

**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 дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології заготівлі сіна з
розробкою машини для розпушування
валків**

Виконав: студент факультету за спеціальністю
208 «Агроінженерія»

_____ Федотов Ігор Григорович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро, 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: "Магістр"
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 ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

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

Федотов І.Г. Удосконалення технології заготівлі сіна з розробкою машини для розпушування валків/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024. – 71 с.

В роботі проведено агротехнічні вимоги до машин для заготівлі кормів і аналіз фізико-механічних і технологічних характеристик рослин для заготівлі сіна. А також сучасних технологій і машин для їх виконання для заготівлі грубих кормів.

Розроблено конструкцію машини для розпушування валків і прокосів та визначено основні її параметри і режим роботи.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні і збиранні люцерни і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування удосконалень на практиці становить 56112 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року використання.

Ключові слова: злакові трави, бобові трави, сіно, технологія, ворушилка, ротор, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО КОРМОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН.	9
2 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСЛИН.	11
3 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАШИНИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ СІНА.	14
3.1 Технології заготівлі розсипного сіна.	14
3.2 Технології заготівлі пресованого сіна.	16
3.3 Заготівля подрібненого сіна.	18
3.4 Машини для заготівлі сіна.	19
3.5 Заготівля розсипного сіна.	27
4 ОПИС ВОРУШИЛКИ І СХЕМА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ.	31
5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО АГРЕГАТУ.	35
5.1 Визначення режиму роботи.	35
5.2 Розрахунок опорних коліс роторів.	40
5.3 Розрахунок ланцюгової муфти з'єднання привідного вала з валом приводу роторів.	41
5.4 Розрахунок шпонкового з'єднання.	42
5.5 Вибір підшипників кочення валів приводу роторів.	43
5.6 Розрахунок болтового з'єднання розтяжок середніх модулів.	45
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗАГОТІВЛІ СІНА.	47
6.1 Загальні питання.	47
6.2 Правила техніки безпеки при виконанні робіт.	50
6.3 Правила пожежної безпеки.	53
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ.	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	64
Д О Д А Т К И.	66

ВСТУП

За даними Державної служби статистики України, на початок 2021 року в Україні функціонувало 19,4 тисячі підприємств тваринницького виробництва різних форм власності, які займались виробництвом молока, м'яса, яєць та інших тваринницьких продуктів. Перед початком повномасштабної війни ця галузь почала активно зростати. У 2021 році, порівняно з 2020-м виробництво м'яса збільшилося на 5,5%, а виробництво молока зросло на 2,8% [1].

Усе змінилось із початком війни 24 лютого 2022 року, внаслідок якої фермерам довелось зіткнутись з новими загрозами: обстріли, потреба в евакуації, логістичні виклики та відключення електроенергії, через які виробництво будь-яких продуктів та кормів було під ризиком повного припинення. Тільки в 2022 році галузь зазнала збитків понад 2 млрд доларів.

Незважаючи на це, за рік повномасштабної війни Україна експортувала молочної продукції на 39% більше, ніж у 2021 році, і сума експорту сягнула 344,6 млн доларів [1, 2, 3].

Труднощі з експортом продукції рослинництва, значне падіння цін на зерно змусило аграріїв переорієнтовуватися на розвиток тваринництва, використовуючи дешеве нереалізоване зерно для виготовлення комбікормів і годівлі тварин. Але для повноцінної годівлі великої рогатої худоби потрібні ще й грубі корми – сіно, сінаж і ін.

В довоєнні роки обсяги щорічної заготівлі сіна в Україні становили 8 – 10 млн. т за технологічної потреби близько 17 млн. т, тобто потребу в сіні задовольняли на 50-60 % [4, 5]. До того ж, у загальній кількості заготовленого сіна близько половини його не відповідало вимогам якості. Пояснюється це, насамперед, застосуванням недосконалих технологій заготівлі та зберігання сіна, низьким рівнем механізації робіт. Нині рівень механізації заготівлі сіна становить близько 30 %. Основні технології заготівлі сіна, що тепер застосовують – це заготівля розсипного та пресованого.

Серйозною перешкодою відродження тваринництва є майже повне фізичне і моральне старіння наявної кормозбиральної техніки, та й тої, що залишилася не вистачає. Для тих господарств, які вирішили відроджувати поголів'я великої рогатої худоби на першому етапі можна використовувати і стару техніку. Але для більшої ефективності її слід удосконалити, що й пропонується в нашій дипломній роботі.

Проблема заготівлі кормів нині є найбільш гострою. Сезон косовиці для тваринництва важко переоцінити: від того, чи буде тваринництво достатньо забезпечене якісним сіном залежать стабільні прирости, надої, та, в кінцевому результаті, прибутки від господарської діяльності.

На якість вирішальний вплив справляють всі операції сінозаготівлі:

- термін скошування;
- своєчасне перетрушування;
- технологія збирання висушеної маси, яка повинна забезпечити, крім швидких темпів заготівлі, ще й надійний спосіб зберігання – не допустити підмочування та пліснявіння, що зводить катастрофічно нанівець кормові якості [4, 6].

Всі ці операції є дуже трудомісткими, і без надійної та продуктивної техніки вкластися в оптимальні строки просто неможливо.

Заготівлі сіна з люцерни належить важливе місце у створенні міцної кормової бази для тварин. Адже саме це сіно містить найбільше протеїну, до складу якого входять майже всі незамінні амінокислоти, багато мінеральних речовин і вітамінів. Тому воно є бажаним, а для частини тварин і незамінним компонентом раціонів [4, 5]. Проте через біологічні особливості люцерни приготування сіна з неї супроводжується значними втратами найпоживнішої частини рослин – листя і суцвіть, що істотно позначається на загальній поживності сіна та вмісті протеїну в ньому.

Численні дослідження, проведені в нашій та зарубіжних країнах, свідчать, що ці втрати можна значно зменшити шляхом раціональної обробки скошеної маси у процесі польового сушіння.

Заготівля сіна є одним із найпоширеніших способів консервування трав і являє собою складний фізіолого-біохімічний процес, який ґрунтується на висушуванні трави до вологості 17-18 %, що виключає розвиток не лише бактерій, а й пліснявих грибів [6].

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

Основною метою, що передбачає застосування різних технологічних прийомів при заготівлі сіна, є зниження механічних втрат, що сягають до 10%, а також тих, які викликані біологічними процесами, що відбуваються у траві при висиханні.

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

Метою даної роботи є удосконалення технології заготівлі сіна з використанням розробленої машини для розпушення валків і прокосів.

Основою для розробки чи оцінки конструкції кормозбиральної техніки являються агротехнічні вимоги.

В відповідності з ними кормозбиральний комбайн застосовується на збиранні трав і силосних культур, в тому числі кукурудзи в стадії воскової стиглості, працюючих на схилових і зрощувальних ділянках з нахилом до 9° . Комбайн збирає сіяні і високоврожайні трави натуральних сінокосів урожайністю до 50 т/га, з висотою рослин до 1,5 м, вологістю до 75 %; силосні культури урожайністю до 80 т/га, з висотою рослин до 4 м, діаметром стебел на висоті зрізу до 50 мм, вологістю до 85 %; працює на підборі прив'яленої трав'яної маси з валка масою не більше 6 кг на погонному метрі, шириною до 1,8 м, висотою до 60 мм, вологістю 45 - 60%.

Втрати при збиранні трав і інших кормових культур не повинні перевищувати 1 %. Забруднення землею подрібненої маси не документується. Кормозбиральний комбайн повинен забезпечувати максимальний вихід подрібненої маси за рахунок скорочення втрат при прямому комбайнуванні і підборі валків.

По вказаним втратам встановлені допустимі границі, які залежать від типу машини, умов її роботи і виду культури, яка збирається. Маса всіх втрат, віднесена до маси біологічного урожаю культури Q (за вирахуванням маси стерні $P_{ст}$ нормальної висоти зрізу), характеризує загальні втрати P (%) за кормозбиральною машиною:

$$P = \frac{M_B}{Q - P_{ст}} \cdot 100. \quad (1.1)$$

Аналіз втрат має важливе значення як для оцінки якості виконання технологічного процесу робочими органами, так і для розробки заходів по вдосконаленню машини.

Втрати від випадання скошених і подрібнених рослин з платформи жатки і крізь щілини транспортерів проходять головним чином за рахунок недосконалості конструкції машини. При збиранні рослин з одночасним

подрібненням і завантаженням маси в транспортні засоби мають місце втрати із-за видування частинок корму потоком повітря. Для запобігання їх використовують спеціальні фартухи.

При збиранні нерідко трапляються втрати подрібненої маси від деякої різниці в поступальній швидкості комбайна і транспортного засобу. Тому розробляються пристрої для синхронізації руху машин в збирально-транспортному комплексі.

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 [9].

Таблиця 2.1 - Характеристика травостою [9]

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:	13					
- злакові		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

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.

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

Продукт	Відстань між валками, м	Середня ширина валка, м	Площа профіля валка, м ²	Маса валка	
				погонна, кг/м	об'ємна, кг/м ³
Валки заливних луків (вологість сіна 21-23 %, урожай – 62 ц/га)					
Сіно	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

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).

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

Таблиця 2.3 - Коефіцієнти тертя руху люцерни з валків

Робочі поверхні	Вологість сіна, %	
		31 - 35

Сталь шліфувана	0,46	0,34
Сталь листова покращена	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

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

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.

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.

3.1 Технології заготівлі розсипного сіна

В сільському господарстві України розроблено і застосовується декілька механізованих технологій заготівлі розсипного сіна, які передбачають повне (до вологості не вище 22 %) або часткове (до вологості не вище 45 %) висушування трави в польових умовах.

Найменш досконалою технологією заготівлі розсипного сіна є технологія заготівлі його з копнуванням. Згідно цієї технології [4, 5, 6], траву скошують, а якщо в травостой є бобові трави, то відразу плющать і залишають для прив'ялювання до вологості бобових не нижче 50, а злакових трав – 45 %. Щоб прискорити процес прив'ялювання, траву ворухать, коли вона досягне зазначеної межі вологості, її згрібають у валки, в яких трава досушується до вологості 30 - 35 %. Після чого її укладають в копиці для подальшого висушування. Одержане таким чином сіно завантажують у транспортні засоби, відвозять до місця зберігання і укладають в скирту.

Основним недоліком цієї технології є розтягування строків заготівлі, а це збільшує імовірність попадання прив'яленої трави під опади. Копиці, утворені волокушами або підбирачами-копицеутворювачами, у випадку попадання їх під дощ, легко промокають на значну глибину. Через це після закінчення дощу і висихання поверхневого шару, копиці необхідно розкидати для сушіння, причому розкидати їх необхідно і в тому випадку, коли трава в них сушиться повільно. Це призводить до збільшення затрат праці і механічних втрат. Крім того, заготівля розсипного сіна з копнуванням багатоопераційна, а відтак трудомістка.

Більш досконалою є технологія, згідно якої траву досушують в валках до вологості 20 - 22 %, після чого сіно з валків підбирають і доставляють до місця скиртування.

Підбирання сіна з валків з одночасним завантаженням його в транспортні засоби або копицеутворювач, минаючи копнування, дозволяє

майже в два рази зменшити затрати праці і на третину знизити експлуатаційні витрати на кожну тону сіна [7].

Головним недоліком цієї технології, як і попередньої, є те, що вона передбачає повне висушування трави в польових умовах, а це пов'язане із значними втратами поживних речовин, які можуть досягати 35 - 50 % від вмісту їх в траві [5, 6].

Значно зменшити втрати поживних речовин в порівнянні з технологіями заготівлі сіна польового сушіння дозволяє активне вентилявання. При заготівлі сіна за цією технологією прив'язану до вологості 45 - 35 % траву збирають з поля і досушують в місцях зберігання на спеціально виготовлених повітророзподільниках, шляхом продування через шар трави атмосферного або підігрітого повітря [7, 8].

Скорочення втрат поживних речовин відбувається за рахунок зменшення тривалості перебування трави в полі, та механічних втрат. Зв'язано це з тим, що в цьому випадку траву підбирають ще вологою, і втрати листя при цьому набагато менші, ніж при підбиранні сухої трави. Тому активне вентилявання особливо ефективно при заготівлі сіна із бобових трав. За літературними даними [2, 9] застосування активного вентилявання підвищує поживність сіна на 20 - 30 %.

Найбільш трудомісткою операцією заготівлі сіна з досушуванням активним вентиляванням є укладення трави на досушування. Сформований штабель повинен мати рівномірну щільність і однакову висоту. При недотриманні цього трава висихає не рівномірно, що призводить до утворення осередків цвілі [10].

Необхідно відмітити, що досушування трави вентиляванням атмосферним повітрям є відносно енергоємним процесом, тому що для отримання 1 т сіна з трави, яка має вологість 35 - 40 %, необхідно витратити біля 120 кВт.год. електроенергії [11]. Крім того, цей процес є ефективним при вологості повітря менш ніж 75 - 70 %. Через це добова тривалість ефективного вентилявання в більшості випадків не перевищує 5 - 8 год. Це спричиняє

збільшення тривалості досушування, а відтак і втрат. Для інтенсифікації досушування підігрівають повітря перед його нагнітанням в скирту. Відомо, що підвищення його температури на 1°C знижує відносну вологість на 5 % і відповідно збільшує вологовбирну здатність на $0,25\text{ г/м}^3$.

Для підігрівання атмосферного повітря використовують електрокалорифери, або підігрівачі, які працюють на рідкому паливі (ВПТ-600, ТАУ-0,75, ВПТ-400). Необхідно відмітити, що такий спосіб інтенсифікації досушування є досить енергоємним, через те що приводить до витрачення від 30 до 40 кг нафтопродуктів на тону сухого сіна [11].

В останні роки, з метою зниження затрат енергії на підігрівання повітря, розроблено ряд пристроїв [10, 12, 13], які перетворюють сонячну енергію в теплову. Це дозволяє суттєво збільшити продуктивність сушильного обладнання без додаткових затрат енергії, але через низьку надійність і довговічність, ці пристрої поки що не знайшли широкого розповсюдження. Крім того, при цьому необхідні додаткові будівельні роботи і площі для розміщення сонячних батарей, які перетворюють сонячну енергію в теплову.

Але для південних районів України де багато сонячних днів цей напрямок в технології заготівлі сіна є досить перспективним.

3.2 Технології заготівлі пресованого сіна

Заготівля пресованого сіна вважається одним із прогресивних способів, який отримав широке розповсюдження в багатьох країнах світу. Наприклад в США, об'єм заготівлі такого сіна становить 90 %, в Англії, Франції, Німеччині – 70 - 80 % [14].

Існує декілька технологій заготівлі пресованого сіна, які передбачають пресування його в тюки або рулони. Кожна із технологій включає скошування трави і рівномірне її висушування. При вологості 55 - 45 % траву згрібають в валки і досушують до необхідної, в залежності від застосування тієї чи іншої технології, вологості.

Найбільш розповсюдженими є технології, які передбачають висушування трави в валках до вологості 20 - 22 або 25 - 30 %. В першому випадку траву з валків підбирають і пресують в тюки або рулони, які укладають на зберігання. В другому випадку траву пресують в тюки, щільність яких не перевищує 140 кг/м^3 і залишають в полі на 2 - 3 дні для досушування [15, 16].

Необхідно відмітити, що практикування таких технологій не дає добрих результатів. Прив'ялювання трави в полі до низької вологості призводить до збільшення тривалості заготівлі, а підбирання і пресування трави низької вологості спричиняє збільшення механічних втрат. Досушування тюків в полі подовжує тривалість збирання і збільшує залежність його від погодних умов.

При досушуванні тюкованого сіна активним вентиляванням, траву з валків підбирають при вологості 30 - 35 % і пресують з щільністю 100 - 120 кг/м^3 [5, 16]. Досушують тюки в закритих приміщеннях (сіносковищах) або на відкритих площадках, використовуючи для цього те ж обладнання, що і для розсипного сіна. Важливе значення при цьому має порядок формування скирти [6], тому що при невірному укладанні тюків повітря проходить між ними і вентилявання не дає ефекту. Сіно в тюках зігрівається і пліснявіє.

Цікавим є досвід заготівлі пресованого сіна в коротких тюках довжиною 0,4 - 0,45 м. Щільність пресування таких тюків не перевищує 135 кг/м^3 . Тюки укладають на вентиляційну систему не впритул, а насипом. Це скорочує затрати праці на формування скирти.

Недоліком досушування пресованого сіна є те, що вентиляється, в основному, зовнішня поверхня тюків. Рух повітря в середині тюка незначний. Через це при досушуванні тюкованого сіна спостерігаються випадки появи цвілі в середині тюків. Важко також визначити строк закінчення вентилявання штабеля і готовність його для довготривалого зберігання [17].

Останнім часом розповсюдження одержала заготівля сіна в рулонах з використанням рулонних преспідбирачів з постійною (ПР-Ф-750) і змінною (ПРП-1,6) камерою пресування. Переваги цієї технології перед заготівлею сіна

в тюках заключаються в більш повній механізації заготівлі, зниженні затрат праці і собівартості. Рулонні преси простіші за конструкцією і менш енергоємні, ніж поршневі [18].

Стримуючим фактором більш широкого розповсюдження технології заготівлі сіна в рулонах є низька вологість (17 - 22 %) пресуємої трави. Формування рулонів із сировини, вологість якої перевищує вказану межу, призводить до зниження кормової цінності сіна. Пов'язане це з тим, що досушити активним вентиляванням траву спресовану в рулони на обладнанні, яке використовується для досушування розсипного або пресованого в тюки сіна, є практично неможливим [10, 19].

Заготівля пресованого сіна підвищеної вологості – відносно нове направлення в кормовиробництві. Суть цього способу заготівлі заключається в тім, що для пригнічення життєдіяльності шкідливих мікроорганізмів, які знаходяться в рослинній масі, вносять хімічні препарати (консерванти). Це запобігає псуванню сіна і забезпечує зниження втрат при заготівлі з 27 - 30 % до 15 - 20 % [6, 20].

Технологія заготівлі сіна підвищеної вологості з використанням консервантів включає всі операції, які входять до складу звичайної технології заготівлі пресованого сіна. При цьому їй властиві ряд додаткових операцій, пов'язаних з приготуванням робочого розчину, заправкою агрегату і внесенням його в траву.

Недоліком технології заготівлі хімічно консервованого сіна в рулонах є те, що при підбиранні трави вологістю вище ніж 30 %, дія консервантів може виявитись ненадійною [19, 21].

3.3 Заготівля подрібненого сіна

При заготівлі подрібненого сіна створюються можливості повної механізації робіт, починаючи від скошування і до роздавання корму тваринам.

Операції по скошуванню трави і її сушінні в полі при заготівлі подрібненого сіна аналогічні і здійснюються тим же комплексом машин, що і

при заготівлі розсипного або пресованого сіна. Відмінність заключається в тому, що прив'ялену траву під час підбирання подрібнюють, завантажують в транспортні засоби і доставляють до місця зберігання або досушування. В першому випадку траву подрібнюють при вологості 20 - 25 %, а в другому – 35 - 45 %.

При підбиранні трави вологістю 20 - 25 % її подрібнюють на частки довжиною 0,10 - 0,12 м і закладають на зберігання в бетонованих сховищах. При сіно ущільнюють, герметизують поліетиленовою плівкою і шаром землі [6, 22, 23].

Траншейна технологія заготівлі подрібненого сіна може бути застосована лише для закладання сіна із злакових трав. Що стосується бобово-злакових і бобових, то втрати листя при підбиранні і подачі подрібненої маси в причепи або кузови автомобілів є досить високими. Через це А.М. Дравінінкас і інші [24] вважають, що заготівля подрібненого сіна доцільна при вологості трави 40 - 45 %.

Досушування подрібненої трави здійснюють як на відкритих площадках, так і в сіносховищах хлівного або баштового типів.

Із аналізу технологій заготівлі сіна видно, що розроблено і використовується в сільськогосподарському виробництві значна кількість (більше ніж 10) різноманітних технологій. Але яка б не була між ними різниця, зазначені вище технології можна розділити на дві групи. До першої групи технологій відносяться технології, які передбачають сушіння трав до кондиційної вологості (17 - 18 %) в польових умовах. До другої групи належать технології, згідно яких траву в польових умовах прив'ялюють до вологості 45 - 30 %, а остаточне висушування її здійснюють активним вентиляванням.

3.4 Машини для заготівлі сіна

У господарствах АПК України переважає технологія заготівлі розсипного сіна. Вона нескладна, дає змогу обходитися комплексом більш простих машин. Проте водночас вона має низку істотних вад, основними з

яких є значні затрати праці, особливо ручної, та витрати енергії. Технологія зумовлює значні втрати поживних речовин унаслідок збільшення кількості технологічних операцій. Значна кількість сіна втрачається і з його зберіганням в укладених на землі й нічим не захищених від дії атмосферних чинників скиртах: за даними досліджень, товщина шару тією чи іншою мірою зіпсованого сіна становить: біля землі – до 0,50 м, із боків – 0,10-0,15 і зверху – 0,30-0,50 м [4].

Технологія заготівлі пресованого сіна має вагомі переваги перед технологією заготівлі розсипного сіна: менші польові втрати завдяки скороченню технологічних операцій, менші втрати під час зберігання, оскільки, завдяки більшій щільності маси, її економічно вигідно зберігати в пристосованих приміщеннях (пресоване сіно за об'ємом у 1,5-2,0 рази компактніше, ніж розсипне), менший рівень затрат праці (на 15 – 18 %) та палива (в межах 10 – 40 %), можливість повної механізації технологічних процесів тощо.

У розвинутих країнах основну масу сіна заготовляють у пресованому вигляді: в США – 80-90 %, у Великій Британії і Франції – понад 90 %. В Україні у пресованому вигляді заготовляють незначну кількість сіна – у вигляді малогабаритних паків і рулонів.

Рисунок 3.1 – Роторна косарка ZTR-210 чеського виробництва

Основними технологічними операціями під час заготівлі сіна є скошування трав у покоси чи розширені валки (з плющенням чи без нього),

згрібання ворущіння та перевертання валків, підбирання сіна з валків, перевезення до місць складування і скиртування (у разі заготівлі розсипного сіна) чи підбирання з пресуванням у паки чи рулони й транспортуванням до місць складування.

Рисунок 3.2 – Фронтальна начіпна роторна косарка SM 300
фірми FELLA

Рисунок 3.3 – Причіпна роторна косарка GMS 3200D
фірми JF і схема її роботи

Для скошування трав з одночасним плющенням застосовують самохідні косарки-плющилки типу Е-303, КПС-5Г, КПК-3000 (рис. 3.1) тощо. Згадані

косарки-плющилки різняться потужністю двигуна та шириною захвату жнивarki. Повнота плющення трав косарками-плющилками становить 97-100 %, що відповідає агротехнічним вимогам (не менше 90%). Втрати від зависокого зрізування та не зрізаних рослин становлять 0,6-2 %, що також відповідає агротехнічним вимогам (не більше 2%).

Широко застосовують для косіння трав на сіно навісні, а також причіпні косарки. Як свідчить світовий досвід, останнім часом найбільшого поширення дістали ротаційні косарки, які виробляють типорозмірними рядами з шириною захвату від 1,2 до 5 м та інтервалом у ряді 0,1-0,3 м. Є косарки й з більшою шириною захвату, наприклад, косарка BNG 630 фірми Kuhn – 619 см, косарки моделей „Корто” і „Диско” фірми Claas – до 815 см, „БігМ” фірми Krone – 900 см.

Рисунок 3.4 – Начіпна роторна косарка FC 350G фірми KUHN

Для підвищення продуктивності агрегату та ефективного використання потужності трактора поряд із збільшенням ширини захвату косарки (саме 3-брусна косарка „Корто” чи „БігМ”) широко практикується використання уніфікованих рядів задньонавісних і фронтальних косарок в одному агрегаті.

Косарки можуть обладнуватися валкоутворювачами як пасивними, так і активними, як, наприклад, косарки фірми MVA (Німеччина), Niemejer (Німеччина), Claas (Німеччина), - у вигляді дисків.

Кондиціонери, що застосовують у ротаційних косарках, здебільшого динамічного типу (барабани з шарнірно підвішеними пальцями). Порівняно з

пасивними плющильними апаратами, що застосовуються здебільшого на самохідних косарках-плющилках (ребристі валки), активні кондиціонери є досконалішими: руйнуючи оболонку стебла, вони водночас створюють більш спушений поків чи валок, більш надійні в технологічному плані, менш чутливі до нерівномірності подачі скошеної маси. Водночас їх доцільніше застосовувати на злакових травах. Для бобових трав раціональніше застосовувати косарки з пасивними плющильними апаратами. При цьому для створення більш м'якого режиму роботи й зменшення втрат листя і суцвіть деякі фірми (наприклад John Deere, Krone) застосовують у косарках плющильні апарати з обгумованими валками. Привод робочих дисків майже на всіх косарках здійснюється через зубчасті передачі, розміщені в картері з оливою, на відміну від раніше застосовуваних верхніх карданних і клинопасових передач.

Рисунок 3.5 – Роторні граблі-ворушилки GA 4101 GM

Зазвичай, косарки обладнані запобіжними пристроями для уникнення поломок у разі наїзду на сторонні предмети.

В Україні для косіння трав серійно виготовляють ротаційну косарку КРС-2,0 (КП „Київтрактордеталь”), а також існують розробки інших організацій як ротаційних, так і пальцево-сегментних косарок – КРР-1,8 (ГСКТБ „Львівсільгоспхіммаш”), КР-1 Коростенського заводу шляхових машин, КОН-2,1 ВАТ „Білоцерківсільмаш” тощо. Ширина захвату всіх цих косарок не перевищує 2,1 м.

Рисунок 3.6 – Роторні граблі-ворушилки SP4-141 (а) I SP 4-152 (б)

Рисунок 3.7- Роторні граблі-ворушилки ВОЛЬТО 740 H\HR
фірми CLAAS

Крім того, АТ „Атек” освоєє виробництво самохідних косарок-плющилок КС-5, ВАТ „Червона зірка” – самохідних косарок-плющилок СКП-02. За конструкційним виконанням обидві косарки взагалі аналогічні косарці

Е-303 і різняться одна від одної, здебільшого, приводом робочих органів – механічний у КС-5 і гідростатичний у СКП-02.

Рисунок 3.8 – Розпушування скошеної трави роторною
ворушилкою фірми KRONE

Рисунок 3.9 – Рулонні (а) і тюкові (б) підбирачі фірми KRONE

Для згрібання скошеної маси у валки й для обертання валків задля прискорення їх висихання можуть бути застосовані валкообертачі самохідних косарок-плющилок, граблі універсальні роторні тощо.

Зарубіжні фірми (Kuhn, Fransgaard, Claas тощо) виробляють широкий спектр навісних і причіпних машин для згрібання та ворущіння сіна з шириною захвату в діапазоні: ворущило – від 3 до 8,5 м, валкоутворювачів –

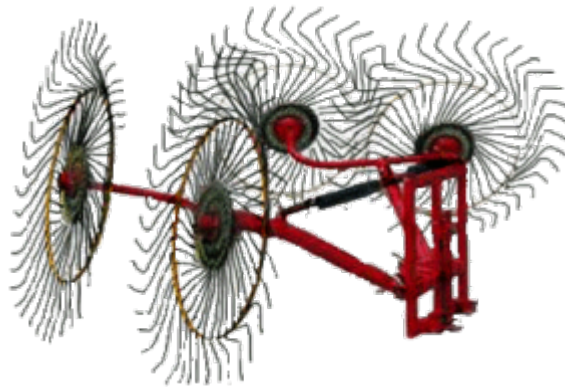


Рисунок 3.10 - Граблі-ворущилка ГВ-3,4



Рисунок 3.11 - Граблі роторні ГР-700П

від 2,6 до 13,5 м. Це машини ротаційного типу, споживана потужність – від 18 до 49 кВт (25-65 к.с.).

У сучасних зарубіжних машинах простежується їх багатофункціональність і універсальність: одна й та сама машина в змозі

згрібати прокоси з утворенням валків, здвоювати чи навіть строювати їх, перевертати, ворушити. Машини є як причіпні та задньонавісні, так і фронтальні. Наявність фронтального здвоювача валків дає змогу значно підняти продуктивність на заготівлі сіна завдяки застосуванню комбінованих агрегатів, до складу яких, наприклад, входить фронтальний здвоювач валків і причіпна машина для підбору валка (прес-підбирач, візок-підбирач).

В Україні для згрібання та ворущіння сіна серійно виробляють граблі універсальні роторні ГУР-4,2 (КП „Київтрактордеталь”), граблі-ворушилки-валкоутворювачі ГЗВ-2,0 та граблі-валкоутворювачі ГВ 00.000 (ВАТ „Завод Львівсільмаш”), граблі-ворушилку SP4-205 (ВАТ „Ковель-сільмаш”). Коротка технічна характеристика цих машин приведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Коротка технічна характеристика вітчизняних машин для згрібання та ворущіння сіна

Показник	ГУР-4,2	ГЗВ-2,0	ГВ 00.000	S34-205
Продуктивність, га/год	3,5	0,8 - 1,6	1,1 – 2,5	4,5 – 4,8
Ширина захвату, м	4,2	1,2	3,3	До 4
Робоча швидкість, км/год	9	До 14	10	15
Агрегатується, клас трактора	1,4	1,4	0,6 – 1,4	0,9 – 1,4

3.5 Заготівля розсипного сіна

Для підбирання валків сіна і заготівлі його в розсипному вигляді можуть застосовуватися різноманітні копнувачі-підбирачі, копицевози, навісні волокуші. Прогресивними та сучаснішими є спеціалізовані візки-підбирачі, які підбирають масу з валків, подрібнюють (у разі потреби) і нагромаджують її у кузові, транспортують до місць складування. Вони можуть застосовуватися для підбирання сіна, пров'яленої трави, соломи.

Такі машини виробляють багато всесвітньо відомих фірм – Claas, Krone, Deutz Fahr (Німеччина), Pottinger (Нідерланди), Case (США) тощо.

Рисунок 3.12 – Візок-підбирач TITAN фірми KRONE

Виготовляються такі машини типорозмір ними рядами з широким діапазоном місткості кузова – від 14 до 50 м³ і більше.

Основні узагальнені показники візків-підбирачів-подрібнювачів деяких фірм наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Узагальнені показники візків-підбирачів-подрібнювачів деяких зарубіжних фірм

Фірма-виробник	Місткість кузова, м ³	Ширина за-хвату підби-рача, м	Довжина різки, мм	Ходова система
Claas, Німеччина	14,6 – 40,0	1,6	45 - 60	Одновісна, тандем
Case, США	14,5 – 43,0	1,55 – 1,65	38 - 230	Одновісна, тандем
Pottinger, Нідерланди	15,0 - 45,0	1,55 – 1,65	40	Одновісна, тандем
Krone, Німеччина	40,0 – 48,0	1,65	40 - 100	Тандем
Massey Ferguson, Вели-ка Британія	37,0 – 47,0	1,60	40	Тандем
Kemper, Німеччина	22,0 – 41,0	1,60	50 - 100	Одновісна, тандем
Hagedorn, Німеччина	22,0 – 50,0	1,60	100-400	Тандем
Deutz Fahr, Німеччина	27,0 – 37,0	1,60	40 - 50	Тандем

Рисунок 3.13 – Візок-підбирач СПРИНТ (а) і КВАНТУМ (б)
фірми CLAAS

Виходячи з одного і того самого функціонального призначення, машини різних фірм за загальним компануванням близькі між собою і різняться лише виконанням окремих вузлів і агрегатів. На загал візки-підбирачі містять такі вузли та агрегати: раму, причіпну сницю, ходову частину, підбирач із подрібнювальним апаратом, кузов, вивантажувальний пристрій. Їх можуть виготовляти з дозувальним пристроєм для роздавання корму в годівниці або ж без нього.

Рама із сницею може бути виконана як одне ціле, але у багатьох модифікаціях вони з'єднані між собою шарнірно. Завдяки цьому з допомогою гідроциліндрів машина може переводитися з робочого положення в транспортне і навпаки.

Ходова частина може бути, залежно від вантажопідйомності машини, одновісна чи двовісна типу „тандем”.

Кузови зварні, дещо звужені донизу, розміри їх залежать від місткості. Можуть мати відкидні або знімні верхні частини бортів. Для запобігання втратам урожаю з переповненням кузова його верхня частина перекрита поздовжніми синтетичними канатами, натягнутими з інтервалом 10-15 см.

Підбирачі з подрібнювальним апаратом навішені в передній частині рами, перед кузовом. Підбирачі – класичної схеми, барабанно-пальцеві. Ширина їх

захвату в різних моделях машин коливається в межах 1,55 – 1,65 м.

Подрібнювальні пристрої сучасних машин переважно барабанного типу, містять барабан із жорстко встановленими ножами чи з ножами, закріпленими на шарнірних граблинах з ексцентриковим приводом, і блок нерухомих ножів, які встановлені в проміжках між рухомими. Ножі на барабані можуть бути встановлені в прямому ряді чи по спіралі для врівноваження навантаження на барабан, як, наприклад, у моделях фірми Case, Krone.

Для запобігання аварійним поломкам подрібнювального апарата кожний нерухомий ніж має свій автономний запобіжний пристрій. Крім того, подрібнювальні апарати мають гідروفіковані пристрої для переведення блоку нерухомих ножів із неробочого положення в робоче і навпаки, завдячуючи чому можна підбирати масу з дальшим подрібненням чи без нього. Ступінь подрібнення маси (середня теоретична довжина різки) у більшості машин відповідно до проектних даних фірм становить 40-50 мм, але в деяких машинах вона має більший діапазон – 38-230 мм у машин фірми Case, 50-100 мм – фірми Kemper, 40-160 мм – фірми Krone.

4 ОПИС ВОРУШИЛКИ І СХЕМА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

Розроблена ворушилка (умовна марка – ВРМ-Ф-7,5) призначена для ворушіння свіжоскошених або підв'ялених трав сіяних та природних сінокосів і розкидання валків після скошування трави валковими косарками.

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	Пневматичні
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 проекту) 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 покришки 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.

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 кормозбиральних комбайнів і т. д. Для підвищення працездатності ворущилки 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 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО АГРЕГАТУ

5.1 Визначення режиму роботи

Склад агрегату : МТЗ-80 + ВРМ-Ф-7,5 (вдосконалені).

Згідно рекомендацій [8, 11] агротехнічні допустимі робочі швидкості руху МТА на згрібанні і ворушінні знаходяться в межах 7 – 10 км/год. В інтервалі агротехнічних допустимих швидкостей руху вибирають передачі трактора виходячи з умови:

$$V_{\min} < V_{T.I} < V_{\max}, \quad (5.1)$$

де V_{\min} і V_{\max} – відповідно мінімальна і максимальна агротехнічно допустима робоча швидкість;

$V_{T.i}$ – теоретичні швидкості руху на інших передачах.

Трактор МТЗ-80 має наступні теоретичні швидкості руху на передачах, які задовольняють вище вказану умову:

$$V_{T.II1} = 7,24 \text{ км/год}; \quad V_{T.IV} = 8,4 \text{ км/год}; \quad V_{T.V} = 10,54 \text{ км/год}.$$

Визначимо приведенний тяговий опір агрегату $R_{пр}$ на вибраних передачах за формулою:

$$R_{пр} = R_M + R_{ВВП}, \quad (5.2)$$

де R_M – тяговий опір робочих агрегатів, які не приводяться в дію від ВВП.

$R_{ВВП}$ – тягове зусилля, яке міг би додатково розвинути трактор за рахунок потужності, що витрачається на приведення в дію робочих органів сільськогосподарських машин через ВВП.

Значення R_M визначаємо за формулою:

$$R_M = K_{v,i} \cdot B_p + G_M \left(f_M + \frac{i}{100} \right), \quad (5.3)$$

де $K_{v,i}$ – питомий опір граблів-ворушилок при рухові на i -тій передачі, кН;

B_p – робоча ширина захвату машини, м ($B_p = 8,0$);

G_M – вага машини, кН;

f_M – коефіцієнт опору перекочування машини;

i – нахил місцевості, % ($i = 2$).

Згідно довідкових даних коефіцієнт опору кочення знаходиться в межах $f_M = 0,06–0,08$. Приймаємо $0,07$. Вага машини ВРМ-Ф-7,5 становить $G_M = 9,31$ кН [8].

Питомий опір сільськогосподарської машини при рухові на i -тій передачі визначають за формулою:

$$K_{v,i} = K_0 [1 + \Delta(V_{p,i} + V_0)] \quad (5.4)$$

де K_0 – питомий опір сільськогосподарської машини при швидкості руху $V_0 = 7$ км/год, кН/м;

Δ - темп приросту питомого опору сільськогосподарської машини при збільшенні робочої швидкості на 1 км/год.;

$V_{p,i}$ – робоча швидкість руху на i -тій передачі, км/год.

Згідно літературних даних $\Delta = 0,02...0,03$. Приймаємо $\Delta = 0,02$. Згідно даних [22] граблі-ворушилки при швидкості руху $V = 7$ км/год. мають питомий опір $K_0 = 0,7-0,9$ кН/м.

Оскільки робоча швидкість машини ще не відома, приймаємо, що вона дорівнює теоретичній швидкості руху трактора.

Визначаємо теоретичний опір вдосконалених ВРМ-Ф-7,5 на вибраних передачах:

$$K_{v,III} = 0,8 [1 + 0,027(7,24 + 7)] = 0,8 \text{ кН/м};$$

$$K_{V.IV} = 0,8 [1 + 0,02 (8,4 + 7)] = 0,82 \text{ кН/м};$$

$$K_{V.V} = 0,8 [1 + 0,02 (10,54 + 7)] = 0,86 \text{ кН/м}.$$

Підставивши значення питомого опору в формулу (5.4), отримаємо опір коченню машини на вибраних передачах:

$$R_{M.III} = 0,8 \cdot 6,0 + 9,31 (0,07 + 2/100) = 5,64 \text{ кН};$$

$$R_{M.IV} = 0,82 \cdot 6,0 + 9,31 (0,07 + 2/100) = 5,76 \text{ кН};$$

$$R_{M.V} = 0,86 \cdot 6,0 + 9,31 (0,07 + 2/100) = 5,98 \text{ кН}.$$

Визначимо тягове зусилля, яке міг би додатково розвинути трактор за рахунок потужності, що витрачається на приведення в дію робочих органів граблів-ворушилок через ВВП за формулою:

$$K_{ВВП} = \frac{3,6 \cdot N_{ВВП} \cdot \eta_{тр}}{V_p \cdot \eta_{ВВП}} \quad (5.5)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність, що витрачається на приведення в дію робочих органів сільськогосподарських машин через ВВП, кВт;

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії трактора, $\eta_{тр} = 0,92$;

$\eta_{ВВП}$ – ККД ВВП трактора, $\eta_{ВВП} = 0,95$;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год.

Згідно даних [24] потужність, що витрачається на приведення в дію робочих органів ВРМ-Ф-7,5 через ВВП трактора становить $N_{ВВП} = 15$ кВт. Так як робоча швидкість ще не відома, підраховуємо значення $R_{ВВП}$ для всіх вибраних передач за формулою (5.5):

$$R_{ВВП.III} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot 0,92}{7,24 \cdot 0,95} = 7,2 \text{ кН};$$

$$R_{\text{ввп.ІУ}} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot 92}{8,4 \cdot 0,95} = 6,2 \text{ кН};$$

$$R_{\text{ввп.У}} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot 92}{10,54 \cdot 0,95} = 4,96 \text{ кН.}$$

Підставивши відповідні мінімальні і максимальні значення показників $R_{\text{ввп}}$ і $R_{\text{м}}$ в формулу (5.4), отримаємо:

$$R_{\text{ТР.ІІІ min}} = 5,64 + 7,2 = 12,84 \text{ кН};$$

$$R_{\text{ТРІУ,У}} = 5,76 + 6,2 = 12,84 \text{ кН};$$

$$R_{\text{ТР.У max}} = 5,9 + 4,94 = 10,86 \text{ кН.}$$

Робочу швидкість агрегату визначаємо по формулі:

$$V_p = V_i \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (5.6)$$

де δ - коефіцієнт буксування рушіїв трактора, %.

Для колісних тракторів коефіцієнт буксування рушіїв визначається за формулою:

$$\delta = \frac{A \cdot P_{np}^2}{\lambda \cdot g \cdot M \cdot N_H} \quad (5.7)$$

де δ - коефіцієнт буксування, в частках одиниці;

A – емпіричний коефіцієнт, $A = 1,08$ [39];

N_H – номінальна потужність двигуна, Вт.

$\lambda = 0,7$ - коефіцієнт використання трактора;

M – маса трактора, кг.

$$\delta_{k.\min} = \frac{1,08 \cdot 12840^2}{0,7 \cdot 9,8 \cdot 3400 \cdot 59000} = 0,13;$$

$$\delta_{k.IY} = \frac{1,08 \cdot 11960^2}{0,7 \cdot 9,8 \cdot 3400 \cdot 59000} = 0,11;$$

$$\delta_{k.\max} = \frac{1,08 \cdot 10860^2}{0,7 \cdot 9,8 \cdot 3400 \cdot 59000} = 0,09.$$

Підставивши отримані значення δ_k у формулу (5.6), отримаємо:

$$V_{p.\min} = 7,24 \left(1 - \frac{13}{100} \right) = 6,29 \text{ км/год.}$$

$$V_{p.IY} = 8,4 \left(1 - \frac{11}{100} \right) = 7,5 \text{ км/год.}$$

$$V_{p.\max} = 10,54 \left(1 - \frac{9}{100} \right) = 9,59 \text{ км/год.}$$

Визначаємо правильність розрахунків складу агрегату і режимів його роботи, підрахувавши коефіцієнт використання тягового зусилля трактора по формулі:

$$\eta = \frac{R_{\text{нpi}}}{P_{\text{гак}}}, \quad (5.8)$$

де $P_{\text{гак}}$ – величина тягового зусилля на гаку трактора, кН.

Для трактора МТЗ-80: $P_{\text{гак.III}} = 14,0$ кН; $P_{\text{гак.IV}} = 14,0$ кН; $P_{\text{гак.V}} = 11,5$ кН [24].

$$\eta_3 = \frac{12,84}{14} = 0,92;$$

$$\eta_4 = \frac{11,96}{14} = 0,85;$$

$$\eta_5 = \frac{10,86}{11,5} = 0,94.$$

Визначений режим роботи враховуємо при подальших розрахунках технологічних показників роботи агрегату.

5.2 Розрахунок опорних коліс роторів

Ротори ворушили 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:

$$Q = 0.863 \sqrt[3]{\frac{G^4}{qbd^2}}, \quad (5.9)$$

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 (5.9) визначаємо мінімальний діаметр колеса

$$d = \sqrt[3]{0.86^3 \frac{(G/4)^4}{q \cdot b \cdot Q^3}}, \quad (5.10)$$

$$d = \sqrt[3]{0.86^3 \frac{(2000/4)^4}{4 \cdot 10^6 \cdot 0.1 \cdot 130^3}} = 0.214 \text{ м.}$$

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

Розрахуємо необхідний діаметр осі, на яку кріпитиметься опорне колесо .

На вісь колеса у небезпечному перетині діє згинальний момент:

$$M_B = R_\Gamma \cdot l_B, \quad (5.11)$$

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 [15]:

$$d_B \geq \sqrt[3]{M_B / 0.1[\sigma]}, \quad (5.12)$$

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

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

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

Визначаємо значення розрахункового крутного моменту M_P за формулою [15]:

$$M_P = \frac{9740N \cdot K_E}{n}, \quad (5.13)$$

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

n - частота обертів вала, $n = 511$ хв⁻¹;

K_E - коефіцієнт експлуатації,

$$K_E = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, [15].$$

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 [15] приймаємо ланцюгову муфту з кроком 25,4мм з числом зубів $z = 12$, ланцюг ПР 25,4-6000 згідно ДСТУ 13568-94, номінальний крутний момент муфти 250 Нм.

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.

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

Вихідні дані з попереднього розрахунку: діаметр вала $d = 35$ 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 сталевих з'єднаннях вала і маточини

$$[\sigma]_{3M} = 150 \text{ Н/мм}^2; \quad [\tau]_{3P} = 90 \text{ Н/мм}^2;$$

Умова міцності на зминання [15]

$$\sigma_{3M} \approx \frac{4,4M_{KP}}{l_P \cdot d \cdot h} < [\sigma]_{3M}, \quad (5.14)$$

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

Умова міцності на зріз [15]

$$\tau_{3P} \approx \frac{2M_{KP}}{l_P \cdot d \cdot b} < [\tau]_{3P}. \quad (5.15)$$

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

Умови міцності шпонки на зріз і зминання забезпечені.

5.5 Вибір підшипників кочення валів приваду роторів

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

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

Номінальна довговічність роботи підшипників в мільйонах обертів визначаємо по формулі [15]:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (5.16)$$

де p – показник степені, $p = 3$ [15];

C – динамічна вантажопідйомність, $C = 22,9$ кН [15];

P – еквівалентне навантаження.

$$P = V \cdot F_r \cdot K_\delta \cdot K_m, \quad (5.17)$$

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 [15]

$$L_n = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n_2}. \quad (5.18)$$

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

Номінальна довговічність підшипників 100 тис. год. [15]. Умови вибору підшипників виконуються, вибираємо підшипник 1210.

5.6 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 роз приділені по контактній поверхні навантаження (рис. 5.1).

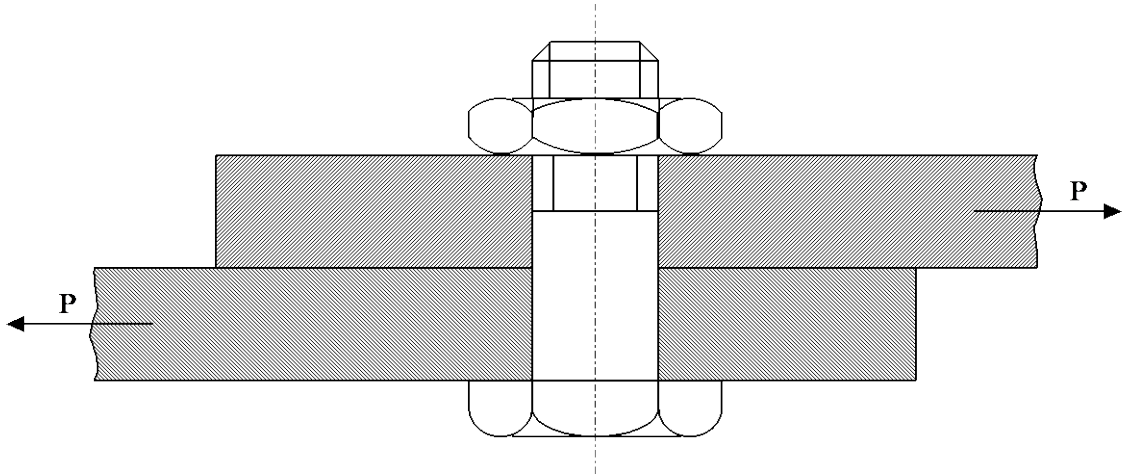


Рисунок 5.1 - Схема болтового з'єднання

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:

$$\tau = \frac{Q}{F}, \quad (5.19)$$

де τ - навантаження зсуву;

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

Діаметр болта визначаємо по формулі [15]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (5.20)$$

де $[\tau]$ - допустиме навантаження при зсуві, $[\tau] = 100$ МПа [15].

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

Перевіряємо болт на міцність по формулі [23]:

$$\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau], \quad (5.21)$$

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

Умови міцності виконані, вибираємо болт М16.

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

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗАГОТІВЛІ СІНА

6.1 Загальні питання

Машинно-тракторні парки (МТП) мають певну кількість тракторів, автомобілів, сільськогосподарської техніки і іншого обладнання, які розташовані на їх території. Також на території МТП знаходяться ремонтна майстерня, зварювальна дільниця, кузня, криті майданчики, гаражі, складські приміщення, асфальтовані не криті майданчики, естакади і інші споруди і приміщення. Така велика кількість обладнання і споруд вимагає чіткої організації охорони праці. Для цього проводять навчання з охорони праці для керівників підрозділів, інструктажі з техніки безпеки індивідуально для кожного працюючого. Видаються індивідуальні засоби захисту.

Враховуючи, що МТП має багато споруд, то всі вони обладнуються блискавкозахистом, а також укомплектованими пожежними щитами. Також у кожній споруді є укомплектована інженером з охорони праці медична аптечка.

Усі сільськогосподарські машини на МТП застарілі, а тому забруднюють навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) шкідливими викидами, а матеріали, які застосовують при експлуатації і технічному обслуговуванні не завжди безпечні і нешкідливі для людей [19].

Державним стандартом ДСТУ 12.2.019-96 і санітарними правилами №4282-87 регламентовані вимоги до конструкції тракторів, самохідних та інших сільськогосподарських машин (обладнання машин приладами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями, інструментом і документацією), до статичної стійкості машин, гідро- і пневмопристроїв, робочого місця оператора, органів керування та інших елементів конструкції від яких залежать умови праці і безпека оператора [19].

Стандартами нормуються зусилля, що прикладаються до органів керування машинами. Наприклад: при дії ногами вони коливаються у діапазоні 60-200Н; при дії руками – 30-200Н [19].

До роботи допускають лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, що тривалий час не працювали, допускають до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки роботи всіх органів. Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тим трактором, що зазначений у заводській інструкції машини.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальністю (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані (за ДСТУ 12.0.004-94) механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори мають бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом [19].

На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу.

Основними причинами травматизму на МТП є:

1. Не дотримання вимог техніки безпеки.
2. Перебування на робочому місці у нетверезому стані.
3. Відсутність попереджуючих і забороняючих знаків і табличок.
4. Відсутність нової нормативно-технічної літератури.

На МТП розроблені плани-схеми розміщення автомобілів, тракторів, самохідних сільськогосподарських машин та інших технічних засобів механізації на спеціальних майданчиках, під навісами, у боксах тощо. Розроблений і затверджений план розміщення автомобілів із визначенням черговості й порядку евакуації під час пожежі. Впроваджені чергування водіїв у нічний час, вихідні й святкові дні, а також порядок зберігання ключів від систем запалювання. Стоянки автомобілів забезпечені буксирними канатами або штангами з розрахунку один пристрій на десять автомобілів [19].

Забороняється захарашувати приміщення і відкриті майданчики для стоянки автомобілів різними предметами і обладнанням.

Ремонтні майстерні, пункти технічного обслуговування та інші виробничі дільниці, де ремонтують і обслуговують сільськогосподарську техніку, обладнують засобами гасіння пожеж, а також на спеціальних щитах вивішують списки пожежних підрозділів, інструкції з пожежної безпеки.

Для запобігання пожежам і вибухам не допускається виникнення іскор. Підлогу влаштовують неспалиму, а все електричне обладнання у герметичному виконанні.

МТП має у достатній кількості ємностей з піском і пожежний резервуар для гасіння пожеж. Також є укомплектовані пожежні щити.

Не допускається розміщувати поряд із закритими стоянками техніки ковальські, термічні, зварювальні, фарбувальні та деревообробні відділення майстерень і машинних дворів.

Забороняється:

- встановлювати на відкритих майданчиках технічні засоби більше встановленої норми, утримувати автомобілі і трактори із не справними паливними системами, відкритими горловинами паливних та гідравлічних систем;
- зберігати паливо, за винятком палива, що міститься в баках паливної системи;
- залишати автомобіль або тракторний причіп з вантажем;
- заправляти поза встановленим місцем паливом трактори, автомобілі та інші технічні засоби;
- зберігати порожню тару від палива або інших горючих та легкозаймистих рідин;
- застосовувати відкриті джерела вогню для розігрівання двигунів, редукторів та інших систем;
- залишати у автомобілях і тракторах промаслені ганчірки;
- залишати автомобіль із увімкненим запалюванням.

Трактори, автомобілі та інша техніка мають надходити у майстерню із злитим паливом.

Забороняється застосовувати горючі і легкозаймисті рідини для миття деталей.

6.2 Правила техніки безпеки при виконанні робіт

Особливістю умов праці механізатора в сільськогосподарському виробництві являється те, що велику кількість польових робіт вони виконують на значній відстані від центральної садиби і бригадних станів. В таких умовах важко проконтролювати виконання техніки безпеки працівниками, важко надати своєчасну медичну допомогу в разі такої необхідності. В зв'язку з цим підвищується особиста відповідальність механізатора за безпечне проведення робіт, яка повинна базуватися на знанні правил охорони праці і безпечної експлуатації кожного конкретного агрегату на будь-яких сільськогосподарських роботах.

Основні вимоги техніки безпеки при виконанні механізованих робіт заключаються в наступному:

6.1. Технічний стан трактора і сільськогосподарських машин повинен відповідати вимогам заводських інструкцій і агрегат повинен бути укомплектованим набором справного інструмента і пристосувань в відповідності з заводською інструкцією.

6.2. Трактор має бути обладнаним справним іскрогасником і первинними засобами пожежогасіння.

6.3. Важелі управління машинами повинні мати рукоятки із нетеплопровідного матеріалу.

6.4. На захисних огородженнях, а також біля вузлів сіноворушилки, небезпечних для обслуговуючого персоналу (ротор ворушилки і вузли і деталі, які обертаються), повинні бути зроблені написи, які попереджують про небезпеку.

6.5. Частини машини, які рухаються і обертаються (карданні, пасові передачі і т.ін.) повинні бути огорожені захисними кожухами, які забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу.

6.6. Захисні кожухи повинні бути пофарбовані в колір, який відрізняється від загального фарбування машини. Внутрішня поверхня таких кожухів повинна бути пофарбована в червоний колір.

6.7. Кабіна трактора повинна відповідати таким вимогам:

1). Переднє, заднє, бокове скло не повинне мати тріщин і затемнень, які погіршують видимість. Встановлення непрозорих матеріалів замість скла забороняється.

2). Бокове скло при наявності склопід'ємних механізмів повинне легко і плавно опускатися, підніматися і фіксуватися в визначеному положенні.

3). Склоочисники повинні легко переміщатися, забезпечуючи повне очищення скла.

4). Замки дверей кабіни повинні бути справними, виключаючи можливість їх самовільного відкривання під час руху.

5). На подушці і спинці сидіння не допускаються провали, виступаючі пружини і гострі кути. При наявності на тракторі регулюємого сидіння воно повинне фіксуватися в визначеному положенні (при ремонті або заміні сидіння і спинок змінювати їх розміри і форми забороняється).

6). Щитки контрольно-вимірювальних приладів повинні бути освітлені.

7). На полу кабіни повинен лежати гумовий килимок.

8). В місці проходження важелів і педалей повинні бути передбачені конструкцією чохли, які запобігають проникненню пилу в кабіну.

6.8. Двигун не повинен мати протікання палива, масла і води, пропуску вихлопних газів в з'єднаннях вихлопного колектора з двигуном і вихлопною трубою. Лопаті вентилятора повинні бути пофарбовані в колір, який відрізняється від кольору пофарбування двигуна.

6.9. Важелі механізмів пускового двигуна повинні легко і надійно переключатися. Пусковий шнур для ручного запуску двигуна повинен мати рукоятку.

6.10. Технічний стан електрообладнання повинен забезпечувати нормальну роботу стартера, приладів освітлення, сигналізації і електричних контрольних приладів, а також виключати можливість виникнення іскри і втрат струму в дротах і клемах. Електропроводка повинна бути захищена від механічних пошкоджень, а поблизу нагрітих частин двигуна і в місцях, де можливе попадання на неї мастил і палива, повинна бути надійно захищена.

6.11. Акумуляторні батареї повинні знаходитись в місцях, які передбачені інструкцією, надійно закріплені, закриті кришкою і не мати протікання електроліта.

6.12. Технічний стан рульового управління трактора повинен забезпечити легке, надійне і безпечне керування. З'єднувальні пальці тяг повинні бути зашпінтовані стандартними, не бувшими в використанні шпінтами.

6.13. У рульового управління колісного трактора не допускається:

- а) ослаблення кріплення рульової колонки;
- б) ослаблення кріплення рульової сошки на її валу;
- в) несправність повздовжньої і поперечної рульових тяг і їх деталей (згин, тріщини, пошкодження різьби, пробок і наконечників, злому або відсутності шпінтів і т. ін.);
- г) люфт рульових тяг вище вказаного заводом-виготовником;
- д) вільний хід рульового колеса більше 15° .

6.14. З'єднувальні шланги гідросистеми повинні бути надійними і не допускається протікання масла.

6.15. Агрегат повинен бути забезпечений медичною аптечкою.

6.16. Питний бачок або термос, який є на тракторі, повинен щодня заповнюватися питною водою.

6.17. Перед початком руху агрегата необхідно впевнитися, що попереду немає людей, потім подати попереджувальний звуковий сигнал і зрушити з місця.

6.18. Всі кріпильні роботи, очищення, змащення треба виконувати після зупинки трактора і виключення передачі до ротора, який обертається.

6.19. Забороняється лежати, відпочивати на ділянках, де працюють ворушилки і сінозбиральні агрегати, перевозити людей і сторонні вантажі на вузлах сіноворушилки.

6.20. Під час обслуговування машини вона повинна займати стійке положення. Під колеса трактора встановлюються упори, а під націплену сіноворушилку ставлять козли або спеціальні підставки, які пройшли попереднє випробування на вантажопід'ємність.

6.21. Підтягування болтових з'єднань, операції по регулюванню виконують тільки справним інструментом.

6.3 Правила пожежної безпеки

Основні правила пожежної безпеки заключаються в наступному:

1. Необхідно постійно слідкувати за наявністю справних протипожежних засобів: вогнегасника, двох лопат, і двох швабр, які встановлені на комбайні в окремих місцях (вогнегасник закріплено на бункері, лопати – на внутрішній стороні драбини, а швабри – на жатці).

2. Слід своєчасно очищати від намотаної рослинної маси вали, шківів, зірочки, і інші частини комбайна, які рухаються.

3. Необхідно не допускати протікання з системи живлення і змащення, з гідравлічних систем. Своєчасно усувати підтікання мастил і палива, що виникають.

4. Своєчасно необхідно змашувати підшипники і інші частини комбайна, що обертаються, не допускати надмірного їх нагрівання.

5. Систематично перевіряйте справність електрообладнання і проводки, очищуйте їх від пилу, бруду і рослинної маси. При кожній зупинці двигуна від'єднуйте акумуляторну батарею від електромережі комбайна за допомогою вимикача „маси”.

6. Очищення паливопроводів і трубок гідросистеми, що забилися, необхідно проводити при виключеному двигуні і після того, як двигун і інші частини комбайна охолонуть.

7. При буксуванні запобіжних муфт необхідно терміново зупинити комбайн, виключити двигун і усунути причину, яка викликала буксування.

8. При необхідності тривалого ремонту комбайн треба вивести з поля на відстань не менше 30 м і зорати навколо комбайна смугу шириною не менше 4 м.

9. Щоб зняти електростатичні заряди необхідно закріпити на лівому кронштейні кожуха вентилятора молотарки у трафарету „заземлити” на спеціально встановлену скобу відрізок роликового ланцюга довжиною 550 - 600 мм з числа тих ланцюгів, які є в господарстві і відпрацювали свій строк.

10. Заправку паливного бака треба проводити за допомогою заправочних агрегатів при непрацюючому двигуні на дорозі або на зораному полі.

11. Запас паливо-мастильних матеріалів допускається зберігати на полі в закритих ємностях на відстані не менше 100 м від скірт, тюків. Місце зберігання повинно бути оборане смугою не менше 4 м.

12. В випадку загорання бензину або дизельного пального вогонь необхідно засипати піском або землею, накрити мокрим рядном або брезентом. Заливати вогонь водою категорично забороняється.

13. Всі механізатори повинні бути навчені на випадок виникнення пожежі і знати, як викликати пожежні служби.

16. Необхідно строго дотримуватись наступних правил:

- не паліть, не проводьте зварювальні роботи, не застосовуйте всі види відкритого полум'я на комбайні під час роботи і в зоні на відстані менше 30 метрів від них;
- не залишайте заповнений сіном транспортер на час тривалих зупинок;
- не спалюйте пожнивні залишки ближче 200 метрів від масивів;

- не застосовуйте відра і інші відкриті ємності для заправки паливних баків;
- не починайте збиральних робіт, якщо відсутній трактор з плугом для швидкого оборювання непередбаченого вогнища пожежі;
- не працюйте на комбайні з не відрегульованими системами живлення і запуску двигуна, а також при відсутності на двигуні капота і протипожежних екранів;
- не працюйте з невідрегульованими привідними пасами, які допускають пробуксовку.

Представлені вище заходи можуть бути використані при проведенні інструктажів з обслуговуючим персоналом перед початком заготівлі сіна в господарстві.

7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Розрахунок економічної ефективності від застосування в господарстві удосконаленої технології заготівлі сіна з використанням розробленої роторної сіноворушилки проводимо по відомій методиці в порівнянні з існуючою технологією і 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.	2,8	6,24
Питомі витрати палива, кг/га	3,36	1,24
Вартість машини, грн.	35000	47000
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці на процес визначаються за формулою:

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

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

W – продуктивність агрегату, га/год.

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

$$H_6 = \frac{1}{2,8} = 0,36 \text{ люд.год./га}$$

При використанні розробленої сіноворушилки на сушці сіна затрати праці будуть дорівнювати:

$$H_n = \frac{1}{6,24} = 0,16 \text{ люд.год/га}$$

Зниження затрат праці при використанні розробленої машини будуть дорівнювати:

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

$$H_3 = 0,36 - 0,16 = 0,2 \text{ люд.год./га}$$

За сезон при одноразовому укосі при збиранні сіна на площі 80 га, як мінімум проводиться два ворушіння скошеної трави і одне згрібання у валок. Тому за сезон зниження затрат праці становить:

$$H_3^c = 0,2 \cdot 80 \cdot 3 = 48,0 \text{ люд.год.}$$

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 вона становить 291 грн. за зміну (з врахуванням підвищення мінімальної зарплати на 31.12.2023 р. до 6700 грн.) [21]. На 1 га площі оплата праці становить:

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

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

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

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

$$C^1_{об} = \frac{291}{19,6} = 14,8 \text{ грн./га.}$$

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

$$50 \% = 7,4 \text{ грн./га,} \quad 12 \% = 1,8 \text{ грн./га.}$$

І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C^H_{об} = 14,8 + 7,4 + 7,4 + 1,8 = 16,4 \text{ грн./га}$$

На цю суму нараховується 20% за класність (3,3 грн./га) і 51 % соціального страхування та ін.. відрахувань (8,4 грн./га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатора при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{об} = 16,4 + 3,3 + 8,4 = 28,1 \text{ грн./га.}$$

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

$$C^1_{ор} = \frac{291}{43,68} = 6,7 \text{ грн./га}$$

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

$$C_{op} = 14,2 + 2,8 + 7,2 = 24,2 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_a = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}} \quad (7.5)$$

де Ц – ціна машини, грн.;

Д – кількість днів роботи в рік;

К – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для роторних сіноворушилок становить 14,2%. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{35000 \cdot 14,2}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 19,6} = 4,38 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на розроблену сіноворушилку будуть становити:

$$C_{ар} = \frac{47000 \cdot 14,2}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 43,68} = 2,8 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_p = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (7.6)$$

де β - норма річних відрахувань.

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

$$C_{p.б} = \frac{35000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 19,6} = 4,63 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{p.n.} = \frac{47000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 43,68} = 3,0 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{\text{ПММ}} = C_{\text{п}} \cdot V_{\text{га}}; \quad (7.7)$$

де $C_{\text{п}}$ – комплексна ціна 1 кг палива;

$V_{\text{га}}$ – 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 у % 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 51,8 грн./кг. Тоді затрати на паливо-мастильні матеріали при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 51,8 \cdot 3,36 = 174,0 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 51,8 \cdot 1,24 = 64,2 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_6 = 28,1 + 4,38 + 4,63 + 1740 = 211,1 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_n = 24,2 + 2,8 + 3,0 + 64,2 = 94,2 \text{ грн./га.}$$

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

$$E = C_6 - C_n = 211,1 - 94,2 = 116,9 \text{ грн./га.}$$

З врахуванням дворазового укусу при трьохразовому використанні ворушилки економічний ефект за сезон становить:

$$E_c = E \cdot 6 = 116,9 \cdot 6 = 701,4 \text{ грн./га.}$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_v = \frac{116,9 \cdot 100}{211,1} = 55 \%$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 80 га буде становити:

$$E_p = 701,4 \cdot 80 = 56112 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники, які розраховані в проекті, приведені в таблиці 7.2.

Окупність затрат на виготовлення нової сіноворушилки визначається за формулою:

$$E_o = \frac{C}{E_p} \quad (7.8)$$

$$Z_0 = \frac{47000}{56112} = 0,8 \text{ року.}$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Базовий агрегат	Розроблений агрегат
1. Продуктивність, га/год.	2,8	6,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	3,36	1,24
3. Затрати праці, люд.год./га	0,33	0,16
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	211,1	94,2
в т . ч. – оплата праці з нарахуваннями	28,1	24,2
- амортизаційні відрахування	4,38	2,8
- затрати на ремонт і ТО	4,63	3,0
- затрати на ПММ	174,0	64,2
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	701,4
6. Річний економічний ефект, грн..	-	56112
7. Строк окупності затрат на виготовлення нової ворушилки, років		0,8

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. Проведений аналіз показав, що 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.

2. На сьогодні в Україні розроблені і застосовуються різні технології і комплекси машин для заготівлі сіна як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Вибір базової технології і машин та пристосування їх з врахуванням умов господарства дозволить підвищити якість заготівлі сіна і зменшити затрати.

3. Розроблена конструкція роторної сіноворушилки дозволяє покращити не тільки якість роботи машини, а й технологічний процес в цілому. Покращились такі показники як продуктивність агрегату, коефіцієнт використання часу зміни, питомі витрати пального.

4. Розроблені заходи з безпечної експлуатації розробленої машини на заготівлі сіна можуть бути використані при проведенні інструктажу на робочому місці перед початком заготівлі кормів.

5. Розроблені в проєкті питання дають економічний ефект 701,4 грн./га., зниження затрат праці за сезон на 48 люд.год. А затрати на удосконалення окупаються протягом першого року впровадження.

6. Розроблені результати дипломної роботи передані в господарство і будуть впровадженні при заготівлі кормів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Губарева В. Як українські фермери змогли подолати виклики, які поставила перед ними війна: попри блекауту та обстріли/ - 13 березня 2023 р. [//https://rubryka.com/article/ukrainian-farmers/](https://rubryka.com/article/ukrainian-farmers/).
2. Лук'янова В. Фермерські тварини в Україні: як війна вплинула на тваринництво <https://opencages.com.ua/blog/vijna-i-fermerski-tvaryny-v-ukraini>.
3. Проблеми тваринництва в умовах війни і післявоєнні наслідки// <https://www.inenbiol.com/index.php/news/606-v-instituti-biologii-tvaryn-naan-vidbuv-sia-kruhlyi-stil-problemy-tvarynnytstva-v-umovakh-viiny-i-pisliavoienni-naslidky>.
4. Україна: ФАО оцінює вплив війни на діяльність малих фермерів// <https://ukraine.un.org/uk/234481>.
5. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник / К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.
6. Карпенко М. Обґрунтування ресурсозберігаючої технології заготівлі стеблових кормів/Техніка АПК. – Київ, № 7, 2000 р.- с. 9–13.
7. Карпенко М., Карпенко В. Перспективна технічна політика в галузі механізації заготівлі стеблових кормів в Україні// Пропозиція. - №4, 2005. с. 116 – 118.
8. Мечта М., Бабинець Т. Ефективний спосіб виробництва високоякісних кормів// Техніка АПК. - № 6-7 (червень-липень), 2006 р. – с. 10-13.
9. 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.
10. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Агробізнес сьогодні. - №10(209) травень 2011. – с. 23-27.
11. 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.

12. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

13. Машиновикористання та екологія докiлля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.

14. 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.

15. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посiбник/ Дніпропетровськ. держ. агр. ун-т. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

16. 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.

17. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

18. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

19. Лешахін С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1990. - 165 с.

20. 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.

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