

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАГОТІВЛІ
СІНА І КОНСТРУКЦІЇ СІНОВОРУШИЛКИ**

Виконав: студент _____ Бондарєв Богдан Володимирович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Бакалавр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

1. Тема роботи _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_____” _____ 20__ року
 № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бондарєв Б.В. Удосконалення механізації заготівлі сіна і конструкції сіноворушилки // Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026. – 69 с.

Проведено аналіз агротехнічних вимог до машин для заготівлі кормів і особливостей вирощування та характеристики бобових трав на прикладі люцерни. Дано аналіз машин для ворущіння скошених трав.

Розроблена конструкція вдосконаленої роторної ворушилки, розраховано окремі параметри і режим роботи удосконаленої машини.

Розроблено заходи з охорони праці при заготівлі кормів і, зокрема, сіна.

Проведені розрахунки показали, що дана розробка має економічний ефект 46214,4 грн. і вона окупається при впровадженні у виробництво в умовах господарства за один рік експлуатації.

Ключові слова: корми, бобові трави, сіно, машина, сіноворушилка, ротор, режим роботи, параметри, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1. АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ.	10
2. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА БОБОВИХ ТРАВ.	12
2.1 Значення і особливості культури.	12
2.2 Основні фізико-механічні характеристики рослин.	17
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВОРУШІННЯ СКОШЕНИХ ТРАВ.	21
4 ОПИС ВОРУШИЛКИ І СХЕМА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ.	32
4.1 Призначення машини та її будова.	32
4.2 Опис удосконалення машини.	34
5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ВОРУШИЛКИ.	36
5.1 Розрахунок опорних коліс роторів.	36
5.2 Розрахунок ланцюгової муфти з'єднання привідного вала з валом приводу роторів.	37
5.3 Розрахунок шпонкового з'єднання приводного вала і півмуфти ланцюгової муфти.	38
5.4 Вибір підшипників кочення валів приваду роторів	39
5.5 Розрахунок болтового з'єднання розтяжок середніх модулів	40
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.	43
6.1 Безпека праці при заготівлі сіна.	43
6.2 Вплив шуму на здоров'я робітників.	47
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	58
Д О Д А Т К И.	61

ВСТУП

Виробництво прогнозованої кількості кормів в умовах воєнного стану ускладнюється дефіцитом енергетичних та людських ресурсів, а також нестійкими погодними умовами. За останні 5 років в Україні зменшилося виробництво сіна з однорічних та багаторічних трав на 9,8% [1].

Для забезпечення продовольчої безпеки вітчизняні товаровиробники мають виробити [2]:

- молока - на рівні 8,23 млн тонн,
- м'яса великої рогатої худоби - 135 тис. тонн,
- м'яса свиней - 600 тис. тонн,
- м'яса птиці - 1,62 млн тонн ,
- яєць - 4,1 млрд.

При раціональній годівлі сільськогосподарських тварин і птиці 1 тонна кормів має забезпечувати виробництво 1 тонни молока з відповідними показниками якості, 0,13 т м'яса великої рогатої худоби, 0,3 т м'яса свиней, 0,45 т м'яса птиці та 5,5 тис. яєць. За таких умов споживання продуктів тваринництва на душу населення в Україні досягатиме:

- м'яса – 54 кг (р.н. – 83 кг),
- молока – 200 кг (р.н. – 380 кг),
- яєць – 280 шт. (р.н. – 290 шт.)

З початком війни для виробництва прогнозованих об'ємів тваринницької продукції галузь кормовиробництва повинна забезпечити заготівлю об'ємистих кормів на рівні: 1,7 млн т сіна; 7,6 млн т сінажу та 30,5 млн т силосу [2].

Сіно є одним з основних і найбільш поживним грубим кормом для великої рогатої худоби, овець, коней, кролів та інших тварин у зимовий

період. В 1 кг хорошого сіна міститься в середньому 0,4-0,5 корм, од., 60-70 г перетравного протеїну, 40-50 мг каротину (провітаміну А). Крім того, сіно багате на вітаміни групи В, Е і К, мінеральними речовинами, гормонами і іншими біологічноактивними речовинами [3, 4].

За рахунок високої якості сіна тварини можуть задовольнити потребу в загальному рівні харчування (кормових одиницях) на 40-50%, в перетравного протеїну - на 35-45%, більш ніж наполовину - в мінеральних речовинах і повністю - в каротині. Тому якості заготовленої сіна в господарстві слід приділяти особливу увагу.

Якість і врожайність сіна багато в чому залежать від типу кормового угіддя, строків збирання трав, ботанічного складу травостою, техніки і технології приготування сіна, умов його зберігання та багатьох інших факторів. Кожний з численних чинників, а тим більше поєднань кількох із них можуть мати вирішальний вплив на поживну цінність сіна. У всьому різноманітті умов, які впливають на врожай сіна і його якість, найважливішими є ботанічний склад та строки збирання трав.

Для отримання високоякісного сіна використовують посіви багаторічних і однорічних бобових і злакових трав в чистому вигляді, їх суміші, а також травостій природних кормових угідь. У ринкових умовах будь-яке господарство прагне отримати заплановану кількість продукції з мінімальними фінансовими затратами і, як результат, мати максимальний прибуток. Зокрема тваринницька галузь має давати відповідно до норм 85 кг м'яса (у США – 103 кг) та 405 кг молока на одного жителя України [1, 2]. На жаль, ми виробляємо лише близько половини від потреби. Висока ресурсозатратність і, відповідно, низька рентабельність, а то й істотна збитковість тваринницької галузі спричиняють зменшення виробництва, з одного боку, і збільшення ціни – з іншого.

У сільському господарстві України до 70% ресурсовитрат пов'язано з виробництвом тваринницької продукції, 60-70% якої дає ВРХ. Це стримує зростання обсягів тваринницької продукції. Для ліквідації „ножиць” між

затратами та ціною продукції використовують державні дотації або зменшують собівартість продукції.

У структурі собівартості тваринницької продукції до 70% становлять корми. Тому щонайефективніше і щонайістотніше можна зменшити собівартість одиниці продукції зменшенням витрат на виробництво кормів, з яких 90% припадає на стеблові – сіно, сінаж, силос і зерносінаж.

Донедавна в Україні заготовляли щорічно 8...10 млн. тон сіна та 10...12 млн. тон сінажу. Основу сировинної бази цих кормів складають багаторічні злакові та бобові трави.

Одним з основних видів кормів в зимових раціонах тварин є сіно, в якому містяться усі поживні речовини, які необхідні для повноцінної годівлі. Для отримання сіна використовують багаторічні, однорічні бобові і злакові трави в чистому вигляді, їх сумішки, а також травостої природних кормових угідь, які скошені не пізніше масового цвітіння бобових і до початку цвітіння злакових трав.

Для отримання сіна високої якості необхідно правильно організувати збиральні роботи. Врожай трав, а також вміст в рослинах протеїну, клітковини, вітамінів та інших речовин значно залежить від фази розвитку рослин, при яких проводиться збирання. Трави по мірі досягання стають менш поживними і гірше перетравлюються тваринами. Велика рогата худоба з'їдає більше і охоче сіно, приготовлене з трав, скошених в більш ранні фази розвитку. Отже, одна з основних вимог отримання високоякісного сіна являється своєчасне скошування трав. Крім цього, на якість отриманого сіна великий вплив здійснює тривалість сушіння трави. Відомо, що при рівномірному прискореному сушінні трав, які забезпечуються такими операціями, як плющення, спущування, ворущіння, втрати поживних речовин можуть бути зменшені.

Ворущіння є ефективним прийомом, який забезпечує рівномірне та швидке сушіння трави. При ворущінні трава в прокосах розміщується рихлим, добре провітрюваним шаром, а це покращує її аерацію. Перше ворущіння

проводять одночасно з скошуванням або після нього, послідує – по мірі підсихання верхнього шару трави.

Впровадження нових технологічних прийомів заготівлі сіна сільськогосподарське виробництво повинно ґрунтуватись на створенні високопродуктивних машин, які максимально наближають процеси кормовиробництва до промислового виробництва.

Різноманітні природно-кліматичні умови нашої країни накладають обмеження як на технологію заготівлі сіна, яка застосовується в різних районах країни так і на використання засобів механізації. Сучасні технології виробництва продукції тваринництва можливо забезпечити тільки високим технічним рівнем та якістю відповідної сільськогосподарської техніки.

На центральноевропейському ринку техніки для заготівлі кормів провідну роль відіграють такі фірми виробники, як CLAAS, KRONE, FELLA (Німеччина), KVERNELFND (Голландія), KUHN (Франція), PUTTINGER (Австрія), JF STOOL (Данія), JOHN DEERE (США), SIP (Словенія), UNIAgroup (Польща). На східноєвропейський ринок найбільш зорієнтовані фірми CLAAS, KRONE, KUHN, PUTTINGER, які виготовляють практично повний асортимент машин для заготівлі кормів, зокрема, самохідні косарки-плющилки та кормозбиральні комбайни.

Фірми-виробники продовжують вдосконалювати та розробляти нову техніку для кормовиробництва. Сучасні тенденції у цій галузі спрямовані на підвищення продуктивності за рахунок збільшення ширини захвату та робочих швидкостей, зниження ступеня забруднення кормів шляхом вдосконалення систем копіювання поля, скорочення часу на технічне і технологічне обслуговування та переведення машин із транспортного положення у робоче і навпаки.

Мета даної роботи – удосконалення механізації заготівлі сіна і конструкції роторної сіноворушники.

1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Основним джерелом кормів є природні і сіяні трави, кукурудза, соняшник і інші сільськогосподарські культури. Трави використовують для заготівлі розсипного і пресованого сіна, закладки сінажу і виробництва трав'яної муки. З кукурудзи, соняшника і високостеблових трав отримують силос. В літній період траву, кукурудзу і інші культури скошують і використовують в вигляді зелених кормів.

Для забезпечення максимального збору врожаю, отримання кормів високої якості збирання слід проводити в оптимальні агротехнічні строки при правильному виборі режимів скошування, транспортування і переробки рослин.

Злакові трави слід збирати в період викидання колоса, бобові – під час бутонізації. Скошувати необхідно без огріхів і пропусків, природні трави – на висоті 4 – 5 см, сіяні – 5 – 7 см [14].

Косарки повинні забезпечити задану висоту зрізу, зрізати стебла без розривів, зминання і виривання, добре копіювати рельєф місцевості, вкладати скошену траву в прокоси або валки так, щоб вона не попадала під колеса трактора або машини.

Згрібати і підбирати траву слід без огріхів і пропусків; валки складати прямолінійно шириною не більше 1,3 м і рівномірно по щільності. При створенні і обертанні валків трава не повинна скручуватися в джгути і скупчуватися.

Необхідно, щоб в процесі підбирання валків маса безперервно і рівномірно поступала на послідовні робочі органи; не допускаються втрати і забруднення трави домішками ґрунту.

Після пресування тюки повинні бути правильної форми, однакової щільності і розмірів.

При подрібненні стебел свіжоскошених рослин і пров'яленої трави слід витримувати задану довжину різки.

Необхідно забезпечити швидке і рівномірне сушіння всіх рослин. В випадку сушки в польових умовах цього досягають плющенням стебел під час скошування і ворущінням трави в прокосах.

Якість кормів залежить в цілому від якості роботи кожної машини, яка входить в дану технологію заготівлі того чи іншого виду корму. Тому при вдосконаленні конструкції машин необхідно, щоб вона забезпечувала і вищу якість роботи в порівнянні з базовою машиною.

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА БОБОВИХ ТРАВ

2.1 Значення і особливості культури

У забезпеченні худоби високопоживними кормами важливу роль відіграють люцерна та конюшина, які вирощують у польових і кормових сівоzmінах, а також для створення культурних сіножатей і пасовищ.

Люцерна посівна (рис. 2.1) найпоширеніша й найурожайніша серед усіх видів бобових кормових трав, її біологічний потенціал урожайності надзвичайно високий – до 130-150 т/га зеленої маси. У південних степових районах України при зрошенні загальний збір зеленої маси з п'яти укосів може сягати 80,0-100,0, а сіна - до 20 т/га. Сіно, зібране до цвітіння, містить до 10, а висушене листя - до 20% білка [13].

Зелена маса люцерни й усі продукти її переробки – цінні білково-вітамінні корми з високим вмістом незамінних амінокислот, мінеральних речовин тощо. Однак випасання жуйних тварин на люцерні спричинює захворювання на *тимпанію*, тому на пасовищах її слід висівати в суміші зі злаками, а зелену масу згодовувати підв'яленою. Збір протеїну з урожаєм люцерни в 3,5 рази перевищує сою, у 6,3 рази - пшеницю.

Люцерна в сівоzміні – цінний попередник усіх польових культур. Бульбочкові бактерії, що поселяються на її корінні, накопичують за сезон 0,25—0,3 т/га азоту, у ґрунті після неї залишається 18-19 т/га кореневих решток. Кількість органічної речовини, накопиченої в фунті за трирічного використання люцерни, прирівнюється до 60—70 т гною.

Люцерна посівна – світлолюбна, посухо- і морозостійка рослина. Витримує спеку до 50°C (на поверхні ґрунту значно вищу) морози до —45° (за наявності сталого снігового покриву). Дуже добре реагує на зрошення. На неї згубно діють близький рівень фунтових вод (менше 2 м) та затоплення водою понад 10 днів.

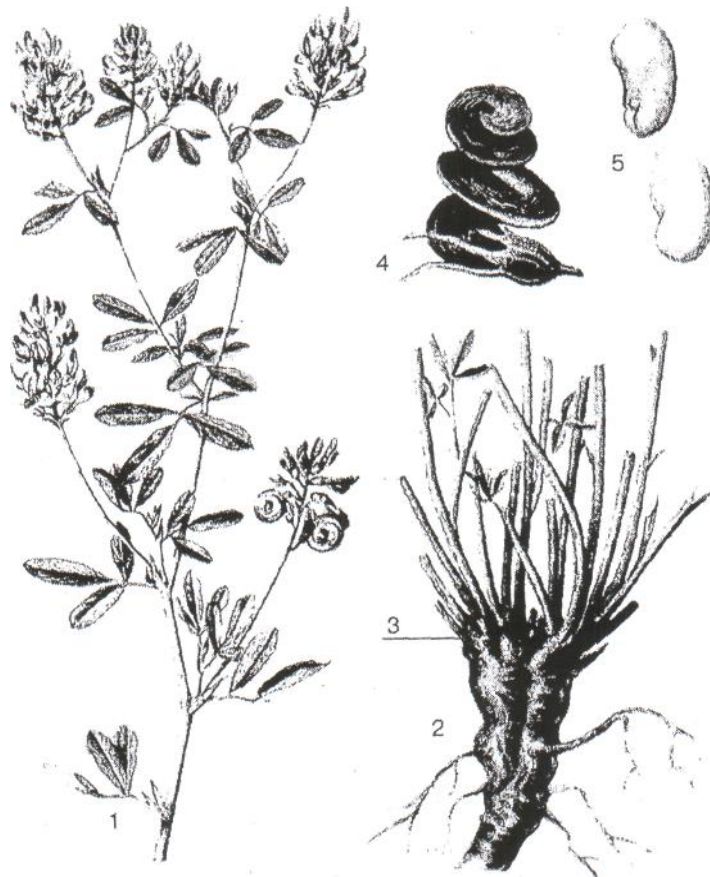


Рисунок 2.1 - Люцерна посівна: 1- гілка у фазу цвітіння;
2 – коріння; 3 – коронка; 4 – біб; 5 - насіння

У чистих посівах за доброго догляду люцерна живе 8 – 10 років, у сумішках — 4 – 6 років.

Насінництво люцерни утруднене, урожайність насіння низька (менше 0,1 т/га), тому що його формування залежить від численних факторів, і перш за все від особливостей запилення квітки.

Люцерну запилюють одинокі дикі бджоли, здійснюючи так званий *tripping* — розкривання квітки.

Квітка люцерни збудована так, що її колонка (тичинкова трубка з маточкою) утримується в човнику в напруженому стані. Бджола сідає на середину човника, голову занурює у віночок, а черевце підводить під човник, згинаючись підковою. У цей момент човник розкривається, колонка

вивільняється й притискується до тіла бджоли. При цьому з приймочки стирається захисний слиз, унаслідок чого вона набуває здатності сприймати пилок, і за наявності на тілі бджоли чужого пилку відбувається перехресне запилення.

Полишаючи квітку, бджола відсувається назад і звільняє колонку, яка з силою вдаряється в парус квітки й притискується до нього. Захисний слизовий шар остаточно руйнується, Між парусом і приймочкою утворюється своєрідна волога камера, що сприяє проростанню пилку. Через 1,5—2 години після запліднення віночок починає в'янути, парус огортає колонку й захищає її від несприятливих факторів.

Можливе самовільне розкриття квітки, але запилення її без участі комахи неможливе. Тому штучне перехресне запилення люцерни за допомогою різноманітних пристосувань, навіть із залученням дресированих культурних бджіл, позитивного ефекту ніколи не дає (Голобородько, Боднарчук, 1998).

Конюшина — давня культура, в Україні й Росії відома з середини XVIII ст. В наш час основні райони вирощування конюшини — Україна, Центральна Нечорноземна зона Росії, Білорусь, країни Балтії. Вирощують конюшину також на Уралі, в Західному Сибіру, Приморському краї та інших районах. Висока протеїнова поживність конюшинового корму полягає в тому, що з розрахунку на 1 корм. од. в ньому міститься в 1,5 раза більше перетравного протеїну проти норми. Тому використання конюшини, як і люцерни, дає змогу балансувати вуглеводисті корми за вмістом протеїну. Рід конюшина (родина бобові) об'єднує близько 300 видів, серед яких трапляються багаторічні й однорічні. У польовому травосіянні поширені — червона, рожева, біла.

Конюшина вологолюбна, середньозимостійка. Може вирощуватися на різних ґрунтах з нейтральною, слабо кислою реакцією. Не витримує перезволожених ґрунтів, сухих силових земель. Використовуються посіви конюшини на кормові цілі 2-3 роки, сінокосно-пасовищна. У травосумішках можна сіяти з люцерною, конюшиною повзучою, ледвенцем рогатим,

кострицею лучною, райграсом та іншими злаковими травами. Вирощування конюшини у складі травосумішок подовжує вік їх використання до 3 - 5 років.

Урожайність зеленої маси – до 400 ц/га., сіна – до 60-100 ц/га, насіння – до 4-5 ц/га. Висівають рано на весні під покрив ярих культур. Глибина загортання 2-3 см, норма висіву на кормові цілі рядковим способом з міжряддям 15 см 14-16 кг/га, на насіння 8-10 кг/га (міжряддя 30 см). До і після сівби ґрунт ущільнюють. Щоб забезпечити нормальну перезимівлю рослин, потрібно до 20 вересня зробити підкіс, це підвищує зимостійкість конюшини.

Конюшина, як і люцерна, має підвищений вміст незамінних амінокислот, зокрема лізину, триптофану, ізолейцину, аргініну, лейцину, треоніну, валіну та ін. На відміну від злакових трав і зерна злакових культур, конюшина має підвищений вміст критичних амінокислот — лізину і триптофану. Включаючи в раціони годівлі свиней і птиці зелену масу, трав'яне і сінне борошно з конюшини, корм балансують за вмістом не тільки каротину, а й названих амінокислот. У культурі поширена конюшина лучна і біла (рис. 2.2). У сівоzmінах вирощують переважно конюшину лучну. Це, як і люцерна, верхова нещільнокущова рослина. Її коренева система складається з головного (стрижньового) і бічних коренів. У деяких підвидів є також придаткові корені. Стрижнева коренева система характерна для ранньостиглої двоукісної, стрижнево-мичкуватої, частіше з придатковими коренями — для пізньостиглої, зокрема одноукісної конюшини. Через 1,5 міс після висівання коренева система конюшини проникає на глибину до 0,5 м і більше. Бульбочки спочатку утворюються на головному корені, а потім — на розгалуженому мичкуватому корінні. Максимальна кількість бульбочок на головному корені і бічних коренях припадає на період бутонізації. В безпокровних посівах конюшина вже на першому році життя має добре розвинену кореневу систему. Основна коренева система розміщена на глибині 40 см, хоча в цілому вона проникає в ґрунт на глибину до 3 м.

Стебло у конюшини 50-70, зрідка 100-120 см заввишки. За сприятливих умов рослини добре кущаться. Листки складні, трійчасті, квітки червоно-



Рисунок 2.2 - Будова і загальний вид конюшини білої

фіолетові, зібрані в суцвіття — голівку (в кожній голівці від 30 до 70 квіток). Запилюється перехресно бджолами, джмелями та іншими комахами. Плід — одно- або двонасінний біб. Насіння вкрите гладкою блискучою оболонкою жовтого або фіолетового кольору. Маса 1000 насінин 1,5 — 2 г.

Вирощують два підвиди конюшини лучної: одноукісний пізньостиглий північний і двоукісний скоростиглий південний. В Україні поширений переважно двоукісний південний. Крім цих підвидів у посівах конюшини трапляється багато рослин проміжних форм.

Одноукісна конюшина відрізняється від двоукісної вищим стеблом і більшою кількістю мужвузлів на ньому (7 - 9, у двоукісної 5 - 7). Її використовують протягом 3 - 4 років. У перший рік життя вона утворює тільки розетку прикореневих листків, на другому році дає один укіс. Характеризується підвищеною зимостійкістю.

Двоукісна конюшина — трирічна рослина, використовується 1,5 - 2 роки, на 3-й рік випадає. Вона більш скоростигла і на другому році життя дає

два укуси на сіно або перший на сіно, а другий — на насіння, менш зимостійка, ніж одноукісна, менш вибаглива до вологи, краще витримує високі температури.

Конюшина лучна двоукісна — високоврожайна культура. В дослідях Інституту кормів УААН урожайність зеленої маси сорту Уладівський 34 за два укуси становила 575 ц/га. Насіння конюшини лучної проростає при температурі 2 — 3 °С. Добре вкорінені рослини навіть у безсніжну зиму витримують морози до мінус 20 °С. Порівняно з люцерною, конюшина лучна потребує більше вологи — оптимальна вологість ґрунту для її розвитку 70 — 80 % ППВ, транспіраційний коефіцієнт одноукісної конюшини 500 — 600, двоукісної 400 - 500.

Дуже вибаглива конюшина до вмісту поживних речовин у ґрунті, особливо фосфору й калію. За допомогою бульбочкових бактерій вона інтенсивно засвоює атмосферний азот. Добре росте на опідзоле-них ґрунтах і вилугуваних чорноземах, темно-сірих і сірих лісових з слабкокислою або нейтральною реакцією (рН 6 - 7). Кислі ґрунти потрібно вапнувати. На ґрунтах з низьким вмістом гумусу конюшина росте погано, а на сильнокислих і засолених — зовсім не приживається. Краще за все вирощувати її на слабкокислих або нейтральних ґрунтах (рН 5,5 - 7,0).

2.2 Основні фізико-механічні характеристики рослин

Основними фізико-механічними характеристиками, які необхідно враховувати при виконанні технологічного процесу, є розміри рослин, їх маса, коефіцієнти тертя, характеристики міцності та ін.

Висота трав в середньому становить 40 – 80 см, для пшениці і жита – 100 – 170 см. Урожайність трав в залежності від умов вегетації – 5 – 30 ц/га. Середня кількість стебел на 1 м² становить для жита, пшениці – 450 – 600, для природних трав – 1170 – 4845 [14]. Кількісні і масові характеристики залежать від умов вегетації, типу рослин і інших факторів (таблиця 2.1). Масові і розмірні характеристики трави і сіна в валках представлені в таблиці 2.2.

Жорсткість стебел трав становить 49 – 646 Н·см². Модуль пружності сухих стебел пшениці становить 4,67 – 7,48 ГПа. Коефіцієнти тертя змінюються в великих межах в залежності від продукту і робочої поверхні (таблиця 2.3 і 2.4).

Таблиця 2.1 - Характеристика травостою [13]

Тип луків	Урожай сіна, ц/га	Рослинна маса з 1 квадратного метра				
		Кількість рослин		Маса рослин		
		шт	%	волога, г	суха, г	суха, %
Заливні луки: - злакові	55	1170	28,7	508	207,5	37,7
- бобові		765	18,7	606	174,5	31,8
- різнотрав'я		849	20,8	616	145,5	26,5
- осокові		1297	31,8	65	22,0	4,0
В С Ь О Г О		4082	100	1795	549,5	100
Цілинно-степові луки: - злакові	13	4422	91,8	-	100	77
- різнотрав'я		384	7,9	-	27	21
- бобові		39	0,8	-	2	2
В С Ь О Г О		4845	100	220	129	100
Сіяні луки широко- рядного посіву:	13					
- люцерна		251	71	260	105	77
- бур'яни		102	29	115	33	23
В С Ь О Г О		353	100	375	138	100

Особливістю сушки бобових трав є те, що швидкість сушки стебел менша, ніж швидкість сушки листків. Так при загальній вологості трави конюшини 60 % стебла мають біля 65 % вологості. А листя рослин в той час досягали наступної вологості: при сушці в затінку (фаза цвітіння) – 50 %, при сушці на сонці (бутонізація) – 40 і в фазі цвітіння – 25 %. Тобто різниця між вологістю стебел і листків становить: в першому випадку 15, в другому – 25 і в третьому – 40 %. Причому в процесі сушки різниця між вологістю стебел

і листків зростає, а потім зменшується при досяганні кондиційної вологості.

Таблиця 2.2 - Масові і розмірні характеристики трави і сіна
в валках, створених граблями

Продукт	Відстань між валками, м	Середня ши-рина валка, м	Площа про-філя валка,м ²	Маса валка	
				погонна, кг/м	об'ємна, кг/м ³
Валки заливних луків (вологість сіна 21-23 %, урожай – 62 ц/га)					
С і н о	3	1,9	0,19	2,07	10,8
	5	1,9	0,22	3,67	16,6
	8	2,6	0,26	4,49	17,3
	10	2,6	0,27	6,2	22,9
Валки люцерни (вологість трави – 54 %, сіна 22 –26 %, урожай – 13 ц/га)					
Трава	20	-	-	8,4	71,5
Сіно	20	1,5	1,118	2,8	31,5
Валки цілинно-степових луків (вологість трави 60-65 %, сіна – 11,7-21,5 %, урожай 6 ц/га)					
Трава	10	-	-	1,4 – 1,9	-
Сіно	10	1,0	0,05 – 0,06	0,5 – 0,8	6,3 – 10
Трава	20	-	-	1,5 – 2,4	-
Сіно	20	1,1	0,09	0,9 – 1,2	10 - 13
Трава	30	-	-	2,1 – 4,3	-
Сіно	30	1,3	0,12	1,4 – 1,6	11,6 – 18,6

Таблиця 2.3 - Коефіцієнти тертя руху люцерни з валків

Р о б о ч і п о в е р х н і	Вологість сіна, %	
	31 - 35	13 – 20
Сталь шліфована	0,46	0,34
Сталь листова пофарбована	0,40	0,38
Сталь листова нефарбована	0,38	0,30
Сталь оцинкована	0,37	0,27
Дерево гладеньке	0,41	0,27
Полотно снопов'язальне	0,49	0,31

На інтенсивність сушки листя, крім способу сушки, впливає фаза росту і розвиток рослин. Листя рослин пізніх фаз вегетації більш інтенсивніше віддають вологу, ніж листя рослин, скошених в більш ранні фази вегетації.

Таблиця 2.4 - Показники тертя руху у розсипчастого і пухкого сіна тимофіївки вологістю 12 % по шліфованій сталі

Стан сіна	Тиск, Н/см ²	Питома сила тертя, Н/см ²	Коефіцієнт тертя
Розсипчасте	10,4	1,4	0,13
Спресоване	10,4	1,7	0,16

Фізико-механічні характеристики рослин змінюються в великих межах, а тому для правильних розрахунків необхідно знати не тільки їх середні значення, а й максимальні і мінімальні, а також закон розподілу характеристик. Для зменшення механічних втрат листків бобових культур при заготівлі сіна більш пізніх фаз вегетації слід більш частіше ворушити траву.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВОРУШІННЯ СКОШЕНИХ ТРАВ

Прагнення до збільшення продуктивності, універсализації, підвищення якості виконання технологічних операцій призвело до створення великої кількості машин для виконання вищезазначених операцій, які відрізняються між собою за призначенням, способом виконання технологічного процесу, конструктивним виконанням і кількістю робочих органів, способом навішування на трактор і рядом інших відмінних ознак.

За призначенням зазначені машини можна розділити на: ворушилки, обертачі валків, граблі і граблі-ворушилки.

Ворушилки використовуються для ворущіння трав, скошених з розстиланням по ширині захвату косарки (в прокоси) або після розкидання трави із валків. На теперішній час цей клас машин широко представляють ротаційні ворушилки, які крім основного призначення можна використати і для розкидання валків. Перші ротаційні ворушили з'явилися на ринку Західної Європи в кінці 70-тих років минулого століття. Робочі органи їх - ротори, що обертаються навколо вертикальних осей. Кожний ротор виконаний у вигляді диска з радіально прикріпленими до нього променями, на зовнішніх кінцях яких закріплені подвійні пружинні зуби.

В залежності від моделі і фірми виробника діаметр роторів у цих машин коливається від 1,4 до 1,7 м, а тому їх ширина захвату залежить від кількості роторів. Так, двороторна ворушилка GF 22N фірми "Kuhn" (Франція) має ширину захвату 2,6 м, а шість роторів ворушилки GF 8501 МН, цієї ж фірми, забезпечують їй ширину захвату 8,5 м (табл. 3.1).

Ротаційні ворушилки мають парне число роторів, і за кількістю їх пар, їх можна розділити на одно, та багатопарні. Рами багатопарних ворушилок мають шарніри. Цим досягається копіювання рельєфу поля і переведення їх у транспортне положення за допомогою гідроприводу або вручну.

*a**б*

Рисунок 3.1 – Однороторна ворушилка GA4101GT (*a*) і двороторна GA 7301 (*б*) (в транспортному положенні) фірми KUHN

Рисунок 3.2 – Шестироторна ворушилка GF 6301 МНО фірми KUHN

Обертачі валків використовуються для перевертання валків трав. Інколи, їх застосовують і на здвоюванні валків перед підбиранням. За способом виконання технологічного процесу обертачі валків можна розділити на механічні (шнекові, ротаційні) і пневматичні.

Шнекові обертачі валків працюють в агрегаті із самохідними валковими косарками. Типовим представником шнекових обертачів є модель Е-318, робочі органи якої: підбирач і консольний шнек. В порівнянні з іншими машинами аналогічного призначення шнекові обертачі характеризуються значною матеріалоемністю і підвищеними втратами найбільш цінної частини трав – листків і суцвіть.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики ротаційних ворушилок.

Країна, фірма	Модель	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год	Маса, кг	Кількість роторів
«Сольілецк-корммаш»	ВРМ – 7,5	7,5	9,0	750	6
	ВРН – 4,2	4,2	4,2	420	2
Франція – “ Kuhn ”	GF – 440	3,7	3,6	285	4
	GF – 5000	5,0	5,0	410	4
	GF – 7000	6,9	6,5	620	6
Німеччина – “Deutz Fahr” “Nimever”	КН 2.36	3,6	-	275	4
	КН 2.44	4,4	-	370	4
	КН 2.76	7,6	-	566	6
	HR 301	3.0	-	195	2
	HR 441	4.4	-	332	4
	HR 771	7.7	-	592	6

До ротаційних обертачів можна віднести модель РОС-Ф-1. Машина складається із рами, на якій встановлено ротор і валкоформуєчий щиток. В нижній частині ротора прикріплений, виготовлений з еластичного матеріалу, конусоподібний робочий орган. Перевага цієї машини полягає в бережливій дії робочого органу на траву що дозволяє зменшити втрати від оббивання вегетативних частин рослин.

Рисунок 3.3 – Граблі-валкоутворювачі RAKES ГВ 00.000
ВО «Львівхімсільгоспмаш»

Рисунок 3.4 – Роторні ворушилки фірми KRONE

Рисунок 3.5 – Ротаційна ворушилка Kverneland Taarup TA 8083

Пневматичні обертачі, перевертають траву потоком повітря. Одним з представників цієї групи машин є вентиляторний обертач. Його робочий орган – вентилятор, встановлений на колісний хід. Приводиться в дію від ВВП трактора. При русі агрегату вздовж валка створений вентилятором потік повітря піднімає його і перевертає. Недолік вентиляторних обертачів – значні витрати енергії та забруднення трави ґрунтом. Граблями формують валки з висушених до необхідної вологості трав. В залежності від способу формування валків розрізняють поперечні та бокові граблі.

Робочий орган поперечних граблів – грабельний апарат, який складається з дугоподібних зубів прикріплених за допомогою тримачів до рами. У верхній частині зуби мають кільцеподібні витки, завдяки яким вони пружинять при зустрічі з перешкодами та працюють плавно без поштовхів. Нижні кінці сплюснені та загострені. Два малих зуба, які розташовані по краях грабельного апарату виступають дещо вперед по відношенню до інших зубів. Це дає змогу запобігати випадання маси під час згрібання.

Під час руху машини, трава згрібається у валки, які формуються періодичним підніманням зубів над поверхнею поля. Переміщення трави при згрібанні співпадає з напрямком руху агрегату, а сформовані валки розташовуються впоперек напрямку руху, звідки і назва граблів – поперечні. Маса валків, сформованих цими граблями, залежать від шляху переміщення зубів з моменту опускання до їх піднімання.

В залежності від конструктивного виконання механізму піднімання грабельного апарату розрізняють поперечні граблі з приводом від гідросистеми трактора або ходових коліс.

На відміну від поперечних бокові граблі формують більш прямолінійні валки, напрямком розміщення яких співпадає з напрямком руху агрегату, а їх лінійна маса залежить від ширини захвату та урожайності трав.

За способом виконання технологічного процесу та конструктивним виконанням робочих органів, бокові граблі діляться на конвеєрні і ротаційні.

Рисунок 3.6 – Ротаційні граблі Vicon Andex 713 EVO

Робочі органи конвеєрних граблів приводяться в дію від ВВП трактора і виконанні у вигляді двох встановлених на ведучий та ведений вали безкінечних пасів або ланцюгів із закріпленими на них пружинними зубами.

Спеціальний механізм забезпечує вертикальний стан зубів на ділянці переміщення трави з покосу у валок і швидкий вихід їх із трави при переході через привідні шківи чи зірочки. Таким чином, по типу виконання робочих органів конвеєрні граблі можна розділити на пасові або ланцюгові.

Конвеєрні граблі мають незначну ширину захвату, як правило не більшу 4 м. Пов'язане це з тим, що грабельний апарат цих машин із збільшенням ширини захвату незадовільно копіює поверхню поля.

В теперішній час, найбільше розповсюдження отримали ротаційні граблі. В залежності від конструктивного виконання робочих органів ротаційні граблі бувають з керованими та відцентровими граблинами.

Ротаційні граблі з керованими в процесі роботи граблинами мають один або декілька роторів, які обертаються навколо вертикальних осей. Кожний ротор складається із диска, у радіальній площині якого шарнірно встановлено 6 - 12 штанг. Кінець штанги, спрямований до осі обертання ротора має кривошип з кулачком, який рухається по біговій доріжці криволінійного

профілю. На протилежному (зовнішньому) кінці штанги закріплені граблини, виконані у вигляді подвійних пружинних зубів.

При обертанні ротора штанги, завдяки кулачковому механізмові повертаються навколо своєї поздовжньої осі, в результаті чого пружинні зуби займають вертикальне або горизонтальне положення. У вертикальному положенні пружинні зуби згрібають траву, перехід у горизонтальне положення забезпечує звільнення зубів від трави та формування валка.

Рисунок 3.7 - Однороторні граблі Liner 330 S фірми CLAAS під час згрібання прив'яленої трави

Рисунок 3.8 – Двороторні граблі Liner 660 Hydro фірми CLAAS

Як правило граблі з керованими граблинами – одно або двороторні машини. Проте відомі конструкції багатороторних граблів, зокрема модель S 9000 фірми “Fiorioni” (Італія), яка має чотири ротори. Отже, в залежності від кількості роторів, граблі з керованими граблинами можна розділити на одно

та багатороторні.

Велике розмаїття спостерігається в способах агрегування граблів з керованими граблинами. Крім причіпних і задньоначіпних машин деякі виробники виготовляють фронтально начіпні машини. Відомі конструкції універсально начіпних машин, зокрема модель Liner 330 FH фірми “Claas” (ФРН), яка придатна для агрегування як з фронтальною так і з задньою навісною системою.

Типовим представником граблів з відцентровими граблинами є модель RH 420 фірми “Ylo Tehtaat” (Фінляндія). Ротор граблів виконано у вигляді колеса, на ободі якого шарнірно, в осевій площині ротора, закріплені подвійні пружинні зуби. При нерухомому роторі, пальці пружинних зубів підняті над поверхнею поля, а при обертанні ротора, під дією відцентрової сили, переводяться в робоче положення. Звідси і назва – граблі з відцентровими граблинами. Граблі з відцентровими граблинами, як правило мають два ротори.

Граблі – сіноворушилки – універсальні машини, які можуть ворушити траву в покосах, згрібати її у валки, перевертати валки або їх розкидати. За конструктивним виконанням граблі – сіноворушилки можна розділити на барабанні, колісно-пальцеві та ротаційні.

Робочий орган барабанних граблів - сіноворушилок, грабельний барабан, складається з кількох (як правило трьох – п'яти) штанг із закріпленими на них подвійними пружинними зубами. При обертанні барабана, завдяки спеціальному механізму, пружинні зуби зберігають постійне положення, що запобігає намотуванню на нього трави. Механізм приводу цих машин має реверс, який дозволяє змінювати напрям обертання барабана. При згрібанні трав, пальці пружинних зубів рухаються знизу вгору за ходом трактора, а при ворушінні – навпаки.

В залежності від кута між площиною обертання зубів і віссю грабельного барабана розрізняють прямокутні або косокутні граблі –

сіноворушилки.



Рисунок 3.9 - Барабанні граблі - ворущилка ГБУ 6 на ворущінні

В барабанних граблях з косокутним барабаном дещо менший шлях переміщення сіна по стерні в процесі згрібання його у валки. Це зменшує механічні втрати в порівнянні з граблями з прямокутним барабаном. При однаковій ширині захвату граблі з похилим барабаном мають менші розміри та масу, чим граблі з прямокутним барабаном.

Привід барабанних граблів – сіноворушилок може здійснюватися як від ВВП трактора, так і від ходових коліс.

В порівнянні з іншими машинами аналогічного призначення барабанні граблі – сіноворушилки мають максимальні габаритні розміри, а їх робота супроводжується значними механічними втратами.

Колісно – пальцеві граблі – ворущилки складаються з окремих коліс, які ступінчасто розташовані на рамі до напрямку руху. Машини цього типу бувають з приводом коліс від контакту їх з ґрунтом і з приводом від ВВП трактора.

Машини з приводом коліс від контакту їх з ґрунтом прості за конструкцією, добре копіюють рельєф, мають малу металоємність. Проте їм

властиві значні недоліки. Валок цими машинами формується скрученим і нерівномірним за масою. Контакт коліс з ґрунтом спричиняє забруднення трави мінеральними домішками, що знижує якість корму.

Колеса граблів – ворушилок з приводом від ВВП трактора не контактують з ґрунтом, а тому вони значно менше забруднюють траву. Проте ця перевага досягається за рахунок ускладнення конструкції і значного збільшення металоємності.

По аналогії, як і ротаційні бокові граблі, ротаційні граблі – ворушилки також можна розділити на групи машин з керованими та відцентровими граблинами.

Як правило, граблі – ворушилки мають два ротори. Типовим представником таких машин є граблі – ворушилка ГВР-6.



Рисунок 3.10 - Граблі - ворушилка з відцентровими граблинами

Ротори граблів – ворушилок з відцентровими граблинами аналогічні за конструкцією з роторами одноіменних ротаційних граблів. Відмінність машин полягає лише в напрямку обертання роторів і в розташуванні валкоутворюючого щитка. Якщо у граблів ротори обертаються, як правило справа наліво, а валкоутворюючий щиток закріплений з боку роторів, то у

граблів-ворушилок пара роторів обертається назустріч один одному, а валкоутворювач розташований позаду роторів (рис. 3.10).

Поширеним представником цього типу машин є граблі-ворушилки ВЦН-Ф-3 (Росія); КР-420, КР-722 фірми “Ylo Tehtaat” (Фінляндія).

Таким чином, короткий огляд конструкцій машин для ворущіння, згрібання та перевертання трав дозволив розробити їх класифікацію, яка представлена на рисунку. В основу класифікації покладені основні ознаки, за якими відрізняються машини і які суттєво впливають на технологічний процес. При цьому кожна група об’єднує машини, які відрізняються способом виконання технологічного процесу, конструктивними особливостями робочих органів, способами агрегування і рядом інших ознак.

4 ОПИС ВОРУШИЛКИ І СХЕМА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

4.1 Призначення машини та її будова

Ворушилка ВРМ-Ф-7,5 призначена для ворущіння свіжоскошених або підв'ялених трав сіяних та природних сінокосів і розкидання валків після скошування трави валковими косарками [6, 7].

Таблиця 4.1 - Технічна характеристика ворушилки ВРМ-Ф-7,5

Показник	Значення
Тип машини	Причіпна
Ширина захвату, м, не менше:	
- при чотирьох роторах	2,5
- при двох роторах	5,0
- при шести роторах	7,0
Продуктивність за годину основного часу з 6 роторами, га/год.	6,3
Конструктивна маса, кг, не більше	750
Кількість роторів, шт.	6
Кількість граблин на роторі, шт.	6
Привід робочих органів	Від ВВП трактора
Частота обертання роторів, об/хв..	180
Тип опорних коліс	Пневматичний
Обслуговуючий персонал, осіб	Тракторист

Машина може працювати в агрегаті з будь-яким колісним трактором класу 9 або 14 кН. Привід робочих органів здійснюється від валу відбору потужності (ВВП) трактора. Технічна характеристика ворушилки наведена в таблиці 4.1.

Ворушилка (див. графічну частину проєкту) складається з 5 модулів: центрального з двома роторами, середнього лівого, середнього правого, крайнього лівого і крайнього правого; сниці; контрприводу з запобіжною муфтою; карданного валу; розтяжок; огорожень; гвинта нахилу роторів.

Під час роботи ротори центрального модуля, а також середніх і крайніх модулів з граблинами здійснюють обертовий рух назустріч один одному. При ворушінні зуби граблин захвачують масу яка лежить попереду роторів в прокосах або валках і розкидають її позаду роторів.

Ворушилка може працювати одним центральним модулем, центральним, середнім і крайнім модулями.

Для забезпечення високої якості роботи необхідно проводити регулювання зазору між кінцями зубів граблин і ґрунтом, який здійснюється за допомогою упорного гвинта, встановленого на сниці центрального модуля.

Для здійснення регулювання необхідно перевести ворушилку в робоче положення. Відгвинчуючи або вгвинчуючи упорний гвинт встановити зазор між ґрунтом і зубами роторів не більше 15 міліметрів.

Колісний хід кожного із роторів поворотний в горизонтальній площині і фіксуються в робочому положенні фіксаторами. Крім того ротори крайніх і середніх модулів мають транспортне фіксуюче положення.

Ворушилка має шість аналогічних по будові роторів. Ротори є головними вузлами модулів, які мають одні і ті ж робочі органи – пружинні зуби.

Редуктори середніх і центральних модулів відрізняються від крайніх наявністю додаткового вала-шестерні для передачі обертання від центрального ротора середньому і від середнього крайньому.

Ротор складається з конічного редуктора, корпусу до якого прикріплені граблини, колісного ходу і фіксатора.

Ротори мають пневматичні колеса. При монтажі осі пневматичних коліс в транспортному положенні повинні бути направлені в зовнішні сторони. Болти кріплення дисків коліс до маточини повинні бути надійно затягнуті

гайками. Потрібно дотримуватись норми внутрішнього тиску, запобігати попаданню на шини палива, мастила та інших нафтопродуктів. При щоденному огляді шин покриття очищають від зайвих предметів, не допускають роботу і стоянку на пошкоджених та спущених шинах. При тривалих перервах в роботі машину встановлюють на підставки, щоб шини не торкалися ґрунту.

Вісь колісного ходу представляє собою зварені між собою дугоподібну вісь на якій кріпляться ходові колеса і вертикальний вал, на якому закріплений редуктор.

Граблини служать для кріплення пружинних зубів за допомогою болтів, спеціальної шайби і гайки.

Призначення конічного редуктора полягає в передачі обертового руху граблинам. Регулювання бічного зазору в зачепленні здійснюється прокладками. Зазор повинен бути в межах 0,3 – 0,5 міліметра.

Рама модуля служить для з'єднання між собою модулів ворушилки і одночасно є огороженням валу, який передає крутний момент від одного модуля іншому. Поперечина представляє собою конструкцію круглого перерізу, яка приєднана до сусіднього модуля за допомогою скоби, яка дозволяє переміщуватися модулям ворушилки відносно один одного у вертикальній площині. На рамі встановлені кронштейни, які призначені для закріплення на них огорожі.

Сниця служить для приєднання ворушилки до трактора. Сниця представляє собою зварену конструкцію, на якій закріплений регулюючий гвинт і контрпривід. Розтяжка призначена для утримання середніх модулів в робочому положенні та одночасно є огороженням для центрального модуля. При транспортуванні розтяжка від'єднується від середнього модуля і кріпиться на сниці.

4.2 Опис удосконалення машини

Під час роботи ворушилки осі її роторів нахилені на 15 –17 градусів

вперед в напрямку руху агрегату, тобто віддаль між кінцями пружинних пальців і ґрунтом в передній частині ротора є значно менша, ніж в задній. Через це пружинні пальці при обертанні роторів і переміщенні машини часто контактують з нерівностями ґрунту, а відтак піддаються впливу вібрації. Це спричиняє швидке руйнування зубів внаслідок утворення в їх тілі пальців тріщин утомленості. Зазначене впливає на працездатність і економічні показники машини. Крім того, попадання обламаних пальців у траву може спричинити поломку послідуєчих сінозбиральних машин: пресів, самозавантажувальних візків, подрібнюючих апаратів кормозбиральників комбайнів і т. д. Для підвищення працездатності ворушилки пропонується встановити на кожній із граблин шарнір, який дозволяє повертатися граблинам в осьовій площині ротора. Це дасть змогу зменшити кількість контактів пружинних зубів граблин з нерівностями ґрунту.

5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ВОРУШИЛКИ

5.1 Розрахунок опорних коліс роторів

Ротори ворущили опираються на опорні колеса з пневматичними шинами (діаметр колеса 250 мм, ширина - 100 мм), на які навантаження діє під час транспортування і виконання технологічного процесу.

Перевагою пневматичних коліс у порівнянні з металевими колесами є менший опір коченню і вони не так сильно подрібнюють ґрунт на пилоподібні фракції.

Необхідний діаметр колеса ротора можна розрахувати із формули Грандвуане-Горячкіна, яка визначає опір перекочування колеса:

$$Q = 0.863 \sqrt[3]{\frac{G^4}{qbd^2}}, \quad (5.1)$$

де G – частина ваги агрегату, яка припадає на одне колесо, Н;

q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, $q = 2,0 - 4,0$ Н/см³;

$b = 100$ мм – ширина колеса,

d – діаметр колеса, мм.

З формули (5.1) визначаємо мінімальний діаметр колеса

$$d = \sqrt[3]{0.863 \frac{(G/4)^4}{q \cdot b \cdot Q^3}}, \quad (5.2)$$

$$d = \sqrt[3]{0.863 \frac{(2000/4)^4}{4 \cdot 10^6 \cdot 0.1 \cdot 130^3}} = 0.214 \text{ м.}$$

Отже, колесо діаметром 250 мм, на яке опирається кожен ротор ворущили вибрано вірно.

Розрахуємо необхідний діаметр осі, на яку кріпитиметься опорне колесо.
На вісь колеса у небезпечному перетині діє згинальний момент:

$$M_B = R_{\Gamma} \cdot l_B, \quad (5.3)$$

де $R_{\Gamma} = R_0 \cos \beta$ - вертикальна складова опору ґрунту, Н;

l_B – плече дії сили R_{Γ} , м. $l_B = 0,070$ м.

$$M_B = 500.95 \cdot \cos(15^\circ) \cdot 0.07 = 33.87 \text{ Нм.}$$

Діаметр осі у небезпечному перетині визначають за формулою [24]:

$$d_B \geq \sqrt[3]{M_B / 0.1[\sigma]}, \quad (5.4)$$

$$d_B \geq \sqrt[3]{33.87 / 0.1 \cdot 55} = 0.022 \text{ м.}$$

Отже, мінімальний діаметр осі колеса повинен бути не менше 22 мм.

5.2 Розрахунок ланцюгової муфти з'єднання привідного вала з валом приводу роторів

Визначаємо значення розрахункового крутного моменту M_P за формулою [18, 19]:

$$M_P = \frac{9740N \cdot K_E}{n}, \quad (5.5)$$

де N - потужність на приводному валу одного ротора $N = 5,0$ кВт;

n - частота обертів вала, $n = 511 \text{ хв}^{-1}$;

K_E - коефіцієнт експлуатації,

$$K_E = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

Враховуючи нерівномірне, з поштовхами навантаження, горизонтальне розташування з'єднаних валів, періодичне мащення ланцюгової муфти, двозмінну роботу, будемо мати $K_1 = 1,3$; $K_2 = 1$; $K_3 = 1,25$; $K_4 = 1,25$, коефіцієнт експлуатації

$$K_E = 1,3 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,25 = 2,03.$$

Тоді,

$$M_P = 9740 \cdot \frac{5,0 \cdot 2,03}{511} = 202 \text{ Нм}.$$

З [20] приймаємо ланцюгову муфту з кроком 25,4мм з числом зубів $z = 12$, ланцюг ПР 25,4-6000 згідно ГОСТ 13568-72, номінальний крутний момент муфти 250Нм.

Компенсуючі властивості муфти:

- кутове зміщення осей валів $[\beta]$ не більше 1° ;
- радіальне зміщення осей валів $[q]$ не більше 0,2 мм.

Матеріал півмуфт – сталі з механічними властивостями не нижче Ст.45 за ГОСТ 1050-74. Твердість зубів і впадин напівмуфт повинна бути у межах HRC 42-52. При складанні муфти на зуби напівмуфт і ланки ланцюга необхідно нанести консистентні мастила не нижче УС-1 за ГОСТ 1033-79.

5.3 Розрахунок шпонкового з'єднання приводного вала і півмуфти ланцюгової муфти

Вихідні дані з попереднього розрахунку: діаметр вала $d = 35 \text{ мм}$.

Шпонка 10x8x36 – вибираємо конструктивно залежно від діаметру вала. Максимальний крутний момент, що передається шпонковим з'єднанням $M_{KP} = 202 \text{ Нм}$.

Допустиме напруження на зминання і зріз при сталених з'єднаннях вала і маточини

$$[\sigma]_{3M} = 150 \text{ Н/мм}^2;$$

$$[\tau]_{3P} = 90 \text{ Н/мм}^2;$$

Умова міцності на зминання [23]

$$\sigma_{3M} \approx \frac{4,4M_{KP}}{l_p \cdot d \cdot h} < [\sigma]_{3M}, \quad (5.6)$$

$$\sigma_{3M} \approx \frac{4,4 \cdot 202 \cdot 10^3}{(36-10) \cdot 35 \cdot 8} = 122 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma]_{3M}.$$

Умова міцності на зріз [23]

$$\tau_{3P} \approx \frac{2M_{KP}}{l_p \cdot d \cdot b} < [\tau]_{3P}. \quad (5.7)$$

$$\tau_{3P} \approx \frac{2 \cdot 202 \cdot 10^3}{(36-10) \cdot 35 \cdot 10} = 44,3 \text{ Н/мм}^2 < [\tau]_{3P}.$$

Умови міцності шпонки на зріз і зминання забезпечені.

5.4 Вибір підшипників кочення валів приваду роторів

Основні критерії роботи здатності підшипника кочення – його динамічна і статистична вантажопідйомність.

За умовами роботи беремо радіальні сферичні двоохрядні шарикові підшипники і перевіряємо їх на довговічність роботи.

Номінальна довговічність роботи підшипників в мільйонах обертів визначаємо по формулі [18, 19]:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (5.8)$$

де p – показник степені, $p = 3$ [24];

C – динамічна вантажопідйомність, $C = 22,9$ кН [20];

P – еквівалентне навантаження.

$$P = V \cdot F_r \cdot K_{\delta} \cdot K_m, \quad (5.9)$$

де V – коефіцієнт, при обертанні внутрішнього кільця $V = 1$;

F_r – радіальне навантаження, $F_r = 0,562$ кН;

K_{δ} – коефіцієнт враховуючий перевантаження, $K_{\delta} = 1,4$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1,05$.

$$P = 1 \cdot 0,562 \cdot 1,4 \cdot 1,05 = 0,738 \text{ кН}.$$

$$L = \left(\frac{22,9}{0,738} \right)^3 = 3,140 \text{ млн.об.}$$

Номінальну довговічність в годинах визначаємо по формулі [20]

$$L_n = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n_2}. \quad (5.10)$$

$$L_n = \frac{10^6 \cdot 3,14}{60 \cdot 67,2} = 778,7 \text{ тис.год.}$$

Номінальна довговічність підшипників 100 тис. год. [20]. Умови вибору підшипників виконуються, вибираємо підшипник 1210.

5.5 Розрахунок болтового з'єднання розтяжок середніх модулів

Сила P прагне зрушити складові частини розтяжки одну відносно другої. Цьому запобігає болт, на який із сторони кожної частини передається розподілені по контактній поверхні навантаження (рис. 5.1).

Зусилля хочуть зрізати болт по площині розподілу частин, так як в цьому перерізі діє найбільша поперечна сила $Q = P$. Вважаючи, що контактні навантаження розподілені рівномірно, одержимо:

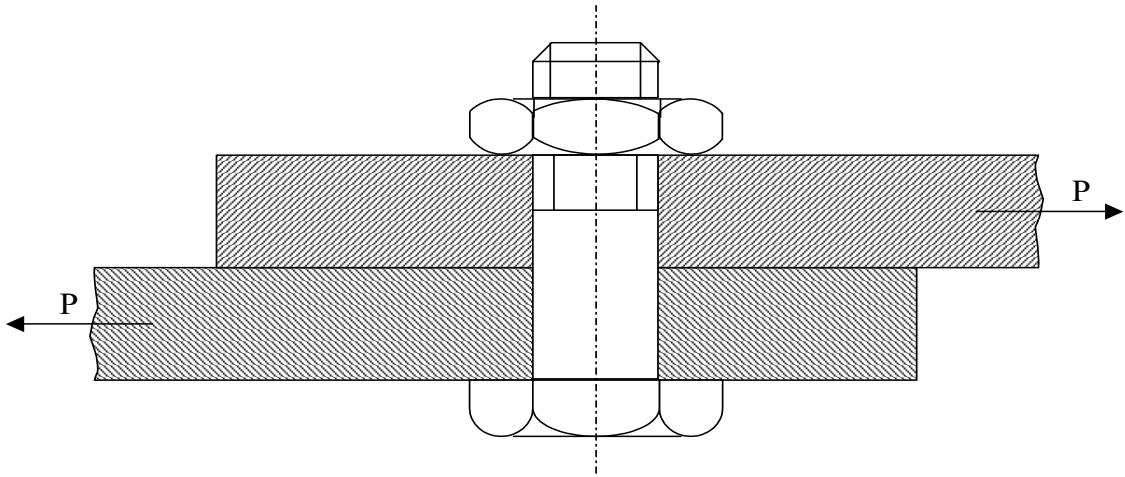


Рисунок 5.1 - Схема болтового з'єднання

$$\tau = \frac{Q}{F}, \quad (5.11)$$

де τ - навантаження зсуву;

F – площа поперечного перерізу болта, $F = 2,01$ см.

Діаметр болта визначаємо по формулі [20]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (5.12)$$

де $[\tau]$ - допустиме навантаження при зсуві, $[\tau] = 100$ МПа [20].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0208}{3,14 \cdot 100}} = 0,016 \text{ м.}$$

Перевіряємо болт на міцність по формулі [20]:

$$\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau], \quad (5.13)$$

$$\frac{4 \cdot 0,0208}{3,14 \cdot 0,16^2} \leq 100.$$

Умови міцності виконані, вибираємо болт М16.

За проведеними розрахунками розробляємо креслення окремих вузлів і деталей удосконаленої ворушилки.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Безпека праці при заготівлі сіна

Поряд із загальними правилами охорони праці і забезпечення техніки безпеки у сільськогосподарському виробництві при заготівлі і закладанні сіна на зберігання необхідно виконувати ряд специфічних вимог. Перед початком робіт по заготівлі сіна механізатори і робітники повинні пройти інструктаж по техніці безпеки і пожежній безпеці. Перед початком будь яких механізованих робіт по заготівлі сіна перевірити наявність на агрегатах чистиків, гачків та інших засобів для очищення робочих органів машини.

При транспортуванні пальці різального апарата косарки повинні бути закриті захисними щитками. Перед пуском ротаційних косарок перевірити відсутність сторонніх предметів під ротором, а також кріплення роторів і ножів.

Слідкувати, щоб перед пуском і під час роботи нікого не було попереду агрегату.

При роботі підбирача-копнувача ПК-1,6А не можна протягувати сіно під транспортер при увімкненому валу відбору потужності. Огляд внутрішніх частин копнувача можна проводити тільки при зафіксованій відкидній стінці.

При встановленні на трактори навантажувально-скиртувального обладнання ширина колії передніх коліс трактора повинна бути не менше 1400 мм, а задніх – 1900 мм.

При роботі копицевозів КУН-10, ПКУ-0,8 та навантажувача ПФ-0,5 забороняється:

- використовувати не за призначенням;
- піднімати вантажі більшої маси, ніж передбачено технічною характеристикою;
- знаходитись під піднятим вантажем та працювати в грозу;
- різко гальмувати та виконувати круті повороти при роботі з

максимально піднятим вантажем;

- рухатись із завантаженим копицевозом із швидкістю понад 10, навантажувачем – понад 4 км/год.;
- на стоянці залишати робочі органи в піднятому положенні; відривати порцію сіна від скирти з одночасним поворотом агрегату;
- виконувати роботу без навішування ззаду трактора ковша з баластом не менше 900 кг.

На підбирачі-стогоутворювачі СПТ-60 забороняється:

- працювати з перекинутим кузовом без підстраховуючи упорів;
- використовувати схили для руху накатом;
- залишати заповнений сіном кузов на стоянці;
- повертати агрегат у момент вивантаження стогу.

Під час скиртування сіна кількість скиртоправів одночасно на скирті не повинна перевищувати шести. Стояти вони повинні не ближче 1,5 м від краю скирти. Забороняється піднімати та опускати зі скирти людей скиртувальним агрегатом. Скиртувати сіно можна тільки вдень і при швидкості вітру не більше 10м/с. Для відпочинку і харчування людей обладнується місце на відстані не менше 25 м від скирти. Після закінчення скиртування скирти оборюють протипожежною смугою завширшки не менше 3 м та встановлюють грозозахисні щогли, висота яких повинна перевищувати скирту на 2-2,5 м. Для заземлення використовують дріт діаметром не менше 7 мм. Захисна зона щогли орієнтовно приймається 7-8 м.

При заготівлі пресованого сіна забороняється проштовхувати сіно на підбирач, ремонтувати, регулювати і очищати робочі органи під час роботи машин.

Деталі, які рухаються і обертаються, робочі органи і механізми кормозаготівельних машин і обладнання огороджують захисними кожухами, а біля особливо небезпечних вузлів і механізмів роблять попереджувальні надписи.

На тракторах і машинах, які агрегатуються з ними, а також на

самохідних кормозбиральних комбайнах для обслуговуючого персоналу необхідно обладнувати двохсторонню сигналізацію (звукову або іншу) і мати медичну аптечку і бачок (термос) для питної води.

Будова та технічна експлуатація вентиляційних установок і обладнання сіносховищ, оснащених електроприводом, мають відповідати діючим правилам технічної експлуатації сільських електроустановок, правилам техніки безпеки по експлуатації електротехнічних засобів у сільськогосподарському виробництві.

При електропостачанні пристроїв підігрівання повітря для досушування сіна потребується монтаж пристрою захисту і контролю за втратою струму.

Для активного вентилявання необхідно застосовувати тільки вентилятори із закритими електродвигунами. Вентилятор із електродвигуном повинен мати захисні вібраційні пристрої і виключати тертя лопатей об кожух.

При досушуванні сіна у закритих приміщеннях вентилятори слід встановлювати із зовнішньої сторони на відстані не менше 1 м від незгораємих і 2,5 м від згораємих стін, у скиртах – не менше 2,5 м. Повітропроводи повинні бути із незгораємих матеріалів. Місце встановлення вентилятора огорожують металічними сітками або дерев'яними решітками.

Вхідний отвір вентилятора необхідно закривати металічною сіткою з отворами розміром не більше 25×25 мм.

Для обслуговування усіх електроприймачів необхідно передбачити загальний пульт, який встановлюють на незгораємій стіні або опорі, яка стоїть окремо (не ближче 5 м від складу) у спеціальному незгораємому ящику із пристосуванням для пломбування. Струмопровідний кабель повинен бути надійно захищеним від механічних пошкоджень.

При підніманні підстіжного каналу у робоче положення необхідно впевнитися у тому, що ланки підйомного механізму дійшли до упору і каркас каналу прийняв стійке положення.

Огляд, очищення вентиляційних каналів і шахт проводять під контролем відповідальної особи. Для запобігання попадання води під час дощу у

електродвигун вентиляційного пристрою необхідно встановлювати навіс.

У сараях для досушування сіна повинні бути вогнегасники, запас води і піску, відра, лопати. У сіносковищах ставлять блискавкозахист.

Необхідно відводити спеціальні місця для відпочинку, куріння, зберігання і заправки техніки. Протипожежні відстані між закритими сіносковищами і тваринницькими приміщеннями та іншими спорудами повинні становити 50 м.

Забороняється: починати роботу не впевнившись в тому, що всі запобіжні загорожі механізмів і машин правильно встановлені; оглядати, регулювати і усувати неполадки робочих органів кормозаготівельних машин при русі агрегату, а обладнання і електропристрої – при працюючому двигуні; очищати на робочому або холостому ході від трави ріжучі апарати, рухомі і обертаючі частини машин і механізмів, змащувати ланцюги, підшипники і інші деталі, які труться; застосовувати для переносного освітлення електроживлення з напругою вище 12В; використовувати на заготівлі сіна трактори і машини без іскрогасників і вогнегасників; допускати втрату і розливання палива і мастила при заправці і мащенні тракторів і самохідних сільськогосподарських машин; розташовувати сіносковища під лініями електропередач; залишати без догляду працюючі вентиляційні пристрої під час грози; знаходитися ближче 10 м від тросів при витягуванні підстіжного каналу трактором з-під скирти; курити і розпалювати багаття у зоні досушування сіна.

Перед пуском вентилятора перевіряють надійність його кріплення, натяг ведучих пасів, легкість обертання робочого колеса, а також відсутність сторонніх предметів всередині.

Пуск вентиляційних установок у сіносковищі проводять поступово. одночасний пуск двох і більше вентиляторів заборонений. Пускові прилади вентиляторів повинні розміщуватись в легкодоступних місцях.

Забороняється залишати без нагляду працюючі вентиляційні установки.

Протипожежних правил особливо слід дотримуватися при експлуатації

повітропідігрівачів на рідкому паливі: не допускається зберігання палива і мастильних матеріалів без посередньо біля повітропідігрівачів; бочку з паливом можна встановлювати не ближче 5 м від повітропідігрівачів; система подачі палива повинна бути завжди справною; один раз на добу очищати від нагару форсунки та її відбивачі; перед пуском камери згорання необхідно продути повітрям при повністю відкритій заслінці дуттьового вентилятора; з'єднання теплообмінника і камери згорання повинно бути герметичним; не допускається підтікання палива в камеру згорання при зупинці повітропідігрівача.

6.2 Вплив шуму на здоров'я робітників

Більшість виробничих процесів у сільському господарстві супроводжується дією на працюючих шуму, енергетичних установок, приводів тощо.

Шум – сукупність звуків різної інтенсивності і частоти, що виникають внаслідок коливальних процесів і безладно змінюються протягом часу. Джерелом шуму може бути тіло, що коливається. Дія шуму негативно впливає на нервову систему людини, підвищує кров'яний тиск, може призвести до глухоти та захворювань серцево – судинної системи, кори головного мозку, нирок тощо.

В результаті дії високочастотних і поштовхоподібних коливань в організмі людини відбувається спадок м'язової сили, підвищення артеріального тиску, порушення гостроти зору та світлочутливості, з'являється запаморочення і нестійкість, пошкоджуються клітини, спостерігаються спазми серця і виникає віброхвороба.

Частота звуку характеризується числом коливань звукової хвилі за секунду і вимірюється в герцах (Гц). За частотою звукові коливання поділяються на три діапазони: інфразвукові з частотою коливань менше

20 Гц, звукові – від 20 до 20000 Гц та ультразвукові – понад 20000 Гц. Людина здатна сприймати звукові коливання в інтервалі частот приблизно від

20 до 20000 Гц, що відповідає тиску від $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^2$ Па. Цей звуковий діапазон прийнято поділяти на низькочастотний – до 400 Гц, середньочастотний – від 400 до 1000 Гц і високочастотний – більше 1000 Гц.

Мінімальний звуковий тиск, що сприймається людиною як звук, називають порогом чутливості. Звуковий тиск, що сприймає біль, називають больовим порогом.

У результаті коливань тіла та його дії на пружне середовище (повітря) у ньому по чергово виникають хвилі з тиском вищим і нижчим від атмосферного. Завдяки пружності повітря, зони згущення і розрідження послідовно розповсюджуються з певною швидкістю від місця збудження.

Додатковий тиск, що виникає в повітряному середовищі від звукових хвиль, називають звуковим тиском.

Миттєва швидкість розповсюдження звукової хвилі в повітряному середовищі залежить від миттєвого звукового тиску і акустичного опору середовища.

Спектральний аналіз шуму проводять шумомірами за допомогою набору відповідних фільтрів, які виділяють в досліджуємому спектрі ту частину звуків, яка характеризується заданим інтервалом частот.

Шум підрозділяють на широкосмуговий, з безперервним спектром шириною більше одної октави і тональний, в спектрі якого мають в наявності виражені дискретні тони. По довжині він може бути нестійким, коливальним, переривистим та імпульсним.

Для орієнтовної оцінки широкосмугового шуму допускається виміри проводити і зразу по всьому діапазоні частот які прослуховуються, на частотних характеристиках “А” шумомірів, імітуючих чутливість до шуму вуха людини. Покази приборів в цьому випадку записують в дБА.

Рівні звукового тиску є логарифмічними величинами, тому при порівнянні різних джерел шуму або при визначенні сумарного шуму від декількох джерел їх не можна сумувати чи відіймати чисто арифметично. Для цього використовують формулу:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (6.1)$$

де L_1, L_2, L_n – рівні звукового тиску, які утворюються в розрахунковій точці 1, 2, n – ним джерелом струму.

Якщо джерела шуму однакові по інтенсивності (тобто, якщо $L_1 = L_2 = L_n$), то попередня формула буде спрощена:

$$L_{\text{сум}} = L + 10 \lg n, \quad (6.2)$$

де L – рівень шуму від одного джерела;

n – кількість однакових по інтенсивності джерел шуму.

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg(10^{0,1110} + 10^{0,190}) = 85 \text{ дБ}.$$

Розроблені заходи сприятимуть охороні праці при виконанні робіт по заготівлі сіна в господарстві.

7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Розрахунок економічної ефективності від застосування розробленої роторної сіноворушилки проводимо по відомій методиці в порівнянні з серійною роторною ворушилкою ГВР-6. Вихідні дані для проведення розрахунків приведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для проведення економічних розрахунків

Показники	Базова машина	Нова машина
Продуктивність, га/год	3,0	4,12
Питомі витрати палива, кг/га	3,36	1,24
Вартість машини, грн.	9500	9500
Кількість обслуговуючого персоналу, чел.	1	1

Затрати праці на процес визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W}, \quad (7.1)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чел.;

W – продуктивність агрегату, га/год.

Затрати праці при роботі базового агрегату при обробці скошеної трави дорівнюють:

$$H_6 = \frac{1}{3,0} = 0,33 \text{ люд.год/га}$$

При використанні розробленої сіноворушилки затрати праці будуть дорівнювати:

$$H_n = \frac{1}{4,12} = 0,24 \text{ люд.год/га}$$

Зниження затрат праці при використанні розробленої машини будуть дорівнювати:

$$H_3 = H_6 - H_n; \quad (7.2)$$

$$H_3 = 0,33 - 0,24 = 0,09 \text{ люд.год/га}$$

За сезон при одноразовому укосі при збиранні сіна на площі 100 га зниження затрат праці становить:

$$H_3^c = 0,09 \cdot 100 = 9,0 \text{ люд.год.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при сушці сіна в польових умовах визначаються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}; \quad (7.3)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн/га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн/га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га;

$C_{\text{пмм}}$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. По п'ятому розряду з врахуванням збільшення мінімальної заробітної плати за місяць до 8647 грн. вона становить 360,3 грн. за зміну [23]. На 1 га площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C^T}{W_{\text{зм}}}, \quad (7.4)$$

де C^T – оплата праці по тарифній сітці, грн/зм;

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

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га обробленої площі буде становити:

$$C^1_{об} = \frac{360,3}{21,0} = 17,2 \text{ грн/га.}$$

Крім того, в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію; 50 % - за складність збиральних робіт; 12 % - за інтенсивність робіт:

$$50 \% = 8,6 \text{ грн/га,} \quad 12 \% = 2,1 \text{ грн/га.}$$

І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C^H_{об} = 17,2 + 8,6 + 8,6 + 2,1 = 36,5 \text{ грн/га.}$$

На цю суму нараховується 20% за класність (7,3 грн/га) і 51 % соціального страхування, чорнобильських відрахувань і т. ін. (18,6 грн/га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатора при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{об} = 36,5 + 7,3 + 18,6 = 62,4 \text{ грн/га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленою сіноворушилкою, оплата праці за 1 га обробленої площі буде становити:

$$C^1_{ор} = \frac{360,3}{28,84} = 12,5 \text{ грн/га.}$$

Аналогічно визначаються всі необхідні нарахування на оплату праці механізатора, який працює на агрегаті з розробленою ворушилкою. І повні затрати на оплату праці будуть становити:

$$C_{ор} = 26,5 + 5,3 + 13,5 = 45,3 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}} \quad (7.5)$$

де C – ціна машини, грн;

D – кількість днів роботи в рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для роторних сіноворушилок становить 15%. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{a6} = \frac{9500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21} = 1,3 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування на розроблену сіноворушилку будуть становити:

$$C_{ap} = \frac{9500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 28,84} = 0,9 \text{ грн/га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини. Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.6)$$

де β - норма річних відрахувань.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$C_{p.б} = \frac{9500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21} = 1,3 \text{ грн/га.}$$

Для розробленої сіноворушилки затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть дорівнювати:

$$C_{p.н.} = \frac{9500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 28,84} = 0,9 \text{ грн/га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{пмм} = Ц_{п} \cdot V_{га}; \quad (7.7)$$

де $Ц_{п}$ – комплексна ціна 1 кг палива;

$V_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки трактора і зони застосування. Приймаємо наступні норми витрат мастильних матеріалів і пускового бензину в % до основного палива:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустриальне масло – 0,64 %;
- консерваційні мастила – 0,47%.

На сьогодні вартість на паливо-мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, постачальника, величини оптових закупок і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива, яка дорівнює 85,5 грн/л. Тоді затрати на паливо-мастильні матеріали при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{пмм}^б = 85,5 \cdot 3,36 = 287,3 \text{ грн/га.}$$

При роботі агрегату з розробленою сіноворушилкою затрати на ПММ будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 85,5 \cdot 1,24 = 106,0 \text{ грн/га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 62,4 + 1,3 + 1,3 + 287,3 = 352,3 \text{ грн/га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з розробленою сіноворушилкою будуть дорівнювати:

$$C_{\text{н}} = 45,3 + 0,9 + 0,9 + 106,0 = 153,1 \text{ грн/га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{н}} = 352,3 - 153,1 = 199,2 \text{ грн/га.}$$

З врахуванням дворазового укусу економічний ефект за сезон становить:

$$E_{\text{с}} = E \cdot 2 = 199,2 \cdot 2 = 398,4 \text{ грн/га.}$$

У відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{398,4 \cdot 100}{352,3} = 113 \text{ \%}.$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 116 га буде становити:

$$E_{\text{р}} = 398,4 \cdot 116 = 46214,4 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники, які розраховані в проєкті, приведені в таблиці 7.4.

Окупність затрат на виготовлення нової сіноворушилки визначається за формулою:

$$E_o = \frac{Ц}{E_p} \quad (7.8)$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проєкту

Назва показників	Базовий агрегат	Розроблений агрегат
1. Продуктивність, га/год.	3,0	4,12
2. Питомі витрати палива, л/га	3,36	1,24
3. Затрати праці, люд.год/га	0,33	0,24
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	352,3	153,1
в т . ч. – оплата праці з нарахуваннями	62,4	45,3
- амортизаційні відрахування	1,3	0,9
- затрати на ремонт і ТО	1,3	0,9
- затрати на ПММ	287,3	106,0
4. Зниження прямих затрат, грн/га	-	199,2
5. Річний економічний ефект, грн	-	46214,4
6. Строк окупності затрат на виготовлення нової ворушилки, років		0,2

$$З_o = \frac{9500}{46214,4} = 0,2 \text{ рок.}$$

Аналіз прямих затрат на виконання процесу показує, що основна частка затрат припадає на паливо і мастильні матеріали, що пояснюється надто високими цінами на ринку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз наукової літератури, патентів, досліджень і практичних даних дозволив нам вибрати оптимальні елементи технології заготівлі сіна. Перспективною культурою для заготівлі сіна є бобові трави і зокрема люцерна.

2. Ворушіння є ефективним прийомом, який забезпечує рівномірне та швидке сушіння трави. При ворущінні трава в прокосах розміщується рихлим, добре провітрюваним шаром, а це покращує її аерацію. Перше ворущіння проводять одночасно з скошуванням або після нього, послідує – по мірі підсихання верхнього шару трави.

3. Під час роботи ворущилки ВРМ-Ф-7,5 її пружинні пальці при обертанні роторів контактують з нерівностями ґрунту, а відтак піддаються впливу вібрації. Це спричиняє швидке руйнування пальців внаслідок утворення в їх тілі тріщин утомленості. Для підвищення працездатності ворущилки пропонується встановити на кожній із граблин шарнір, який дозволяє повертатися граблям в осьовій площині ротора. Це дасть змогу зменшити кількість контактів пружинних зубів граблин з нерівностями ґрунту і підвищити працездатність машини.

4. Проведені розрахунки дали можливість визначити оптимальні параметри робочих органів і режими роботи удосконаленої сіноворущилки. Визначено всі основні показники роботи агрегату, що дає змогу оптимального планування робіт.

5. Розроблено заходи по охороні праці, які можуть бути використані при проведенні інструктажів на робочому місці перед початком польових робіт. Заходи з охорони праці підвищують безпеку і комфортність роботи в господарстві.

6. За рахунок підвищення довговічності пружинних зубів ворущилки ВРМ-Ф-7,5 і впровадження удосконаленої технології може бути досягнутий річний економічний ефект в сумі 46214,4 грн. Витрати на модернізацію машини можуть окупитися за перший сезон експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Члени НААН підготували рекомендації щодо заготівлі кормів в умовах війни та обмежених ресурсів// <http://naas.gov.ua/slide/chleni-naan-p-dgotuvali-rekomendats-shchodo-zagot-vl-korm-v-v-umovakh-v-yni-ta-obmezhenikh-resurs-v/>.
2. Заготівля кормів в умовах війни та обмежених ресурсів // <https://landlord.ua/news/zahotivlia-kormiv-v-umovakh-viiny-ta-obmezhenykh-resursiv-rekomendatsii-vid-naan>.
3. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Агробізнес сьогодні. - №10 (209) травень 2011. - с. 11-15.
4. Гетман Н. Я., Квітко М. Г., Циганський В. І. Люцерна посівна/ Монографія. – Вінниця, ТОВ «Твори». 2021. - 428 с.
5. Мечта М., Бабинець Т. Ефективний спосіб виробництва високоякісних кормів// Техніка АПК. - № 6-7 (червень-липень), 2006 р. – с. 10-13.
6. Осьмак В., Качан І. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Пропозиція. - №5, 2010. – с. 119-127.
7. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Пропозиція. - №6, 2011. – с. 107-112.
8. Карпенко М. Розширення функціональності кормо збиральної техніки// Пропозиція. - № 4, 2006. – с. 120-122.
9. Карпенко М., Карпенко В. Перспективна технічна політика в галузі механізації заготівлі стеблових кормів в Україні// Пропозиція. - №4, 2005. – с. 116-118.
10. Карпенко М. Ефективність кормозбиральних комбайнів в Україні// Пропозиція. - №5, 2001. – с. 100 – 102.
11. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник / К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.

12. Вожегова Р. А. Ресурсоощадні технології вирощування люцерни на насіння в південному Степу України / Р. А. Вожегова, Г. В. Сахно, С. П. Голобородько та ін. – Херсон.: Атлант, 2012. – 130 с.
13. Зінченко Б. С. Люцерна і конюшина / Б. С. Зінченко, В. С. Ключ та ін. – К.: Урожай, 1989. – 162 с.
14. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
15. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
16. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімот та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
17. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
18. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.
19. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.
20. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.
21. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..
22. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня

2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

23. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.