36              | 1,05                       |
| 4 | ВЦН-Ф-3 базова | 1,75                        | 1,00                    | 2,86              | 1,00                       |
| 5 | ВЦН-Ф-3 нова   | 1,93                        | 2,26                    | 1,00              | 1,00                       |

$$\alpha_i = \frac{1 - q_i}{\sum_{i=1}^n (1 - q_i)}; \quad (3.31)$$

$$a_{51} = \frac{1 - 1,93}{(1 - 1,93) + (1 - 2,26) + (1 - 1) + (1 - 1)} = 0,42$$

$$a_{52} = \frac{1 - 2,26}{(1 - 1,93) + (1 - 2,26) + (1 - 1) + (1 - 1)} = 0,58$$

Розраховані вагомості критеріїв наведено в таблиці 3.5.

Визначаємо узагальнюючий показник другого виду. При визначенні даного показника кожен окремий критерій перетворюється в безрозмірну величину за такими формулами [6,45]:

- для показників, збільшення яких покращує конкурентноздатність машини:

$$d_i = \frac{d_{i \max} + (d_{i \min} - d_{i \max}) \cdot (x_i - x_{i \max})}{(x_{i \min} - x_{i \max})} \quad (3.32);$$

- для показників, збільшення яких погіршує конкурентноздатність машини:

$$d_i = \frac{d_{i \max} + (d_{i \min} - d_{i \max}) \cdot (x_i - x_{i \min})}{(x_{i \max} - x_{i \min})} \quad (3.33)$$

Таблиця 3.5 - Вагомість критеріїв

| № | Марка машини    | Продуктивність W га/год. | Маса машини т, кг | Втрати сіна, % | Витрата палива G, кг/га | Сума |
|---|-----------------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|------|
| 1 | 2               | 3                        | 4                 | 5              | 6                       | 7    |
| 1 | БКМ-Ф1          | 0,42                     | 0,01              | 0,33           | 0,24                    | 1,00 |
| 2 | БКМ-Ф2          | 0,24                     | 0,33              | 0,30           | 0,14                    | 1,00 |
| 3 | РОС-Ф-1А        | -                        | 0,66              | 0,30           | 0,04                    | 1,00 |
| 4 | ВЦН-Ф-3 базова  | 0,29                     | -                 | 0,71           | -                       | 1,00 |
| 5 | ВЦН-Ф-3 нова    | 0,42                     | 0,58              | -              | -                       | 1,00 |
|   | сердне значення | 0,27                     | 0,31              | 0,33           | 0,08                    | 1,00 |

де:  $x_{imax}$ ,  $x_{imin}$  – граничні значення окремих показників;

$d_{imax}$ ,  $d_{imin}$  – безрозмірні оцінки показників.

Для розрахунків приймаємо  $d_{imax} = 5$ ,  $d_{imin} = 1$ .

$$d_{31} = \frac{5 + (1 - 5) \cdot (1,90 - 3,67)}{(1,57 - 3,67)} = 1,63;$$

$$d_{52} = \frac{5 + (1 - 5) \cdot (520 - 230)}{(645 - 230)} = 2,2.$$

Розраховані значення інших машин наведені в таблиці 3.6.

Після визначення безрозмірних оцінок показників визначаємо узагальнюючу оцінку як середнє геометричне окремих значень машин за формулою [6,46]

$$D_j^{11} = \sqrt[\sum a_i]{\prod d_i^{a_i}}, \quad (3.34)$$

# НУБІП України

Таблиця 3.6 - Узагальнюючий показник другого виду.

| № | Марка машини   | Продуктивність W га/год. | Маса машини m, кг | Втрати сіна, % | Витрата палива G, кг/га | Узаг-й Показник 2-го виду |
|---|----------------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 | БКМ-Ф1         | 1,00                     | 4,92              | 2,78           | 5,00                    | 2,1                       |
| 2 | БКМ-Ф2         | 1,06                     | 5,00              | 1,52           | 5,00                    | 2,45                      |
| 3 | РОС-Ф-1А       | 5,00                     | 3,27              | 4,23           | 4,73                    | 3,59                      |
| 4 | ВЦН-Ф-3 базова | 2,01                     | 1,00              | 5,00           | 1,00                    | 3,84                      |
| 5 | ВЦН-Ф-3 нова   | 1,63                     | 2,20              | 1,00           | 1,00                    | 1,94                      |

де:  $a_i$  – ступінь вагомості кожного показника для даної машини.

$$D_1 = \sqrt[1]{1^{0.42} \cdot 4.92^{0.01} \cdot 2.78^{0.33} \cdot 5.0^{0.24}} = 2.1$$

$$D_2 = \sqrt[1]{1.06^{0.24} \cdot 5.0^{0.33} \cdot 1.52^{0.3} \cdot 5^{0.14}} = 2.45$$

$$D_3 = \sqrt[1]{5.0^{0.66} \cdot 3.27^{0.3} \cdot 4.23^{0.3} \cdot 4.73^{0.04}} = 3.59$$

$$D_4 = \sqrt[1]{2.01^{0.29} \cdot 1.0^{0.5} \cdot 5.0^{0.1} \cdot 1.0^{0.1}} = 3.84$$

$$D_5 = \sqrt[1]{1.63^{0.42} \cdot 2.20^{0.58} \cdot 1.0^{0.1} \cdot 1.0^{0.1}} = 1.94$$

Визначасмо узагальнюючий показник першого виду. Перший етап визначення узагальнюючого показника – визначення безрозмірної оцінки за кожним із критеріїв. Найгіршому показнику присвоюється оцінка 0,2, найкращому -0,91.

Спочатку знаходимо масштабний лінійний коефіцієнт за формулою [6,44]:

# НУБІП України

$$M'_x = \frac{(x_{i\max} - x_{i\min})}{(x_B - x_A)} \quad (3.35)$$

де:  $x_{i\max}$  і  $x_{i\min}$  – максимальне і мінімальне значення окремих оціночних показників машин;

$x_B$  – значення безрозмірної шкали  $x'$ , що відповідає  $d_{\max} = 0.91$ ;  
 $x_A$  – значення безрозмірної шкали  $x'$ , що відповідає  $d_{\min} = 0.2$ .

При цьому значення  $x_B$  і  $x_A$  можна знайти, якщо два рази логарифмувати формулу [6,44]:

$$x_B' = 4 + [-\ln(-\ln d_{\max})] = 4 + [-\ln(-\ln 0.91)] = 6.63 \quad (3.36)$$

$$x_A' = 4 + [-\ln(-\ln d_{\min})] = 4 + [-\ln(-\ln 0.2)] = 3.53 \quad (3.37)$$

Визначимо масштабний лінійний коефіцієнт для продуктивності:

$$M = \frac{3,67 - 1,57}{6,35 - 3,53} = 0,74$$

Кожне статистичне значення показника оцінки машини  $x_i$  переводиться в масштабні значення шкали за формулами [6,45]:

для показників, збільшення яких покращує конкурентноздатність машини

$$X'_i = X'_A + \frac{X_{IC} - X_{i\min}}{M'_x} \quad (3.38)$$

для показників, збільшення яких погіршує конкурентноздатність машини

$$X'_i = X'_B - \frac{X_{IC} - X_{i\min}}{M'_x} \quad (3.39)$$

де  $x_{ic}$  – статистичне значення і-го показника.

Знаходимо масштабні значення показника для кожної машини:

$$X_1 = X_A + \frac{X_{IC} - X_{min}}{M} = 3,53 + \frac{1,57 - 1,57}{0,74} = 3,53$$

$$X_2 = 3,53 + \frac{1,6 - 1,57}{0,74} = 3,57$$

$$X_3 = 3,53 + \frac{3,67 - 1,57}{0,74} = 6,37$$

$$X_4 = 3,53 + \frac{2,1 - 1,57}{0,74} = 4,25$$

$$X_5 = 3,53 + \frac{1,9 - 1,57}{0,74} = 3,98$$

Знаходимо коефіцієнт переваги  $d_i$  для кожної з машини [6,43]:

$$d_1 = \exp[-e^{-(x_i-4)}] = \exp[-e^{-(3,53-4)}] = 0,2 \quad (3.40)$$

$$d_2 = \exp[-e^{-(3,57-4)}] = 0,21$$

$$d_3 = \exp[-e^{-(6,37-4)}] = 0,91$$

$$d_4 = \exp[-e^{-(4,25-4)}] = 0,46$$

$$d_5 = \exp[-e^{-(3,98-4)}] = 0,36$$

Визначасмо масштабний лінійний коефіцієнт для маси машин:

$$M = \frac{645 - 230}{6,35 - 3,53} = 147,2$$

Знаходимо масштабні значення показника для кожної машини:

$$X_1 = X_B - \frac{X_{IC} - X_{min}}{M} = 6,35 - \frac{238 - 230}{147,2} = 6,3$$

$$X_2 = 6,35 - \frac{645 - 230}{147,2} = 3,53$$

$$X_3 = 6,35 - \frac{410 - 230}{147,2} = 5,13$$

$$X_4 = 6,35 - \frac{230 - 230}{147,2} = 6,35$$

$$X_5 = 6,35 - \frac{520 - 230}{147,2} = 4,38$$

Знаходимо коефіцієнт переваги  $d_i$  для кожної з машини:

$$d_1 = \exp[-e^{-(x_i - 4)}] = \exp[-e^{-(6,3 - 4)}] = 0,9$$

$$d_2 = \exp[-e^{-(3,53 - 4)}] = 0,2$$

$$d_3 = \exp[-e^{-(5,13 - 4)}] = 0,72$$

$$d_4 = \exp[-e^{-(6,35 - 4)}] = 0,91$$

$$d_5 = \exp[-e^{-(4,38 - 4)}] = 0,5$$

Визначаємо масштабний лінійний коефіцієнт для втрат сіна:

$$M = \frac{20 - 7}{6,35 - 3,53} = 10,18$$

Знаходимо масштабні значення показника для кожної машини:

$$X_1 = X_B - \frac{X_{IC} - X_{min}}{M} = 6,35 - \frac{14,2 - 7}{10,18} = 5,6$$

$$X_2 = 6,35 - \frac{18,3 - 7}{10,18} = 5,24$$

$$X_3 = 6,35 - \frac{9,5 - 7}{10,18} = 6,1$$

$$X_4 = 6,35 - \frac{20 - 7}{10,18} = 5,07$$

$$X_5 = 6,35 - \frac{7 - 7}{10,18} = 6,35$$

Знаходимо коефіцієнт переваги  $d_i$  для кожної з машини:

$$d_1 = \exp[-e^{-(x_i - 4)}] = \exp[-e^{-(5,6 - 4)}] = 0,82$$

$$d_2 = \exp[-e^{-(5.24-4)}] = 0.75$$

$$d_3 = \exp[-e^{-(6.1-4)}] = 0.88$$

$$d_4 = \exp[-e^{-(5.07-4)}] = 0.71$$

$$d_5 = \exp[-e^{-(6.35-4)}] = 0.91$$

Визначимо масштабний лінійний коефіцієнт для витрати палива:

$$M = \frac{3,85 - 2,2}{6,35 - 3,53} = 0,58$$

Знаходимо масштабні значення показника для кожної машини:

$$X_1 = X_B - \frac{X_{IC} - X_{min}}{M} = 6,35 - \frac{3,85 - 2,2}{0,58} = 3,51$$

$$X_2 = 6,35 - \frac{3,85 - 2,2}{0,58} = 3,51$$

$$X_3 = 6,35 - \frac{2,31 - 2,2}{0,58} = 6,16$$

$$X_4 = 6,35 - \frac{2,2 - 2,2}{0,58} = 6,35$$

$$X_5 = 6,35 - \frac{2,2 - 2,2}{0,58} = 6,35$$

Знаходимо коефіцієнт переваги  $d_i$  для кожної з машини:

$$d_1 = \exp[-e^{-(x_i-4)}] = \exp[-e^{-(3.51-4)}] = 0.2$$

$$d_2 = \exp[-e^{-(3.51-4)}] = 0.2$$

$$d_3 = \exp[-e^{-(6.16-4)}] = 0.89$$

$$d_4 = \exp[-e^{-(6.35-4)}] = 0.91$$

$$d_5 = \exp[-e^{-(6.35-4)}] = 0.91$$

Занесемо розраховані значення коефіцієнтів переваг в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 - Коефіцієнти переваг.

| № | Марка машини   | Продуктивність W га/год. | Маса машини m, кг | Втрати сіна, % | Витрата палива G, кг/га | Узаг-й Показник 1-го виду |
|---|----------------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 | БКМ-Ф1         | 0,20                     | 0,90              | 0,82           | 0,20                    | 0,41                      |
| 2 | БКМ-Ф2         | 0,21                     | 0,20              | 0,75           | 0,20                    | 0,28                      |
| 3 | РОС-Ф-1А       | 0,91                     | 0,72              | 0,88           | 0,89                    | 0,85                      |
| 4 | ВЦН-Ф-3 базова | 0,46                     | 0,91              | 0,71           | 0,91                    | 0,72                      |
| 5 | ВЦН-Ф-3 нова   | 0,36                     | 0,50              | 0,91           | 0,91                    | 0,62                      |

Розраховуємо узагальнюючий показник першого виду для всіх машин за формулою [6.43]:

$$D' = \sqrt[4]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot d_4} \quad (3.41)$$

де:  $d_1, d_2, d_3, d_4$  — дані окремо взятих показників.

$$D_1 = \sqrt[4]{0.20 \cdot 0.90 \cdot 0.82 \cdot 0.20} = 0.41$$

$$D_2 = \sqrt[4]{0.21 \cdot 0.20 \cdot 0.75 \cdot 0.20} = 0.28$$

$$D_3 = \sqrt[4]{0.91 \cdot 0.72 \cdot 0.88 \cdot 0.89} = 0.85$$

$$D_4 = \sqrt[4]{0.46 \cdot 0.91 \cdot 0.71 \cdot 0.91} = 0.72$$

$$D_5 = \sqrt[4]{0.36 \cdot 0.5 \cdot 0.91 \cdot 0.91} = 0.62$$

Із проведених в цьому розділі розрахунків конкурентоспроможності за узагальнюючими показниками ми можемо зробити висновки, що удосконалена нами машина має кращі показники ніж існуюча (базова).

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Типова інструкція з охорони праці при заготівлі кормів

#### I. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

1.1. До роботи на косінні трави, зернових, кукурудзи і інших культур на сіно, силос та сінаж допускаються особи які досягли 18 років, закінчили спеціальні курси, отримали посвідчення тракториста-машиніста на право керування машинами відповідних категорій, пройшли медичне обстеження, навчання та перевірку знань з питань охорони праці, інструктажі - вступний, первинний на робочому місці, стажування від 2-х до 15-ти змін під наглядом досвідченого механізатора, добре знають будову машини, Правила пожежної безпеки та Правила дорожнього руху.

1.2. Виконуйте тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт, не допускайте на робоче місце сторонніх осіб і не передоручайте свою роботу іншим особам.

1.3. Не допускайте до керування трактором особу, за яким він не закріплений, а також знаходження в кабіні людей більше ніж передбачено заводом-виготовлювачем.

1.4. Відпочивати та палити дозволяється тільки в спеціально відведених і обладнаних для цього місцях.

#### II. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

2.1. Огляньте засоби індивідуального захисту і переконайтесь, що вони справні і відповідають вашому розміру. Одягніть засоби індивідуального захисту, заправте і застебніть спецодяг на всі тудзики, не допускайте звисаючих кінців, підберіть волосся під головний убір.

2.2. Жінки повинні зав'язати хустку без вільно звисаючих частин.

# НУБІП України

2.3. Перевірте наявність та справність запобіжних огорожень над деталями, що обертаються: карданними валами, ремінними передачами, а також справність сигналізації.

2.4. Переконайтесь у справності і надійності кріплення ножів подрібнювального апарата.

2.5. Не торкайтесь до пальців і сегментів ножа незахищеними частинами рук.

2.6. Огляньте трактор і агрегат, перевірте справність гальм, механізмів управління, сигналізації, дзеркала заднього виду.

2.7. Приєднайте агрегат до трактора. Прослідкуйте, щоб при під'їзді трактора до агрегату заднім ходом між ними не було людей. Зчіпку агрегату з трактором проводьте тільки при повній зупинці трактора та вимкненому двигуні.

2.8. Перед тим, як рушити з місця, переконайтесь в тому, що рух агрегату і робота механізмів нікому не загрожують і обов'язково подайте попереджувальний сигнал.

2.9. Змастіть всі частини техніки, які труться, щоб попередити їх нагрівання.

2.10. Випускні труби двигунів обладнайте справними іскрогасниками.

2.11. Розставте задні колеса трактора на максимальну ширину колії.

### ІІІ. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ

3.1. Не торкайтесь деталей машин чи вузлів жатки під час роботи.

3.2. Не допускайте роботу комбайна з відкритими деталями, які обертаються.

3.3. Будьте обережними при знаходженні біля огорожених шківів, валів, ланцюгових та пасових передач, які обертаються. Не перевіряйте і не регулюйте робочі органи та механізми, не надівайте та не натягуйте паси, ланцюги, не ліквідовуйте несправності, не змащуйте агрегат, не очищайте ріжучий апарат.

3.4. Не працюйте на агрегаті, у якого несиметрично зняті ножі з барабана.

3.5. Переконайтесь, що в кузові транспортних засобів немає людей і він рухається поряд, а екошена маса поступає в кузов.

3.6. Не сідайте і не вставайте з робочого місця під час руху агрегату.

3.7. Не знаходьтесь з бокової сторони рухомого агрегату на відстані менше 5 м, а також на шляху його руху. Наближайтесь до агрегату на меншу відстань тільки після повідомлення водія і зупинки агрегату. Не залишайте агрегат на плантації або стоянці при працюючому двигуні трактора.

3.8. Не використовуйте пожежний інвентар не за призначенням.

3.9. Не завішуйте одягом і не складайте інші предмети на засоби пожежегасіння.

3.10. Не заправляйте паливний бак при працюючому двигуні.

3.11. Перейжджайте агрегатом через перешкоди тільки на першій передачі.

3.12. Під час розворотів та поворотів швидкість руху зменшуйте до другої пониженої (3-4) км/год.

#### IV. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. При виникненні аварійної ситуації чи нещасному випадку негайно зупиніть механізм і проінформуйте керівника робіт.

4.2. При загоранні двигуна негайно вимкніть його (перекрийте подачу палива). Вогнище гасить вуглекислотним вогнегасником або піском, землею чи накрийте брезентом, кошмою, мішковиною. Слідкуйте і вживайте заходи, щоб вогонь не потрапив на паливний бак.

4.3. До відправлення потерпілого в лікарню надайте потерпілому першу медичну допомогу.

4.4. У випадку виникнення пожежі прийміть заходи щодо її ліквідації, при необхідності викличте пожежну команду та повідомте керівника робіт.

#### V. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

5.1. Очистіть агрегат від бруду і пилу, залишків зеленої маси, помийте його водою.

5.2. Поставте агрегат з опущеними робочими органами на місце стоянки та при необхідності від'єднайте машину (з'яряддя) від трактора.

5.3. Перед тим, як зійти з трактора, важіль коробки передач поставте в нейтральне положення, загальмуйте трактор, виключіть двигун і відключіть

аккумулятор від маси трактора.

5.4. Зніміть засоби індивідуального захисту, очистіть від пилу та бруду, здайте їх на зберігання.

5.5. Помийте руки і обличчя, при можливості прийміть душ.

5.6. Повідомте керівника робіт про всі несправності, помічені в процесі роботи вжиті заходи до їх усунення.

## 4.2. Охорона праці при роботі з пестицидами.

1. *Вимоги до організації робіт із пестицидами. Техніка безпеки при роботі з пестицидами.*

1.1. Правильна організація робіт — одна з основних умов запобігання шкідливому впливу пестицидів на організм людини.

1.2. З пестицидами у великих колективних господарствах працюють на пунктах хімізації постійні бригади, які пройшли медогляд, навчені та проінструктовані з техніки безпеки, й оволодівають способами надання першої допомоги. Керівниками таких бригад (груп) призначають людей, які мають досвід роботи з пестицидами чи пройшли курс спеціальної підготовки.

1.3. Не допускаються до роботи особи, молодші 18-річного віку, вагітні жінки та матері-годувальниці, особи після хірургічних операцій (упродовж року) та ті, що мають медичні протипоказання. Категорично забороняється допускати до роботи осіб у нетверезому стані.

1.4. Тривалість робочого дня під час роботи з надзвичайно небезпечними препаратами має не перевищувати 4 годин (з доопрацюванням упродовж 2 годин у нешкідливих умовах), з іншими пестицидами — 6 годин.

1.5. На період роботи з пестицидами робітників слід забезпечити засобами індивідуального захисту, безкоштовним спецхарчуванням відповідно до медичних вказівок, організувати душ і прання одягу.

1.6. Слід стежити за дотриманням правил техніки безпеки, виробничої та особистої гігієни.

1.7. Для харчування і відпочинку відводять спеціально обладнане місце, не менше як за 200 м з навітряного боку від робочого поля, де мають бути бачок з питною водою, рукомийник, мило, рушник, аптечка першої допомоги.

1.8. Перед початком хімічної обробки посівів повідомляють місцеве населення про місце і строки роботи; на відстані не менше 300 м від меж поля, що оброблятимуть, виставляють єдині застережні знаки; власників бджолосімей попереджають про потребу вжити заходів щодо їх охорони. Знаки знімають по закінченні встановленого терміну. Санітарно-захисна зона за наземної обробки має бути не меншою за 500 м, а за авіаційної — 1000 м.

1.9. Керівник робіт зобов'язаний стежити за станом і самопочуттям працюючих. За першої ж скарги працюючого слід відсторонити від роботи, надати першу допомогу та кваліфіковану медичну.

*2. Заходи безпеки під час приготування робочих рідин пестицидів. Техніка безпеки при роботі з пестицидами.*

2.1. Приготування робочих рідин — найбільш трудомісткий і небезпечний процес, оскільки при цьому в повітрі робочої зони підвищується концентрація пестицидів, яка перевищує допустиму в 15–20 разів і більше, а за часткової механізації — в 6–7 разів.

2.2. Робочі рідини слід готувати на пунктах хімізації або на спеціально виділених майданчиках із твердим покриттям, яке легко вимити. Майданчик обладнують на відстані не менше 200 м від житлових і тваринницьких приміщень і джерел водопостачання. На ньому розмішують тару з препаратами, місткість з водою і гашеним вапном, ваги, гирі, відтаровані відра тощо.

2.3. Робочі рідини з високотоксичних препаратів дозволяється готувати лише за допомогою механізованих агрегатів типу АПЖ-12 тощо, що обладнані гідромішалками та забезпечують утворення однорідної гомогенізованої робочої рідини, що поліпшує роботу обприскувача.

2.4. Місткість, з якої препарат подається в змішувач після наповнення, слід щільно закрити спеціальною кришкою з отвором для всмоктувального шланга.

2.5. Перед заповненням змішувача потрібно перевірити в ньому фільтри.

2.6. Усі працюючі на майданчиках для приготування робочих рідин пестицидів мають обов'язково користуватися засобами індивідуального захисту.

Готуючи рідини, слід дотримуватися правил особистої безпеки: під час заповнення місткостей стояти з навітряного боку; стежити, щоб краплі та пил не потрапляли на одяг і відкриті частини тіла; якщо рідина випадково попала на тіло, її потрібно негайно видалити ватним тампоном, а потім змити водою з милом.

3. Заходи безпеки під час виходу людей на поля, оброблені пестицидами

3.1. Вихід людей на оброблені поля, ділянки дозволяється тільки по закінченні карантинного терміну. Оскільки для більшості сучасних препаратів встановлені терміни проведення механізованих робіт через 3 доби після обробки, а ручних — 7, то в таблиці 3 наведено лише препарати, для яких встановлено інші терміни.

3.4. Під час проведення ручних робіт на площах, оброблених пестицидами, працюючі мають стояти обличчям до вітру. За бокового вітру слід розвертатися так, щоб його напрямком був у бік ділянки, на якій уже проведено ручні роботи.

3.5. Не допускається проведення ручних робіт на слабкопровітрюваних ділянках (улоговини поблизу лісосмуг тощо) у безвітряну погоду.

3.6. Не можна проводити ручні роботи на ділянках, що межують із площами, на яких обробляють рослини пестицидами. Зона санітарного розриву за наземного застосування пестицидів має становити не менше 300 м з урахуванням напрямку вітру, за авіаційного — не менше 1000 м.

4. Засоби індивідуального захисту під час роботи з пестицидами. Охорона праці при роботі з пестицидами.

4.1. Працюючі мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту та аптечкою першої долікарняної допомоги (табл. 5) за рахунок господарства чи підприємства, а в приватному секторі — за власні кошти.

4.2. Керівництво господарства чи підприємства має забезпечувати збереження, прання, чищення, дезінфекції/ремонт спецодягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту.

4.3. Застосування індивідуального захисту має відповідати виду робіт.

4.4. Знімати засоби індивідуального захисту треба у такій послідовності: не знімаючи, спочатку очистити засоби захисту рук, гумові рукавички, промити їх у вапняному молоці, потім у чистій воді та ретельно обтрусити, після чого зняти окуляри та респиратор, чоботи й комбінезон, знову очистити засоби захисту рук і зняти їх.

4.5. Зберігати засоби індивідуального захисту потрібно в індивідуальних шафах у приміщенні, ізольованому від хімікатів, продуктів, кормів.

#### 5. Перша лікарська допомога

5.1. За будь-якої роботи з пестицидами на місці роботи слід мати аптечку першої долікарської допомоги (табл. 5).

5.2. За перших ознак отруєння — запаморочення, нудота, головний біль потерпілому слід негайно надати першу допомогу, не очікуючи медичного працівника. Насамперед, слід вивести потерпілого на свіже повітря, потім зняти з нього спецодяг, захистивши свої руки гумовими рукавичками.

5.3. Якщо препарат потрапив в організм через шлунково-кишковий тракт, потерпілого треба напоїти водою, краще теплою, або слабо-рожевим розчином марганцевокислого калію, розчином гірчиці (1 чи 0,5 чайної ложки на склянку води) і штучно викликати блювоту; якщо у нього запаморочення, викликати блювоту не можна. Після блювоти слід випити 0,5 склянки води з 2–3 столовими ложками активованого вугілля чи 2–3 яєчних білків на 1 л води, суспензію крохмалю з водою, потім, після видалення отруйної речовини із шлунку, сольовий проносний засіб (20 г гіркої солі на півсклянки води). У разі потрапляння в шлунок рідкого аміаку потрібно провести промивання 1–2% розчином оцтової кислоти.

5.4. Якщо отруєння хімікатами сталося через дихальні шляхи (кашель, задуха, синюшність), треба зробити теплі інгаляції 2% розчином питної соди (за

отруєння аміаком — 1–2% розчином оцтової чи лимонної кислоти). В разі сильного кашлю і спазмів у горлі слід прийняти 1 тигулку від кашлю, що містить калейн фосфату, шию обв'язати чимось теплим. Якщо сталося порушення або зупинилося дихання, треба зробити штучне дихання, у разі задухи забезпечити вдихання кисню з кисневої подушки, доки не зменшаться посиніння і задуха.

5.5. У разі потрапляння препаратів в очі їх слід ретельно промити водою, чи 2% розчином питної соди, або борної кислоти, за ураження очей аміаком — 0,5% розчином квасців, за різкого болю закапати 1–2 краплі 30% розчину альбуциду.

5.6. Якщо пестицид потрапив на шкіру, його слід негайно змити водою або, не розмазуючи, зняти ватою, марлею, а потім обмити водою з милом. За ураження шкіри аміаком — обмити обпечені ділянки водою, накласти примочки із 5 % розчину оцтової або лимонної кислоти.

5.7. У разі запаморочення потерпілому слід дати понюхати вату, змочену нашатирним спиртом, можна розгирати шкіру в ділянці скронь, у разі зупинки дихання — зробити штучне. За хриплого дихання штучне робити не можна. За послаблення серцевої діяльності треба зробити масаж серця через грудну клітку.

Якщо з'являються судоми, хворого потрібно вивести на чисте повітря.

## РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

### 5.1. Визначення прямих експлуатаційних витрат

Визначаємо експлуатаційні видатки на одиницю продукції

Проведення розрахунку проводимо за умови, що функціональні показники сіноворушилок є однаковими або суттєво між собою не відрізняються. За базову (еталонну) машину приймаю сіноворушилку ВЦН-Ф-3.

Таблиця 5.1 Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності дослідної машини

| Назва показників                                 | Позначення              | Нова  | Базова |
|--|-------------------------|-------|--------|
| 1. Балансова ціна                                | $C_b$                   | 70000 | 65000  |
| 2. Потуж. двигуна трактора                       | $N, \text{кВт}$         | 55    | 55     |
| 3. Лиотома витрата палива                        | $D, \text{гр./кВт.год}$ | 252   | 252    |
| 4. Ціна 1 кг. палива                             | $C_{п}, \text{грн.}$    | 26    | 26     |
| 5. Урожайність                                   | $A_v, \text{ц/га}$      | 55    | 55     |
| 6. Кількість обслуг. пере-лу                     | $n, \text{пол}$         | 1     | 1      |
| 7. Тарифна ставка                                | $t, \text{год}$         | 42    | 42     |
| 8. Норма відрахувань:<br>на ГР<br>на амортизацію | $r, \%$                 | 7     | 7      |
|  | $a, \%$                 | 16    | 16     |
| 9. Норматив. річ. зав.                           | $t_p$                   | 150   | 150    |
| 10. К-т екенд. надійності                        | $K_{ен}$                | 0,95  | 0,95   |
| 11. К-т викор. часу зміни                        | $K_{зм}$                | 1,9   | 1,9    |
| 12. К-т ефект. капіталовкл.                      | $E_n$                   | 0,15  | 0,15   |
| 13. К-т викор. потуж. дв-на                      | $\Delta_d$              | 0,71  | 0,71   |
| 14. Ціна готової продукції                       | $C_{гп}, \text{грн./т}$ | 4000  | 4000   |
| 15. Ціна консерванта                             | $C_{к}, \text{грн.}$    | 3000  | -      |

Визначаємо змінну продуктивність за формулою:

$$W = 0,1 B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (5.1)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату, м. вона складає  $B_p = 3 \text{ м.}$ ;

$V_p$  – фактична робоча швидкість, км/год.. на четвертій

передачі вона складає  $V_p = 8,9 \text{ км/год.}$

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни. Для еталонної машини приймаємо  $\tau = 0,8$ , для дослідної машини –  $\tau = 0,7$

Маючи ці дані розраховуємо продуктивність за годину часу зміни:  
Для нової машини:

$$W_{зд} = 0,1 \cdot 3 \cdot 8,9 \cdot 0,7 = 1,9 \text{ га/зм.};$$

для базової машини:

Для базової машини:

$$W_{зе} = 0,1 \cdot 3 \cdot 8,9 \cdot 0,8 = 2,1 \text{ га/зм}$$

Визначаємо експлуатаційні видатки на одиницю продукції за формулою

[6,27]:

де  $З_0$  – питома заробітна плата тракториста, грн..

A – питомі витрати на амортизацію, грн.;

B – питомі витрати на поточний ремонт, грн.;

$З_{пмм}$  – затрати на пально-мастильні матеріали, грн.

K – ціна концертанта.

Визначаємо затрати на заробітну плату тракториста за формулою [6,25]:

для нової машини:

$$З_0 = \frac{t_{зод}}{П_{зм}} \text{ грн./га} \quad (5.3)$$

$$З_0 = \frac{42}{1,9} = 22,11 \text{ грн./га.}$$

для базової машини:

Визначаємо питомі витрати на реновацію визначаємо за формулою [6,26]:

$$З_{oe} = \frac{42}{2,1} = 20 \text{ грн./га.}$$

для нової машини:

$$A = \frac{П_0 \cdot a}{100 П_{зм} \cdot t_p} \text{ грн.} \quad (5.4)$$

НУБІП України

для базової машини

$$A_o = \frac{70000 \cdot 16}{100 \cdot 1,9 \cdot 150} = 39,30 \text{ грн./га.}$$

$$A_e = \frac{65000 \cdot 16}{100 \cdot 2,1 \cdot 150} = 33,02 \text{ грн./га.}$$

визначаємо витрати на поточний ремонт за формулою [6,26]:

НУБІП України

$$P = \frac{C_{\text{б}} \cdot r}{100 \cdot P_{\text{зм}} \cdot t_p} \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Для нової машини:

НУБІП України

для базової машини:

$$P_o = \frac{70000 \cdot 7}{100 \cdot 1,9 \cdot 150} = 17,19 \text{ грн.}$$

$$P_e = \frac{65000 \cdot 7}{100 \cdot 2,1 \cdot 150} = 14,44 \text{ грн.}$$

Визначаємо затрати на пально-мастильні матеріали за формулою [6,26]:

НУБІП України

$$Z_{\text{пмм}} = \frac{(N \cdot \Delta_o \cdot D \cdot C_n)}{1000 \cdot P_{\text{зм}}} \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Для нової машини:

НУБІП України

$$Z_{\text{пмм}} = \frac{(55 \cdot 0,71 \cdot 252 \cdot 26)}{1000 \cdot 1,9} = 134,66 \text{ грн.}$$

Для базової машини:

$$Z_{\text{пмм}} = \frac{(55 \cdot 0,71 \cdot 252 \cdot 26)}{1000 \cdot 2,1} = 121,84 \text{ грн.}$$

Питомі витрати консерванту для нової машини:

$$K = 3000 / 120 = 25 \text{ грн/га}$$

Отже експлуатаційні видатки на одиницю продуктивності для нової машини будуть становити.

НУБІП України

для базової машини:

$$B_o = 2211 + 39,30 + 17,19 + 134,66 + 25 = 238,25 \text{ грн.};$$

$$B_e = 20 + 30,02 + 14,44 + 121,84 = 186,3 \text{ грн.};$$

Визначаємо річну економію від зниження експлуатаційних видатків на одну машину за формулою

$$E_e = (B_e - B_o) \cdot \Pi_{зм} \cdot t_p = (186,3 - 213,25) \cdot 1,9 \cdot 150 = -7680,75 \text{ грн.}; \quad (5.7)$$

Визначаємо питомі капіталовкладення за формулою [6,28]:

$$K_n = \frac{I_{\text{ст}}}{I_{\text{зм}} \cdot t_p} \text{ грн.} \quad (5.8)$$

Для нової машини:

$$K_{нo} = \frac{70000}{1,9 \cdot 150} = 245,61 \text{ грн.}$$

Для базової машини:

$$K_{нe} = \frac{65000}{2,1 \cdot 150} = 206,35 \text{ грн.}$$

визначаємо приведені затрати на виконання операцій за формулою [6,20]:

$$\Pi = B + K_{не} \cdot E \quad (5.9)$$

де: B – експлуатаційні видатки на виконання технологічної операції;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (0,12-0,15).

$$\Pi^o = 186,3 + 206,35 \cdot 0,15 = 217,25 \text{ грн./га}$$

$$\Pi^n = 238,25 + 206,35 \cdot 0,15 = 269,20 \text{ грн./га}$$

Зниження питомих капіталовкладень складе:

$$K = \left[ \frac{(K_{не} - K_{нo})}{K_{не}} \right] \times 100 = \left[ \frac{(6,2 - 7,2)}{6,2} \right] \times 100 = -19,03 \text{ грн.} \quad (5.10)$$

## 5.2. Визначення річного економічного ефекту

Отже річний економічний ефект складає:

$$E_p = [(B_o - B_e) + E_n \cdot (K_{не} - K_{нo})] \Pi_{зм} \cdot t_p = \\ = [(186,3 - 238,25) + 0,15 \cdot (206,35 - 245,61)] \cdot 1,9 \cdot 150 = -16484,12 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{(C_{\text{бб}} - C_{\text{бе}})}{E_p} = \frac{(70000 - 65000)}{16484,12} = -0,3 \quad (5.11)$$

Питомі затрати праці визначаємо за формулою:

$$z_n = \frac{1}{W_3} \quad (5.12)$$

Для нової машини:

$$z_{\text{нд}} = \frac{1}{1,9} = 0,53$$

Для базової машини:

$$z_{\text{не}} = \frac{1}{2,1} = 0,48$$

Зниження питомих затрат праці становить:

$$C_n = \left[ \frac{z_{\text{не}} - z_{\text{нд}}}{z_{\text{не}}} \right] \times 100 = \left[ \frac{0,48 - 0,53}{0,48} \right] \times 100 = -10,4 \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Запропонована ворушилка дозволяє скоротити термін заготівлі сіна за рахунок прискорення швидкості польового сушіння трави, а це в свою чергу дасть змогу, за рахунок зменшення втрат поживних речовин, підвищити поживності сіна приблизно на 10%. Таким чином, запропонована машина дозволить одержати додаткову продукцію за рахунок зменшення втрат поживних речовин при заготівлі сіна.

Поживність 1 кг сіна люцерни в середньому складає 0,45 кормових од.

Тоді, запровадження ворушилки дозволить зменшити втрати поживних речовин, на  $\frac{0,45 \cdot 10}{100} = 0,045$  кормових одиниць, тобто дозволить отримати додаткову продукцію.

Відомо, що за кормову одиницю прийнято поживність одного кілограма вівса. При закупівельній ціні вівса 5900 грн/т, або 0,4 грн/кг запровадження ворушилки дасть змогу одержати грошовий еквівалент

$$0,045 \cdot 5,9 = 0,267$$

гривень на один кілограм сіна. При врожайності сіна 55 центнерів з гектара можна одержати додаткову продукцію, яка в грошовому еквіваленті буде становити:

$$D_n = 5500 \cdot 0,267 = 1468,5 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, запровадження у виробництво запропонованої машини дасть змогу, за рахунок зменшення втрат при заготівлі сіна, одержати додаткову продукцію, яка оцінюється в сумі 1468,5 грн/га.

Річний економічний ефект від експлуатації машини визначимо за формулою:

$$E_{p.eф} = (B_{eб} - B_{eд} + D_n) \cdot P \quad , \quad (5.14)$$

де P- площа посівів люцерни, яка відведена в господарстві під сіно, га,

P= 120 га.

Тоді,

$$E_{p.eф} = (186,3 - 238,25 + 1468,5) \cdot 120 = 169986 \text{ грн.}$$

$$T_{ок} = \frac{70000 - 65000}{172986} \approx 0,5 \text{ рік}$$

Таблиця 5.2 - Основні економічні показники проекту

| Назва показника                           | Граблі – ворушилка |              | Відхилення<br>+,- |
|---|--------------------|--------------|-------------------|
|   | серійні            | удосконалені |                   |
| Затрати праці, люд. год/га                | 0,29               | 0,29         | 0                 |
| Прямі експлуатаційні затрати, у<br>грн/га | 189,3              | 213,26       | 23,96             |
| в тому числі:                             |                    |              |                   |
| оплата праці                              | 20                 | 22,11        | 2,11              |
| відрахування на<br>реновацію              | 33,02              | 39,30        | 6,28              |
| затрати на ремонт                         | 14,44              | 17,19        | 2,75              |

|  |        |        |       |
|--|--------|--------|-------|
| затрати на ПММ   | 121,84 | 134,66 | 12,82 |
| Додаткова продукція, за рахунок зменшення втрат, грн./га |        | 1468,5 |       |
| Річний економічний ефект, грн                            | -      | 169986 | -     |
| Термін окупності проекту, місяців                        |        | 0,5    |       |

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

Існує велика кількість машин, що задіяні у даному технологічному процесі, але використання їх всіх є не досить рентабельним і потребує великих витрат.

Однією із машин, що використовується для вирошування люцерни на сіно є сіноворушилка ВІЦ-Ф-3.

Згідно зі сказаним, ми пропонуємо удосконалити цей агрегат таким чином, щоб він одночасно з ворущінням обробляв скошену масу консервантами. Так як консервування – це спеціальна обробка кормів у результаті якої вони можуть тривалий час зберігатися, не втрачаючи при цьому поживної цінності.

В даній роботі ми провели порівняльну характеристику машин, прийнявши за базову (еталонну) сіноворушилку ВІЦ-Ф-3.

Незважаючи на те, що затрати на пально-мастильні матеріали, затрати праці, експлуатаційна видатки у дослідної машини більші ніж еталонної, запропонована ворущилка дозволяє скоротити термін заготівлі сіна за рахунок прискорення швидкості польового сушіння трави, а це в свою чергу дасть змогу, за рахунок зменшення втрат поживних речовин, підвищити поживність сіна приблизно на 10%. Таким чином, запропонована машина дозволить одержати додаткову продукцію за рахунок зменшення втрат поживних речовин при заготівлі сіна. Поживність 1 кг сіна люцерни в середньому складає 0,45 кормових од. Тоді, запровадження ворущилки дозволить зменшити втрати поживних речовин, на 0,045 кормових одиниць, тобто дозволить отримати додаткову продукцію.

Проведено аналітико-експериментальні дослідження, визначено конкурентоспроможності розробки за узагальнюючими показниками.

Таким чином, запровадження у виробництво запропонованої машини дасть змогу, за рахунок зменшення втрат при заготівлі сіна, одержати річний економічний ефект 169986 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудик Р. І., Савченко Ю. І., Герасимчук В. І. та ін. «Науково-практичні рекомендації по виробництву і заготівлі кормів» / Житомир. ІСГП. 2016. 48 с.
2. Рудик Р. І., Савченко Ю. І., Савчук І. М. та ін.. «Рекомендації по використанню зелених кормів у годівлі тварин та заготівлі кормів із трав» / Житомир. ІСГП. 2012. 32 с.
3. Савченко Ю. І., Мусієнко М. В. та ін.. «Заготівлі кормів прогресивну технологію» / Житомир. 2016. 48 с.
4. Савчук І. М., Савченко Ю. І., Рудик Р. І. та ін. Науково-методичні рекомендації «Формування якості кормів і тваринницької продукції в умовах радіоактивного забруднення території та ефективні контр заходи щодо зниження потенційних загроз»/ Житомир. ІСГП. 2015.
5. Блехин А.В. Теория эксперимента: Курс лекций в двух частях. – Минск: Научно-методический центр “Электронная книга БГУ”, 2003.
6. Гайченко В.А. Основы безопасности жизнедеятельности людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч.1). Машини для заготівлі кормів. – Х.: Око, 2003. – 360 с.
8. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
9. Оновлення та розвиток технічних засобів у сільськогосподарському виробництві // Автореф. дис. канд. екон. наук / В.Б. Шкляр; Ін-т аграр. економіки УААН. – К., 2003. – 21 с.
10. Основы проектирования и расчет сельскохозйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
11. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К.: ІНТОН НАПН України, 2015. – 291 с.

12. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін. Сільськогосподарські машини та меліоративні машини / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Іщенко Т. Д. та інші. – К.: Вища освіта 2004. – 500 с.

13. Войтюк Д. Г., Гаврилук Г. Р. Сільськогосподарські машини / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилук. – К.: Каравела, 2015. – 552 с.

14. Грабак Н. Х. Основи ведення сільського господарства та охорона земель: Навчальний посібник / Н. Х. Грабак, І. Н. Топіха. – Київ: Професіонал, 2005. – 796 с.

15. Данильченко П. В. Сільськогосподарські машини / П. В. Данильченко. – Тернопіль, 2001. – 272 с.

16. Машини для обробітку ґрунту та сівби: Посібник / За ред. Кравчука В. І., Мельника Ю. Ф. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 288 с.

17. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Сільськогосподарські і меліоративні машини» / І. В. Гапич. – Глухів: РВВ ГДПУ, 2005. – 104 с.

18. Практикум з дисципліни «Сільськогосподарські машини»: Навч. посіб. / П. В. Писаренко та ін. – Полтава, 2008. – 276 с. 291

19. Сільськогосподарські машини: Посібник / М. В. Бакум та ін.; за ред. М. В. Бакум; Харківський національний технічний ун-т сільськогосподарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСТ, 2008. – 284 с.

20. Сільськогосподарські та лісогосподарські машини; Машини для внесення твердих добрив. Вимоги безпеки (EN 14017:2000, IDT) / пер. і наук.-техн. ред. Ю. Воронкова, Д. Воронков; – Офіц. вид. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – IV. – 18 с.

21. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Навч. посібник / Д. Г. Войтюк та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. – 543 с.

22. Сисолін П. В., Петренко М. М., Свіренєв М. О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування / П. В. Сисолін,

М.М. Петренко, М.О. Свірень. – Кн.3: Машина та обладнання для переробки зерна та насіння. – К.: Фенікс, 2007. – 432 с.

23. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку: підручник/ Д.Г.Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г.Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.: іл.

24. Зворушувачі-спушувачі серії SPIDER. Косарки-плющилки дискові серії ALTRNA: Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК №1681/0710-02-2013. – Магерів: Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2013.

25. Зворушувачі KUHN серії GF/Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1677/0720-02-2013. – Магерів: Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2013.

26. Граблі-зворушувачі навісні ГВН-5: Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1663/0712-02-2013. – Магерів: Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2013.

27. Зворушувачі стрічкові серії FAVORIT: Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1388/0703-02-2011. – Магерів: Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2011.

28. Граблі-зворушувачі серії ГВта їх модифікація ОВ-3,4:Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1388/0703-02-2011. – Магерів: Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2011.

29. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник.- К.: Каравела, 2004.-552 с.