

**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 проекту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАГОТІВЛІ
СІНА ТА КОНСТРУКЦІЇ ГРАБЛІВ-ВОРУШИЛОК**

Виконав: студент групи МС-4-20

_____ Ченчевич Богдан Юрійович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2023

АНОТАЦІЯ

Ченчевич Б.Ю. Удосконалення процесу механізації заготівлі сіна та конструкції граблів-ворушилок/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 66 с.

Приведено аналіз діяльності господарства та сучасних технологій заготівлі сіна. Проведено аналіз конструкцій машин для ворущіння і обертання скошеної трави, а також патентний аналіз машин для інтенсифікації сушки трав.

Розроблена конструкція вдосконаленої роторної ворушилки, розраховано основні параметри і режим роботи удосконаленого агрегату. Розроблено креслення вузлів і деталей удосконаленої машини.

Приведені заходи по охороні праці при заготівлі кормів. На підставі аналізу стану охорони праці в господарстві розроблено заходи по поліпшенню умов праці.

Проведені розрахунки показали, що дана розробка має економічний ефект 26488 грн. і вона рекомендована для впровадження в виробництво в умовах господарства.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАГОТІВЛІ СІНА.	9
1.1 Загальна характеристика господарства.	9
1.2 Біологічні особливості польового сушіння трав.	10
1.3 Аналіз технологій заготівлі сіна.	12
1.3.1 Технології заготівлі розсипного сіна.	13
1.3.2 Технології заготівлі пресованого сіна.	15
1.3.3 Заготівля подрібненого сіна.	17
1.4 Аналіз способів інтенсифікації польового сушіння трав.	18
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВОРУШІННЯ І ПЕРЕВЕРТАННЯ СКОШЕНИХ ТРАВ.	20
2.1 Класифікація і технічні характеристики машин.	20
2.2 Патентний аналіз.	30
3 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ГРАБЛІВ- ВОРУШИЛОК.	40
4 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ.	42
4.1 Визначення основних конструктивних параметрів робочих органів. .	42
4.2 Розрахунок редуктора приводу ротора.	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	51
5.1 Загальні положення.	51
5.2 Розрахунок засобів індивідуального захисту.	55
5.3 Рекомендації по поліпшенню умов праці.	55
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ.	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	67

В С Т У П

Щоб виробити обґрунтованих 85 кг м'яса та 400 кг молока на душу населення в рік в Україні, потрібно згодувати близько 5 т к. о. на умовну голову, половину з яких слід заготовляти на стійловий період утримання тварин [1]. До війни, яку розпочала росія, в Україні 70% тваринницької продукції вироблялось в особистих підсобних господарствах, а решту у великих і фермерських, яких було понад 40 тис. і за якими виробництво товарної продукції в перспективі.

Для швидкого відновлення поголів'я великої рогатої худоби та насичення продовольчого ринку України вітчизняними молоко- та м'ясопродуктами необхідно, щоб тваринництвом активно зайнялися малі та середні фермерські та інших форм власності господарства, оскільки коштів на відновлення великих тваринницьких ферм немає ні у держави, ні у самих господарників. Проте не кожне, навіть успішне, господарство може знайти кошти на придбання племінного стада та будівництва приміщень ферм. Крім цього, ще потрібно придбати техніку для заготівлі кормів та налагодити їх зберігання, та й для годівлі худоби теж необхідна техніка [2].

Нині ситуація на ринку складається на користь тих, хто займається тваринництвом. В Україні утворюється чималий надлишок зернових, тож ціни на головні складові кормів – пшениця і кукурудза, соя і ячмінь – відчутно впали і далі знижуються. Причина та сама – частково заблоковані морські порти та відсутність обсягів довоєнного експорту. Тому фермери почали нарощувати поголів'я, закупати зернові [3].

«Станом на серпень 2022 року вартість основних зернових інгредієнтів кормів для сільськогосподарських тварин зменшилася на 40% у порівнянні з аналогічним періодом 2021 року та є такою: пшениця фуражна – 4100 грн/т (на 36% менше); кукурудза фуражна – 4700 грн/т (на 33%); ячмінь фуражний –

4000 грн/т (на 35%); соняшниковий шрот – 3000 грн/т (на 70%); соєвий шрот – 14 тис. грн/т (на 22%)» [4].

Для повноцінного раціону ВРХ, крім зернової складової, вкрай необхідні грубі корми, основним з яких є сіно. Обсяги щорічної заготівлі сіна в Україні донедавна становили 8–10 млн т за технологічної потреби близько 17 млн т, тобто потребу в сіні задовольняли на 50–60%. 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 становить близько 30%. Основні технології заготівлі сіна, що тепер застосовують, – це заготівля розсипного сіна та пресованого [5].

У більшості господарств АПК України переважно застосовується застаріла технологія заготівлі грубих кормів, у тому числі сіна, - в розсипному вигляді. Ця технологія нескладна, дозволяє обходитися комплексом більш простих машин. Проте вона має низку суттєвих вад, основними з яких є значні затрати праці (особливо ручної) та енергії. Під час заготівлі сіно втрачає значну частину поживних речовин внаслідок великої кількості технологічних операцій. Багато сіна втрачається і при його зберіганні в укладених на землі та нічим не захищених від дії атмосферних факторів скиртах: за даними досліджень, товщина шару так чи інакше зіпсованого сіна становить: біля землі – до 0,50 м, з боків – 0,10-0,15 м і зверху – 0,30-0,50 м [6].

Для отримання високоякісних кормів, особливо при складних погодних умовах, при заготівлі сіна і сінажу виконуються операції по ворущінню і спушуванню скошених трав, обертанню і розкиданню валків. Для згрібання і ворущіння трав'яної маси найбільше розповсюдження в світовій практиці отримали ротаційні граблі і ворушилки з робочими елементами в формі пружних зубів, закріплених на керованих штангах. Фірми “Stoll”, “Claas”, “Fella”, “Kuhn”, “Krone” і ін. Випускають як спеціальні граблі і ворушили, які виконують або операції згрібання, або ворущіння, так і універсальні машини.

У вітчизняному машинобудуванні для ворущіння і згрібання скошених трав також випускаються роторні граблі-ворушилки. Але їх конструкція і виконання технологічного процесу потребують значного удосконалення і розробки нових технічних рішень.

Метою даного дипломного проекту і є удосконалення процесу механізації заготівлі сіна з удосконаленням конструкції роторної сіноворушилки для підвищення якості заготівлі кормів і продуктивності роботи агрегату.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАГОТІВЛІ СІНА

1.1 Загальна характеристика господарства

Селянське (фермерське) господарство «Нове» (СФГ «Нове») створене 06.05.2001 року та веде свою діяльність вже 22 рік. Запис в Єдиному державному реєстрі № 1219120000000211. Головою СФГ «Нове» з моменту заснування є Серeda Олександр Петрович.

Місцезнаходження СФГ «Нове»: вулиця Центральна, 120, с. Могилів, Царичанський район, Дніпропетровська область, 51040.

КВЕД 01.11 – вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур. В рамках вказаного напрямку діяльності вирощується та реалізується сільськогосподарська продукція: пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник.

Починаючи з 2010 року господарство почало орендувати земельні ділянки (так звані паї) у фізичних осіб-власників земельних ділянок на території Могилівської об'єднаної територіальної громади (ОТГ), Царичанської ОТГ, Новопідкрязької сільської ради Царичанського району, Дмухайлівської сільської ради та Юр'ївської сільської Магдалинівського району. Станом на 2023 рік загальна площа, яку господарство обробляє, складає 2346,9786 га.

Сільськогосподарська діяльність передбачає використання спеціалізованої техніки. Для виконання технологічних процесів використовується наступні види сільськогосподарської техніки та обладнання, що є у власності:

- комбайн Лексіон 670 фірми CLAAS –2 шт.;

- трактор фірми John Deere 8R 310 – 1 шт.;
- культиватор для міжрядного обробітку ґрунту – 1 шт.;
- жатки для збирання кукурудзи і соняшнику – 6 шт.;
- дискова борона EINBOCK TWISTER (Австрія) – 1 шт.

В господарстві щорічно із застосуванням зрошувальних технологій вирощуються сільськогосподарські культури (в основному кукурудза) на площі 1200 га, що значно впливає на підвищення врожаю та валовий збір зерна. Для цього є відповідна сучасна техніка:

- широкозахватні дощувальні машини типу Фрегат – 2ІЕ (Франція) – 5 шт.
- поливні механічні комплекси – 4 шт.;
- дизельні насосні станції – 2 шт.;
- зрошувальні машини «Варіант-Агро» – 4 шт.

Технологічний процес з вирощування сільськогосподарської продукції, а саме пшениці, ячменю, кукурудзи, ріпаку та соняшнику складає повний набір технологічних процесів таких як: обробіток ґрунту, внесення добрив, посів, операції по догляду за посівами – включають в себе підживлення мінеральними добривами, обробіток засобами захисту рослин, збирання тощо.

Для забезпечення технологічного процесу СФГ «Нове» використовує послуги сторонніх організацій для якісного та своєчасного виконання агротехнічних робіт (зокрема послуги по обробітку землі, посіву культур, догляду за посівами, збору врожаю та транспортування врожаю з поля на зернові елеватори.

В господарстві немає власних приміщень для зберігання врожаю, тому вирощена продукція зберігається на елеваторах.

В господарстві планується вирощування великої рогатої худоби. Тому є необхідність розробити технології для забезпечення тваринництва кормами.

1.2 Біологічні особливості польового сушіння трав

Спочатку після скошування в рослинах продовжується нормальний процес обміну речовин. В цей період втрати поживних речовин практично не спостерігаються або якщо вони є, то незначні, і викликані процесом дихання рослин.

По мірі втрати вологи рослинами нормальний обмін речовин змінюється голодним обміном. При швидкому пров'ялюванні трави втрати поживних речовин за рахунок протікання голодного обміну є відносно невеликими і не перевищують 5% сухої речовини. Але в умовах довготривалого голодного обміну втрати можуть досягати значно більших результатів.

Таким чином, в процесі голодного обміну спостерігається не тільки втрата води, але і сухої речовини, яка включає найбільш цінні легко перетравні компоненти. При цьому розміри втрат залежать від тривалості цього періоду.

Головний обмін у скошених рослин триває доти, поки в результаті водного дефіциту не настануть незворотні процеси, пов'язані з відмиранням клітин. Цей процес називають автолізом. Характерним для нього є подальший розпад поживних речовин під дією ферментів. Найбільші втрати сухої речовини в період автолізу спостерігаються при вологості трави рівній 60–35%. Тому з метою зменшення втрат, важливо швидко довести вологість скошеної трави до рівня 35%.

Із збільшенням тривалості сушіння скошеної трави зростає ймовірність попадання її під дощ. Зволоження прив'ялених рослин опадами спричиняє значні втрати поживних речовин від вимивання.

М. Дж. Неш [8] відмічає, що дощ згубно впливає на якість сіна, збільшуючи всі види втрат. Випадання 20 мм дощу спричиняє втрату 20–25% вихідної сухої речовини.

Змочування прив'яленої трави рососою або дощем створює сприятливі умови для розвитку на рослинах різних мікроорганізмів, які попадають на

траву із повітря і ґрунту. Діяльність таких мікроорганізмів, як гнильні бактерії, цвілі знижують поживність сіна і сприяють накопиченню в сіні токсичних речовин.

Сушіння трави в полі пов'язане також і з механічними втратами, які виникають в результаті ворущіння, згрібання, копнування і підбирання прив'яленої трави або сіна. Основну масу механічних втрат складають ніжні частини рослин листя, суцвіття та інші дрібні вегетативні частини, які легко оббиваються і безповоротно втрачаються. Пов'язане це з нерівномірністю сушіння складових частин рослин. Листки, внаслідок особливостей анатомічної будови, значно інтенсивніше віддають вологу, ніж стебла. Внаслідок цього вони стають крихкими і в результаті дії робочих органів машин оббиваються втрачаються. Під час підбирання прив'яленої люцерни при загальній вологості трави 35–37% вологість листків становить 15, а стебел 59%. Науковими дослідженнями встановлено, що у бобових трав, коли листки уже сухі, тобто містять від 15 до 20% вологи, вологість стебел становить 35...40%. Отже, листки у трав раніше, ніж стебла, досягають такої вологості, при якій вони в результаті механічної дії оббиваються. Це призводить до безповоротної втрати частини урожаю.

Механічні втрати перевищують біологічні і в залежності від погоди та виду трави можуть досягти 6–27% маси вихідної сухої речовини. Ці втрати не тільки зменшують збір сіна, але й суттєво впливають на його кормову цінність. Тому, що вміст поживних речовин в листках і стеблах трав є неоднаковими. Наприклад, листки конюшини лучної містять в 2–3 рази більше протеїну, білків і мінеральних речовин, ніж стебла.

Отже, польове сушіння скошених трав супроводжується втратами поживних речовин за рахунок біохімічних процесів, розвитку мікроорганізмів, вимивання опадами. Причому розміри усіх втрат зростають із збільшенням тривалості сушіння. Знизити їх можливо шляхом інтенсифікації цього процесу.

1.3 Аналіз технологій заготівлі сіна

Сіно – один із видів корму в зимних раціонах тварин. В 1 кг якісного лучного сіна містяться всі поживні речовини, необхідні для повноцінної годівлі (0,42 корм. одиниці, 48 г перетравного протеїну, 30 мг каротину), 1 кг сіна із конюшини з тимофіївкою – 0,46 корм. од., 58 г перетравного протеїну, 25 мг каротину [9].

Заготівля сіна – найпоширеніший і найбільш старовинний спосіб консервування трав. За багаторічну історію існування цього способу відпрацьовано ряд раціональних схем, які дозволяють заготовляти сіно в розсипному, пресованому та подрібненому вигляді.

1.3.1 Технології заготівлі розсипного сіна

Розроблено і застосовується декілька механізованих технологій заготівлі розсипного сіна, які передбачають повне або часткове (до вологості не вище 45 %) висушування трав в польових умовах.

Найменш досконалою технологією заготівлі розсипного сіна є технологія заготівлі його з копнуванням. Згідно [6, 7] траву скошують, а якщо в траві є бобові трави, то відразу плющать і залишають для прив'ялювання до вологості бобових не нижче 50 %, а злакових – не нижче 45 %. Щоб прискорити процес прив'ялювання, траву ворують, коли вона досягне зазначеної межі вологості і згрібають у валки, в яких трава досушується до вологості 30–35 %. Після цього її укладають у 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 сушитися повільно. Це призводить до збільшення затрат праці і механічних втрат. Крім того, заготівля розсипного сіна з копнуванням багатоопераційна, а відтак – трудомістка.

Більш досконалою технологією заготівлі сіна 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 стогоутворювач, минаючи копнування, дозволяє майже в два рази зменшити затрати праці і на третину знизити експлуатаційні витрати на кожну тону.

Головним недоліком цієї технології, як і попередньої, є те, що вона передбачає повне висушування трави в польових умовах, а це пов'язане з значними втратами поживних речовин, які можуть досягати 35 – 50 % від вмісту їх в траві [6, 7].

Значно зменшити втрати поживних речовин в порівнянні з технологіями заготівлі сіна польового сушіння дозволяє активне вентилявання. При заготівлі сіна за цією технологією прив'ялену до вологості 35-45 % траву забирають з поля і досушують в місцях зберігання на спеціально виготовлених повітророзподільниках шляхом продування через шар трави атмосферного або підігрітого повітря [9].

Скорочення втрат поживних речовин відбувається за рахунок зменшення тривалості перебування трави в полі та механічних втрат. Зв'язане 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. Згідно даних [7, 9] застосування активного вентилявання підвищує поживність сіна на 20-30 %.

Найбільш трудомісткою операцією заготівлі сіна з просушуванням активним вентиляванням є укладання трави на досушування. Сформований штабель повинен мати рівномірну щільність і однакову висоту. При

недотриманні цієї умови трава висихає нерівномірно, що призводить до утворення осередків цвілі [8].

Необхідно відмітити, що досушування трави вентиляванням атмосферним повітрям є відносно енергомістким процесом, тому що для отримання 1 т сіна з трави, яка має вологість 35–40 %, необхідно витратити біля 120 кВт. год. електроенергії [8]. Крім того, цей процес є ефективним при вологості повітря менш ніж 75–70 %. Через це добова тривалість ефективного вентилявання в більшості випадків не перевищує 8–10 год. Це спричиняє збільшення тривалості досушування, а відтак і втрат. Для інтенсифікації досушування підігривають повітря перед його нагнітанням в скирту. Відомо, що підвищення його температури на 1⁰С знижує відносну вологість на 5 % і відповідно збільшує вологовбірну здатність на 0,25 г/м³.

Для підігрівання атмосферного повітря використовують електрокалорифери, або підігрівачі, які працюють на рідкому паливі (ВПТ-600, ТАУ-0,75, ВІТГ-400). Необхідно відмітити, що такий спосіб інтенсифікації досушування є енергомістким через те, що приводить до витрачання від 30 до 40 кг нафтопродуктів на тону сіна [8].

В останні роки з метою зниження затрат енергії на підігрівання повітря, розроблено ряд пристроїв [9], 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.

1.3.2 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 %, а в Англії, Франції, Німеччині – 70–80 % [6, 9].

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 у 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 досушування [9].

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 призводить до збільшення механічних втрат, досушування тюків в полі подовжує тривалість збирання і збільшує залежність його від погоди.

При досушуванні тюкового сіна активним вентиляванням, траву з валків підбирають при вологості 30-35 % і пресують з щільністю 100–120 кг/м^3 [10].

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, тому що при неправильному 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 вентилюється 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 довгострокового зберігання [11].

Останнім часом одержала розповсюдження заготівля сіна в рулонах з використанням рулонних прес-підбирачів з постійною (ПР-Ф-750) і змінною (ПРП-1,6) камерою пресування. Переваги цієї технології перед заготівлею сіна в тюках в більш повній механізації заготівлі, зниженні затрат праці і собівартості. Рулонні преси простіші за конструкцією і менш енергоємні, ніж поршневі [12]. Стримуючим фактором більш широкого розповсюдження технології заготівлі сіна в рулонах є низька вологість (17–22%) підсушеної 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 спресованого в тюки сіна є практично неможливим [13].

Заготівля пресованого сіна підвищеної вологості – відносно нове направлення в кормовиробництві. Суть цього способу в тому, що для пригнічення життєдіяльності шкідливих мікроорганізмів, які знаходяться в рослинній масі, вносять хімічні консерванти. Це запобігає псуванню сіна при довгостроковому зберіганні і забезпечує зниження втрат при заготівлі з 27–30 % до 15–20 % [4].

Технологія заготівлі сіна підвищеної вологості з використанням консервантів включає всі операції, які входять до складу звичайної технології заготівлі пресованого сіна. Додатковими є операції по приготуванню робочого розчину, заправці агрегату і внесенні його в траву. Для цього використовується додаткове обладнання, а значить і існують додаткові затрати праці, матеріалів і енергії, що відображається в собівартості продукції. Крім того, при підбиранні трави вологістю вище 30 % дія консервантів може бути малоефективною [13].

1.3.3 Заготівля подрібненого сіна

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 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 підбирають 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 в бетонованих сховищах. При цьому сіно ущільнюють, герметизують поліетиленовою плівкою і шаром землі [4, 7].

Траншейна технологія заготівлі подрібненого сіна може бути застосована лише для закладання сіна із злакових трав. Що стосується бобово-злакових і бобових трав, то втрати листя при підбиранні і подачі подрібненої маси в причепи або кузови автомобілів є досить високими. Через це рекомендується [14] заготівлю подрібненого сіна проводити при вологості трави 40–45 %.

Досушування подрібненого сіна здійснюють як на відкритих площадках, так і в сіносховищах комірною або баштового типів.

1.4 Аналіз способів інтенсифікації польового сушіння трав

Для скорочення тривалості польового сушіння трав, а відтак витрат поживних речовин при заготівлі сіна, розроблено ряд способів інтенсифікації процесу, які можливо розділити на п'ять груп: хімічні, термічні, електричні, механічні та комбіновані. Розроблені способи базуються на таких принципах: зменшення енергії зв'язку вологи із клітинами рослин, створенні сприятливих умов виходу вологи із рослин, ефективного використання сонячного тепла і вологопоглинаючої здатності повітря. Із вказаних способів прискорення сушіння трав в теперішній час найбільшого розповсюдження отримали наступні способи: плющення, кондиціонування, ворущіння та перевертання скошених трав. Через те, що інші способи є досить енергоємними, можуть

спричинити токсичну дію на тварин, зменшують наступну продуктивність сінокосів. Відомо, що по мірі насичення повітря паром, його здатність до поглинання вологи знижується. Тому прискорення сушіння можна досягти в тому випадку, коли трава легко продувається. Покращити аерацію повітря в скошеній траві можливо шляхом її ворухіння та перевертання. Внаслідок цього щільність її укладання зменшується і вона, провітрюючись, інтенсивно віддає вологу. Крім того, недостатньо підсушені рослини переміщуються з нижніх шарів в верхні, що підвищує рівномірність сушіння.

За даними багатьох авторів [6, 9] ворухіння та перевертання скошеної трави є ефективним способом інтенсифікації сушіння, який дозволяє значно прискорити цей процес.

М. Дж. Неш [8] зазначає, що в умовах багатьох країн Західної Європи інтенсивність випаровування вологи із неворушеної трави складає 0,5–1,0 % за годину. Однак якщо траву періодично ворухити або щоб повітря надходило до нижніх шарів, то швидкість сушіння збільшується до 2 % за годину.

Особливо важливого значення ворухіння скошених трав набуває в зонах з вологим кліматом або при нестійких погодних умовах, тому що в цьому випадку основні втрати поживних речовин відбуваються через випадання опадів, а також тривале сушіння трави в полі [13].

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВОРУШІННЯ І ПЕРЕВЕРТАННЯ СКОШЕНИХ ТРАВ

2.1 Класифікація і технічні характеристики машин

Прагнення до підвищення продуктивності, якості технологічного процесу, зниження металоємкості, підвищення надійності, універсалізації і врахування природно-кліматичних умов призвело до створення великої кількості машин для ворушіння, згрібання та перевертання скошених трав, які відрізняються за призначенням, конструктивними особливостями робочих органів, способом агрегування, принципом формування валка та рядом інших відмінних ознак.

За призначенням машини для ворушіння, згрібання та перевертання трав можна розділити на наступні групи: ворушилки, перевертачі валків, поперечні граблі, граблі сіноворушилки [14, 15, 16].

Рисунок 2.1 - Начіпна роторна ворушилка GA300GM фірми KUNN

Ворушилки – машини ротаційного типу, які призначені для ворушіння та розкидання валків скошених трав (рис. 2.1–2.5). Робочими органами ворушилки є ротори, кожен з яких являє собою диск з граблинами, на кінці яких закріплені пружинні зуби. Як правило, ворушилки мають парне число роторів, кожен із яких спирається на ходове колесо. Ротори кожної пари обертаються назустріч один одному. Привід здійснюється від валу відбору потужності трактора. Під час роботи граблини кожної пари роторів здійснюють обертальний рух назустріч одна одній. Зуби граблин захоплюють траву, яка лежить попереду їх, і розкидають її позаду роторів. Подібним чином відбувається розкидання валків.

Рисунок 2.2 - Причіпна двохроторна ворушилка GA731 фірми KUHN

Рисунок 2.3 - Широкозахватна ворушилка ВОЛЬГО 750 фірми CLAAS

Технічні характеристики деяких ворушилок приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики роторних ворушилок

Фірма-виробник	Модель	Ширина захвату	Продуктивність, га/год	Маса, кг	Число роторів
“Солілець-корммаш”	ВРМ-7,5	7,5	9	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” , “Nimevez”	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

Рисунок 2.4 - Роторна ворушилка GF 8501 MH фірми KUHN

Рисунок 2.5 - Роторна ворушилка GA4501GM фірми KUHN в режимі валкоутворення

Обертачі валків призначені для обертання та здвоювання валків трав. В залежності від принципу виконання технологічного процесу обертачі валків можуть бути розділені на такі класи: шнекові, вентиляторні, ротаційні.

Шнекові обертачі валків агрегуються з самохідними косарками-плющилками КПС-5Г, КПС-5Б, Е-302. Складаються вони з рами, підбирача, шнека, валкоутворювача і механізму приводу. При рухові машини вздовж валка підбирач підбирає масу і подає на шнек, який транспортує її в сторону валкоутворювача. Під час транспортування маса перевертається і розпушується.

Ці машини мають малу продуктивність, максимальну в порівнянні з ворушилками або граблями-ворушилками металоємкість, і підвищені втрати найбільш цінної частини трав – листків.

Робочим органом вентиляторних обертачів є встановлений на колісний хід вентилятор високого тиску, який приводиться в дію від валу відбору потужності трактора. Обертання валків здійснюється таким чином. При рухові агрегату вздовж валка потік повітря, створений вентилятором, піднімає його і перевертає. Недоліком цих машин є великі затрати енергії на перевертання та забруднення трави домішками ґрунту.

Поперечні граблі здійснюють процес згрібання грабельним апаратом, який складається з сталевих пружинних зубів, закріплених за допомогою зуботримачів до рами. Під час руху зуби згрібають траву в валки, які утворюються в результаті періодичного піднімання зубів. Переміщення трави, яку згрібають, співпадає з напрямком руху агрегату, а сформований валок розташовується перпендикулярно до його напрямку. Звідки і назва граблів – поперечні.

чеського виробництва

Поперечні граблі використовують для згрібання трави низької урожайності, а також для післязбиральної зачистки полів. Перевагою поперечних граблів є те, що вони можуть формувати валки будь-якої маси (до 4 кг/м) не залежно від урожайності.

В залежності від конструктивних особливостей механізму піднімання грабельного апарату, поперечні граблі можна розділити на дві групи: з приводом від ходових коліс (ГПП-6,0) і з гідроприводом. До останніх відносяться граблі ГП-Ф-16, ГП-Ф-10, ГПП-6,0. В більшості випадків поперечні граблі є причіпними машинами, але бувають і напівначіпні (ГПП-6,0Г, ГП-Ф-6).

Граблі-сіноворушилки є універсальними машинами, які можуть ворушити прокоси трави, їх згрібати, здійснювати перевертання валків або їх розкидання.

a)

б)

Рисунок 2.7 - Колісні граблі SP4-218 (*a*) SOP 5/ SOP 7 (*б*)

чеського виробництва

За принципом виконання технологічного процесу граблі-сіноворушилки можна розділити на такі групи: барабанні, коліснопальцеві, конвейерні і ротаційні.

Робочим органом барабанних граблів-ворушилок є барабан, який складається з 3–5 штанг з пружинними зубами. Зуби, завдяки паралелограмному механізмові, при обертанні барабана зберігають постійний напрямок для запобігання намотування на барабан трави.

Механізм приводу барабана граблів сіноворушилок має реверс, який дозволяє змінювати напрямок обертання барабана. При згрібанні зуби обертаються знизу вгору по ходу трактора, при ворущінні і розкиданні – навпаки.

Ширина захвату барабанних граблів коливається від 1,5 до 3,2 м. Вони мають максимальні в порівнянні з іншими граблями-ворушилками габарити і масу. Крім того, процес їх роботи супроводжується значними механічними втратами. Так, М. Хрїстов, проводячи дослідження по згрібанню люцерни вологістю 45 %, встановив, що втрати сухої речовини від оббивання у колісно-пальцевих граблів становлять 9,8 %, барабанних – 11,5 і ротаційних – 7,8 %.



Рисунок 2.8 - Барабанні граблі - ворущилка ГБУ 6 на ворущінні

Колісно-пальцеві граблі-ворушилки складаються з окремих коліс, які ступінчасто розташовані до напрямку агрегування. Машини цього класу бувають з приводом коліс від контакту їх з ґрунтом і з приводом від валу відбору потужності трактора.

Рисунок 2.9 – Колісно-пальцеві граблі SP 4-204 (Чехія)

Колісно-пальцеві машини з приводом коліс від контакту з ґрунтом прості за конструкцією, добре копіюють рельєф, мають малу металоємкість. Однак, їм властиві значні недоліки. Валок, утворений цими машинами, є скрученим і нерівномірним за масою. Це призводить до нерівномірного сушіння трави. Крім того, відбувається забруднення її ґрунтом, що знижує якість корму.

Оскільки колеса колісно-пальцевих граблів-ворушилок з приводом від валу відбору потужності трактора не контактують з ґрунтом, вони значно менше забруднюють траву. Однак ця перевага досягається за рахунок ускладнення конструкції і збільшення металоємкості. Так маса граблів E-247 становить 730 кг при ширині захвату 2,4 м. Питома металоємкість складає 304 кг на метр ширини захвату при продуктивності 2 га/год.

Робочим органом конвеєрних граблів-ворушилок є дві ланцюгові або клинопасові передачі з закріпленими зубами. Спеціальний механізм забезпечує перпендикулярність зубів до поверхні поля на ділянці горизонтального переміщення і швидкий вихід їх з трав'яної маси при переході через приводні шківни або зірочки.

Машини цієї групи призначені для ворушіння, згрібання, перевертання та розкидання валків. Привід їх робочих органів здійснюється від валу відбору потужності трактора.

Конвеєрні граблі-ворушилки (табл. 2.1), як правило, мають невелику ширину захвату. Пов'язано це з тим, що грабельний механізм цих машин із збільшенням ширини захвату незадовільно копіює поверхню поля. Спроба [22] створити широкозахватну машину СШ-6,5, яка задовільно копіювала б поверхню поля, призвело (табл. 2.1) до значного зростання металоємкості.

Ротаційні граблі-ворушилки, які з'явилися на світовому ринку на початку 70-х років, швидко стали популярними. Спостерігається тенденція до майже повного витіснення цими машинами колісно-пальцевих, барабанних та конвеєрних граблів-ворушилок.

Ротаційні граблі-ворушилки бувають з керованими в процесі роботи пружинними зубами (граблинами) та відцентровими граблинами.

Граблі-ворушилки з керованими граблинами складаються з рами, на якій закріплено один або два ротори. Кожен ротор являє собою диск, який обертається навколо вертикальної осі, яка опирається на колісний хід. До диска радіально кріпиться 8–11 штанг з пружинними зубами. Верхній кінець осі має бігову доріжку, в яку входять кулачки штанг. При обертанні ротора штанги з пружинними пальцями за допомогою кулачкового механізму повертаються із вертикального положення в горизонтальне, і навпаки. В вертикальному положенні пружинні пальці згрібають траву, а в горизонтальному – залишають її і таким чином формують валки.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики конвеєрних граблів-сіноворушилок

Країна, фірма	Модель	Ширина захвату, м	Затрати енергії на привід, кВт	Маса, кг	Продуктивність га/год
Україна, Інститут с.-г. Полісся	СШ-6,5	6,5	11,0	1080	3,6
	СШ-2,7	2,7	5,0	350	1,7
Австрія, "Фогель-Нот"	Maxillit	3,5-4,0	13,0	286	-

Італія, “Лаверда”	F-58	2,1	7,5	220	-
Голандія, “Цвегерс”	PZ-2000	1,9	9,0	190	-
	PZ-24000	2,4	11,0	230	-

Машини цієї групи призначені для згрібання трави в валки та їх перевертання. Хоча і відомі конструкції, які можуть також здійснювати ворущіння. Такою машиною, наприклад, є граблі-ворушилки ГВР-6.

Коротка технічна характеристика граблів-ворушилок з керованими пружинними зубами представлені в таблиці 2.2.

Ротори граблів-ворушилок з відцентровими робочими органами зроблені у вигляді коліс, на ободі яких шарнірно в осьовій площині ротора закріплені пружинні зуби. В неробочому стані вони знаходяться в вертикальному положенні. При роботі виводяться в похиле положення відцентровою силою обертання ротора. Звідки і назва – граблі-ворушилки з відцентровими робочими органами. Ці машини в конструктивному виконанні є найпростішими, мають в порівнянні з іншими типами граблів-ворушилок, найнижчу металоємкість. Питома металоємкість (табл. 2.3) складає 86–127 кг

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики деяких граблів-ворушилок з керованими пружинними зубами

Країна, фірма	Модель	Ширина захвату, м	Маса, кг	Продуктивність, га/год	Кількість роторів	Число штанг на ротрі
	ГВР-6	6	950	7,0	2	8
Франція, “Kuhn”	GA-280	3	260	2,6	1	10
	GA-380GM	4,1	430	5,0	1	10
	GA-731	6,7-7,3	1470	7,0	2	10
Німеччина “Deutz- Fahrz”	KS 1.30	2,9	-	-	1	8
	KS 1.70	3,3	-	-	1	9
	KS 2.60	6,0	-	-	2	9

Німеччина “Claas”	Liner 380S	3,8	-	-	1	9
	Liner 330	3,3	376	-	1	9
	Liner 780L	6,8-7,6	1560	-	2	11

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики граблів-ворушилок з відцентровими робочими органами

Країна, фірма	Модель	Ширина захвату, м	Маса, кг	Продуктивність, га/год	Кількість	
					роторів	пружинних пальців на роторі
	ВЦН-Ф-3	3,3	420	2,6-3,3	2	-
Фінляндія “Tehtsat”	КР-722	7,2	620	8,6	4	8
	КР-420	4,6	470	5,0	2	12
	РН-420	4,8	490	5,0	2	12

на метр ширини захвату. Для порівняння - у колісно-пальцевих граблів ворушилок цей показник дорівнює 140–620 кг/м, барабанних – 100–250, конвеєрних – 100–160 кг/м.

Граблі ворушилки з відцентровими робочими органами якісно виконують технологічний процес на всіх операціях. Вони забезпечують рівномірне розпушування трави при ворущінні, а при згрібанні формують рівномірний за масою валок. Це підвищує якість кормів і дозволяє раціонально використовувати машини.

2.2 Патентний аналіз

Для вибору оптимального напрямку удосконалення конструкції машини для обертання і спущування валків нами проведено патентний аналіз і визначено аналоги і прототипи. Так з метою спрощення конструкції і зменшення пошкоджень рослинної маси розроблено пристрій для обертання валків [17], який складається із рами 1 з колісним ходом, до якої кріпиться підбирач 2 (рис.2.10 і 2.11), встановлений за ним транспортувальний орган в вигляді трикутної платформи 3, яка кріпиться до нього шарнірно з

можливістю повороту відносно осі кріплення за допомогою встановленого на рамі 1 механізму 4 підйому. На платформі 3 розміщені транспортні секції 5-7, направлені під кутом до фронту підбирач 2, причому їх приймальні кінці рівномірно розподілені по його ширині, а вивантажувальні – по краю платформи 3. Транспортні секції 5-7 виконані, наприклад, в вигляді безкінечних стрічок з закріпленими на них пальцями 8.

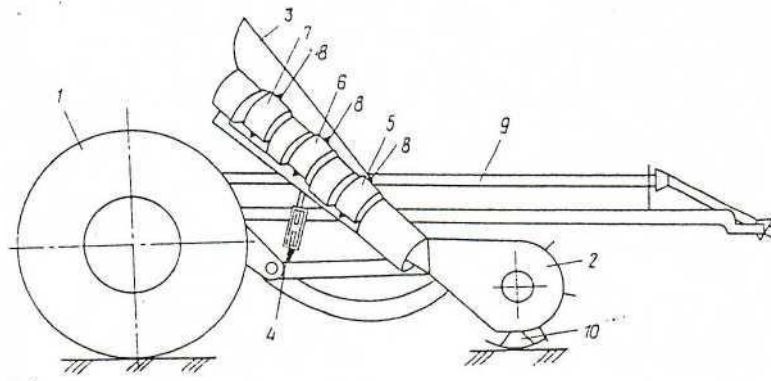


Рисунок 2.10 - Пристрій для обертання валків [17], вид збоку

Привід підбирача 2 і транспортних секцій 5-7 виконується механізмом 9 від валу відбору потужності (ВВП) трактора. Копіювання поверхні ґрунту виконується за допомогою лиж 10.

Пристрій для обертання валків працює наступним чином. Разом з трактором він під'їжджає до валка, механізатор включає ВВП трактора і,

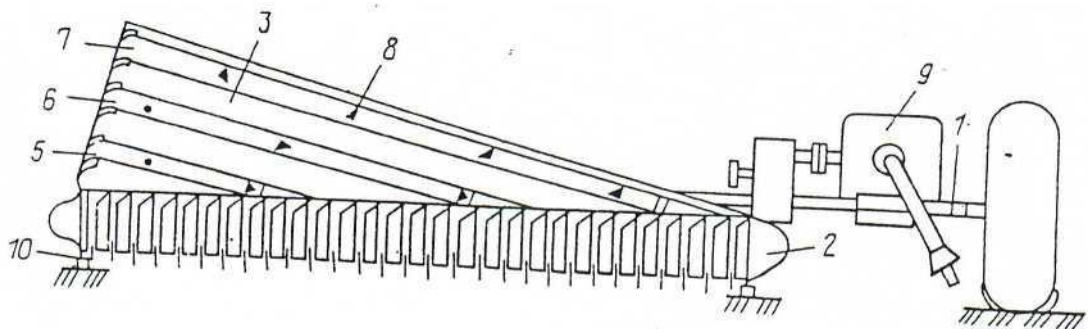


Рисунок 2.11 - Пристрій для обертання валків [17], вид спереду

опустивши попередньо під борщик 2, починає рух. При цьому під борщик 2 відриває валок від стерні і подає на платформу 3, де валок захоплюється

транспортними секціями 5-7 з усієї ширини підбирача 2 до краю платформи 3, при сходженні з якого виконується його повертання на 180° і спущування. За рахунок того, що ліва (в напрямку руху агрегату) сторона валка, попадаючи на задні, наприклад, транспортні стрічки, проходить більший шлях, ніж права сторона валка, по передніх стрічках, а також із-за нахилу площини сходу валка до горизонту, в результаті чого відбувається різна висота падіння сторін валка, ліва сторона валка падає пізніше правої і за рахунок інерції руху укладається на поверхню землі, повертаючись навколо правої сторони. Машина забезпечує оборот валка на кут 180° . Спущування валка досягається за рахунок його деформації при підбиранні і повертанні. Регулювання спущування виконується за допомогою підйому або опускання платформи 3 механізмом 4 підйому.

Відома також причіпна сінозбиральна машина [18], яка містить середню частину рами 1 (рис. 2.12 – 2.15), приєднані до неї поворотні навколо осі *a-a* бокові кронштейни 2, причіпну сницю 3 і центральний редуктор приводу 4 з карданними валами 5 і 6. Знизу кронштейнів 2 закріплені приводні редуктори 7 грабельних коліс 8. До редукторів 7 з можливістю повороту навколо осей у вертикальній площині, приєднані модулі рами 9, а до їх редукторів відповідно модулі рам 10. Модулі рам 9 і 10 містять аналогічні по конструкції редуктори 7 і грабельні колеса 8, з тією тільки різницею, що останні мають протилежні напрямки обертання. Кожне грабельне колесо 8 містить ходову опору 11, колінчаста вісь 12 якої проходить через редуктор 7, і для фіксації має зверху кривошип 13 із підпружиненим фіксатором 14. Верхні частини колінчастих осей 12 мають квадратні наконечники, а фіксатори 14 – кільцеві виточки або бортики 15.

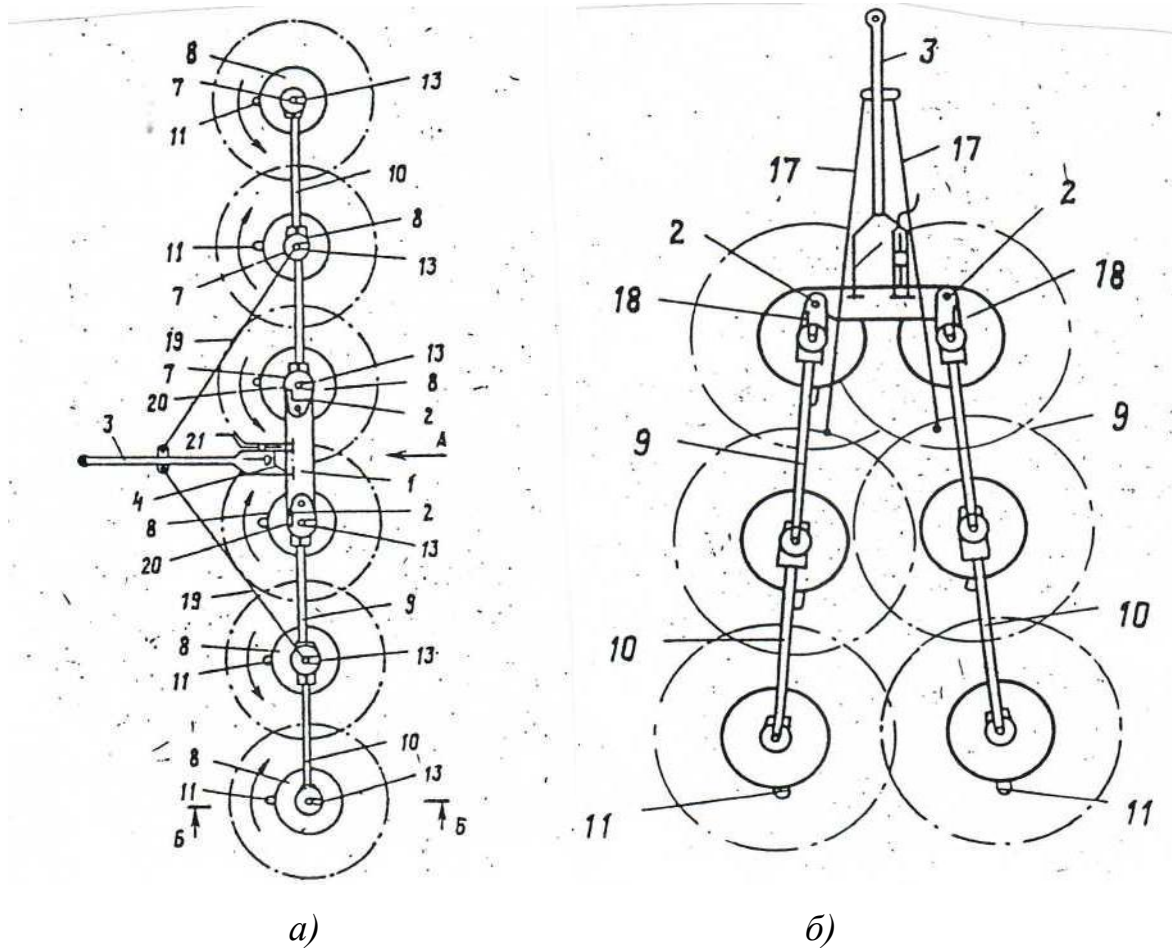


Рисунок 2.12 - Причіпна сінозбиральна машина [18] в робочому (а) і транспортному (б) положенні

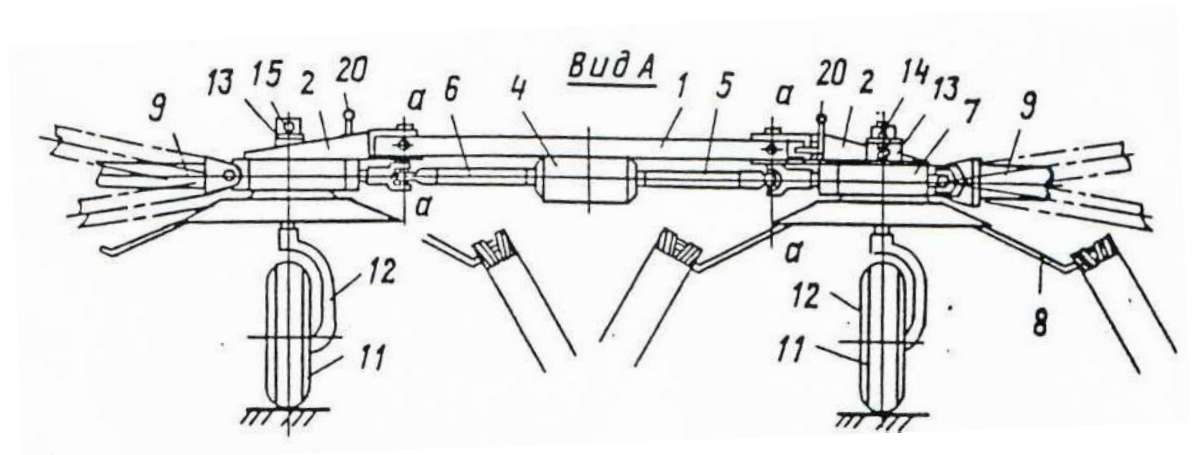


Рисунок 2.13 - Вид А на рис 2.12

Для встановлення ходових опор в переднє, необхідне для ворушіння і захисту робочих органів положення, до машини прикладається один знімальний поворотний важіль 16, в якому є два фігурних отвори – квадратний

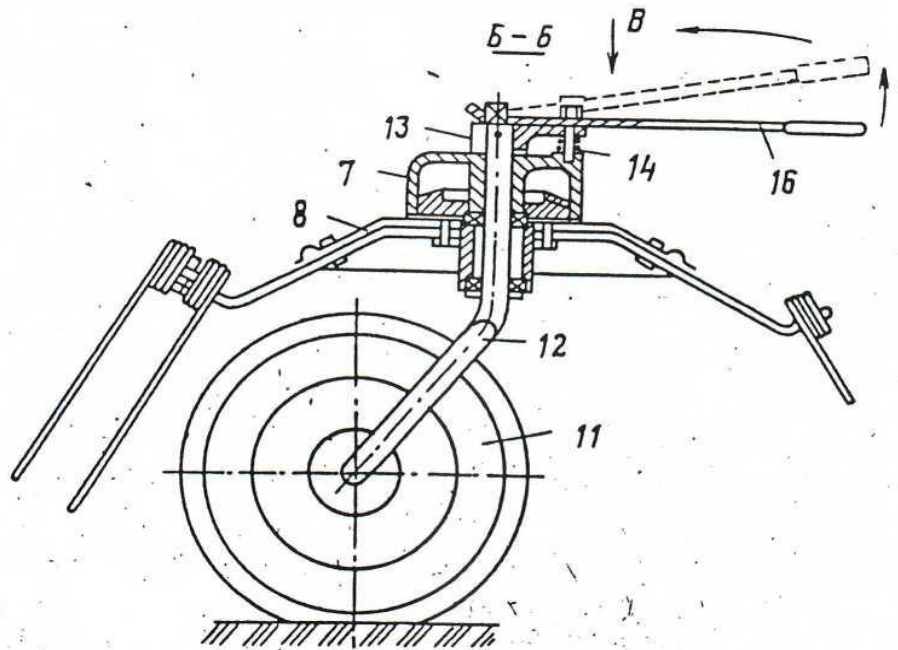


Рисунок 2.14 - Розріз Б-Б на рис. 2.12

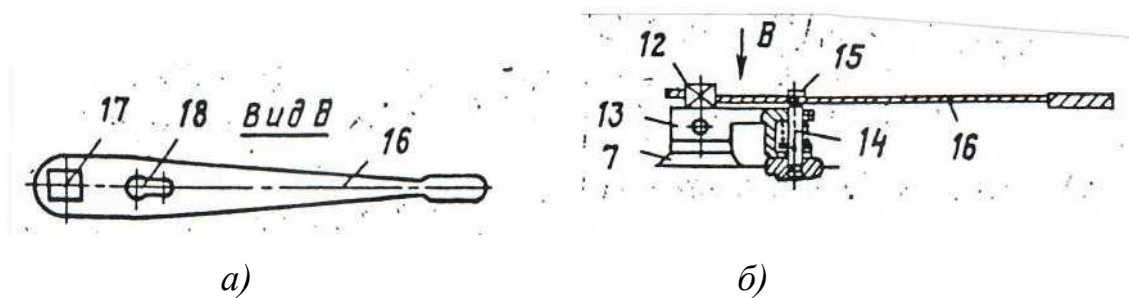


Рисунок 2.15 - а - вид В на рис. 2.14 ; б – елемент повороту з елементом фіксації

17 і краплевидний 18. Для фіксації напрямку руху ходових опор зверху редуктори 7 мають роздільно розташовані заглиблення, з якими взаємодіють робочі кінці фіксаторів 14.

Для стійкості руху при роботі сниця 3 має розтяжки 19. Для встановлення робочого і транспортного положення є фіксатори 20. Для нахилу роторів при ворушінні передбачено гвинтовий механізм 21.

Машина працює наступним чином. Під час руху агрегату по полю в залежності від швидкості обертання і кута нахилу грабельних коліс, які регулюються, кожна пара грабельних коліс може виконувати згрібання валків сіна або розкидання маси (ворушіння) для інтенсифікації сушки.

Для переведення машини з робочого в транспортне положення від'єднуються розтяжки 19, механізмом 21 ротори встановлюються в горизонтальне положення, виводяться фіксатори 20, машина просувається вперед, при цьому бокові кронштейни 2 навколо осей *a-a* разом з модулями рам 9 і 10 переводяться в сторону, протилежну напрямку сніці 3 і фіксуються в такому положенні фіксатором 20 до середньої частини рами 1. Після цього за допомогою важеля 16 повертаються і фіксуються в транспортному положенні колінчасті осі 12 ходових опор 11. Для чого оператор надіває важіль 16 краплевидним отвором 18 на кінець фіксатора 14, переміщує його по кільцевій виточці 15 до суміщення квадратного отвору 17 з кінцем колінчастої осі 12 і одночасно з виводом фіксатора 14 вгору, виконуючи поворот ходових опор 11 в потрібному напрямку. Операція повороту інших ходових опор 11 проводиться цим же важелем 16 в такій же послідовності.

Серед роторних ворушилок відома конструкція машини [19], яка містить раму 1 (рис. 2.16 - 2.18), на якій змонтовані ротори 2 з пружинними пальцями 3, і зчіпку 4, з'єднану з рамою шарнірами 5. Редуктор 6 на підшипникових опорах 7 має можливість повороту в вертикальній площині, вал 8 редуктора пропущений крізь підвішену на шарнірі 9 рамку 10 з підшипниковою опорою

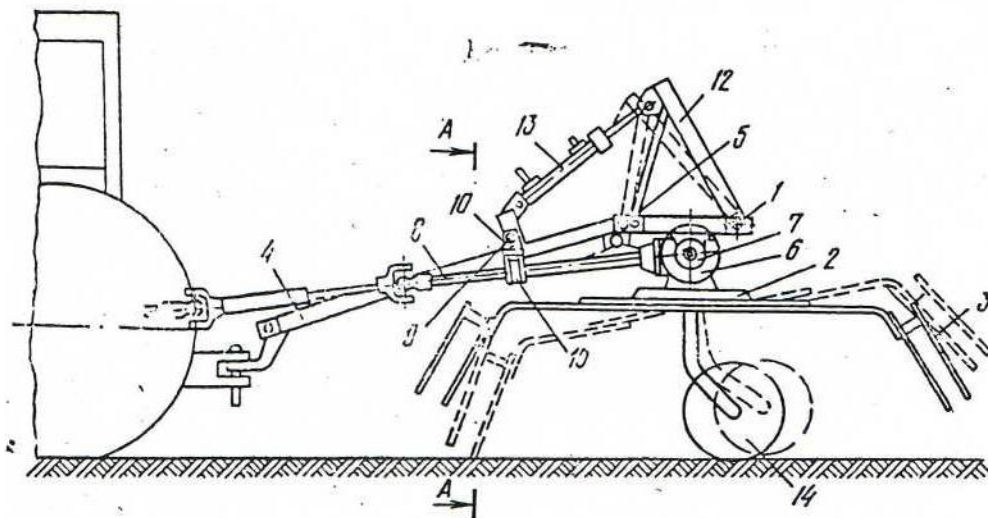


Рисунок 2.16 - Схема ворушилки [19], вид збоку

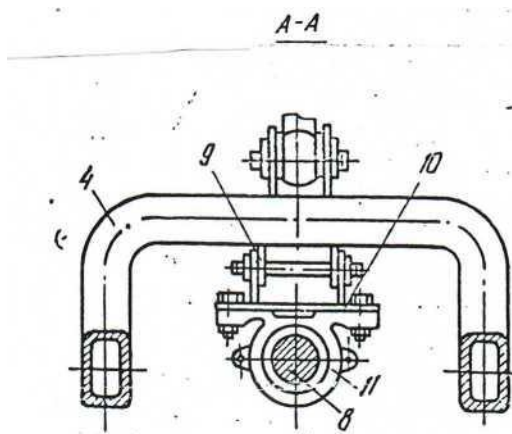


Рисунок 2.17 - Розріз А-А на рис. 2.16

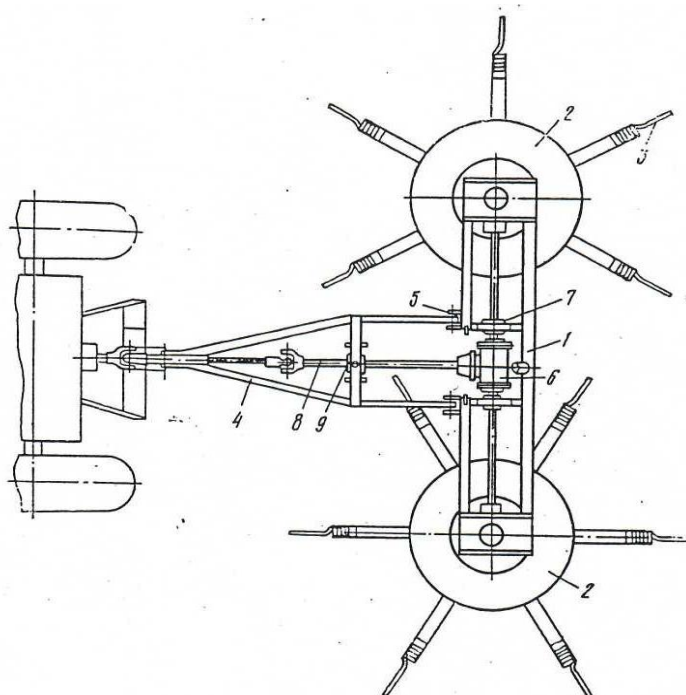


Рисунок 2.18 - Схема ворушилки [19], вид зверху

11 і в передній частині виконаний телескопічним. Кронштейн 12 рами з'єднаний зі зчіпкою силовим циліндром 13. Ротори ворушилки спираються на пневматичні колеса 14.

Машина працює наступним чином. Під час руху агрегату по полю ротори, обертаючись під кутом до поверхні ґрунту, захоплюють рослинну масу пальцями 3 і розкидають по полю рівномірним шаром. При переїзді агрегату через нерівності поля вал приводу редуктора 6 зберігає пряmolінійність за рахунок повороту редуктора в підшипникових опорах в вертикальній площині.

Переведення ворушилки в транспортне положення після закінчення роботи або при переїздах через перешкоди виконується з робочого місця оператора за допомогою гідросистеми трактора і силового циліндра 13, який з'єднує раму зі зчіпкою ворушилки.

Також відома сінозбиральна машина [20], яка містить раму 1 (рис. 2.19 - 2.24), на якій змонтовані привідні елементи 2 і осі 3 роторів, на яких змонтовані маточини 4. До осей 3 знизу приєднані опорні колеса 5. На спиці 6 маточини 4 знизу вільно одягнені кільцевидні кронштейни 7 барабана 8. Барабан 8 в нижній частині має кільце 9 жорсткості, до якого приварені консольні кронштейни 10. До кронштейнів 10 болтовими з'єднаннями 11 прикріплені лопаті 12, які створюють замкнутий фартух нижнього ярусу робочих органів. На боковій стінці барабана 8 за допомогою пазів 13 і підпружинених скоб 14 встановлюються змінні робочі органи – пружні лопаті 15 або пальці 16. Для забезпечення плаваючого положення барабана 8 на кінцях спиць 6 є обмежувачі 17.

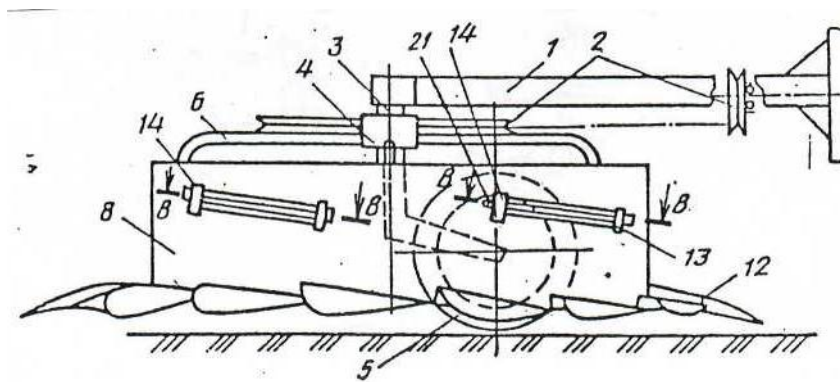


Рисунок 2.19 - Сінозбиральна машина[20], вид збоку

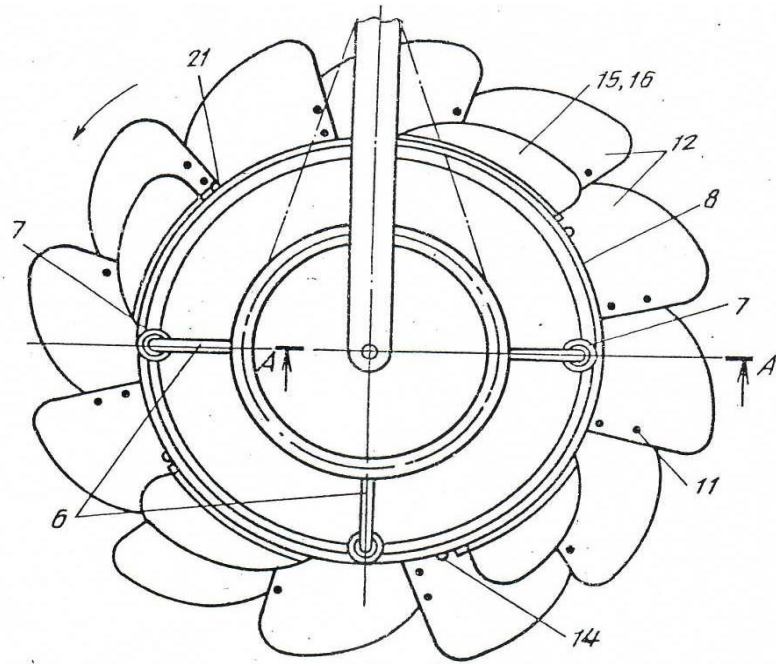


Рисунок 2.20 - Сінозбиральна машина[20], вид зверху

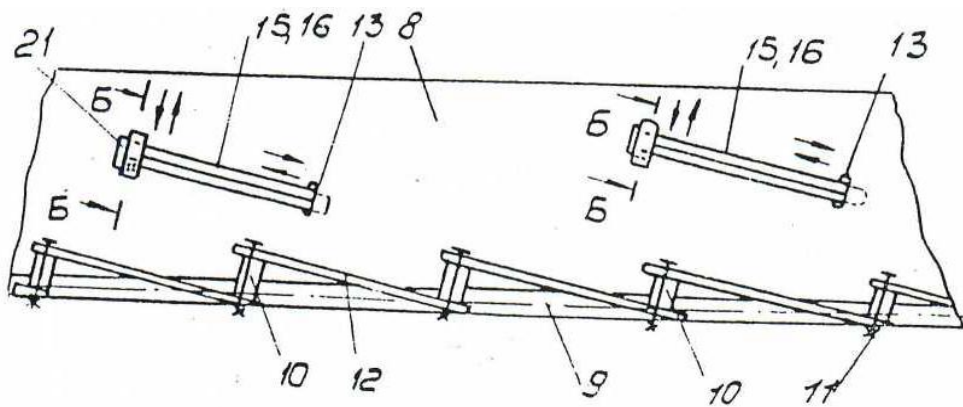


Рисунок 2.21 - Розгорнута бокова стінка барабана, вид збоку

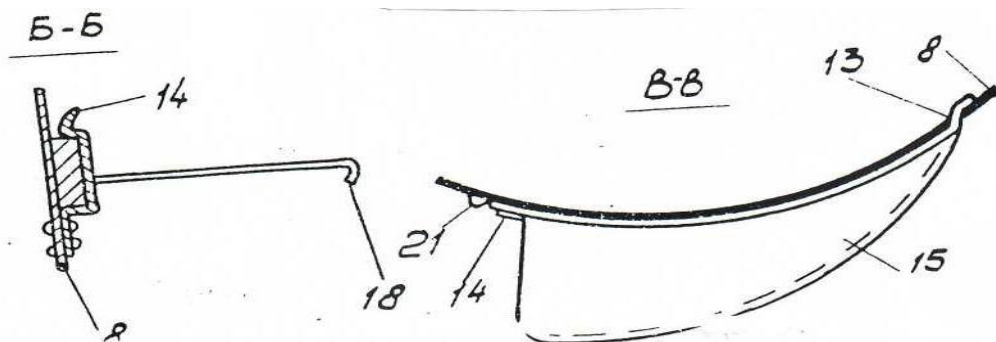


Рисунок 2.22 - Перерізи Б-Б і В-В з різними варіантами конструкцій

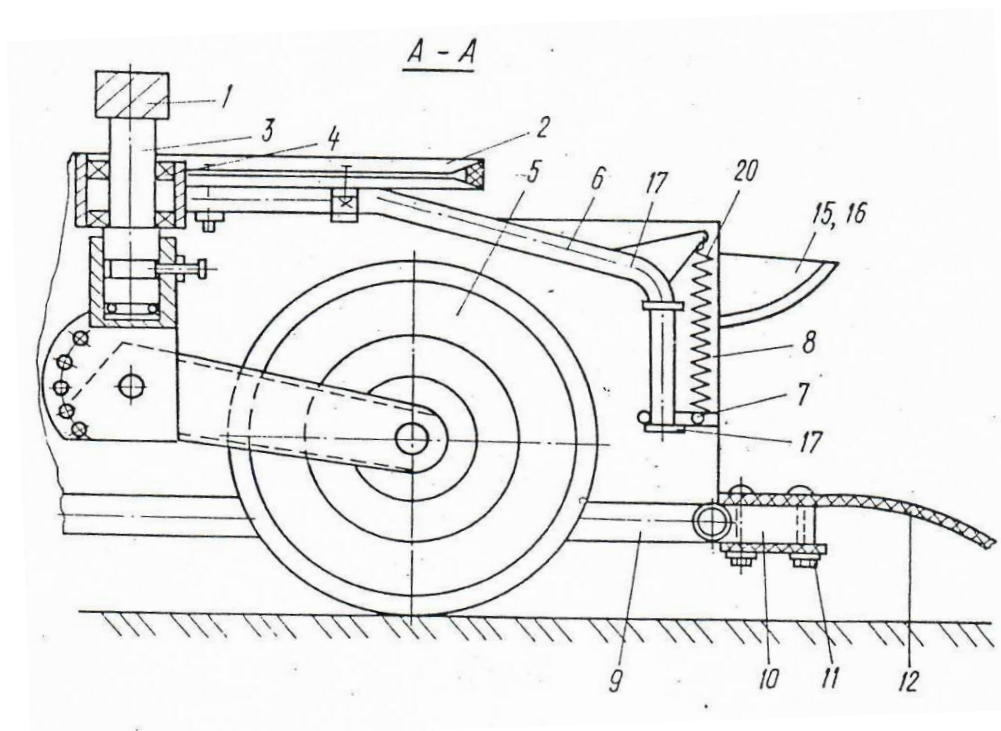


Рисунок 2.23 - Переріз А-А на рис. 2.20

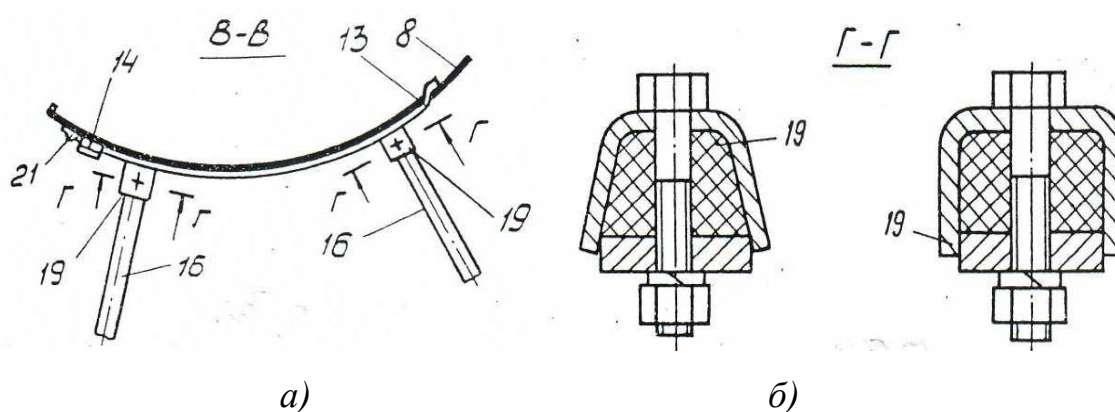


Рисунок 2.24 – а) переріз В-В на рис. 2.19; б) переріз Г-Г з різними варіантами конструкцій

Для зменшення різкої дії робочих органів на рослинну масу зовнішні контури лопатей 12 і 15 виконані по гіперболічній спіралі, а пружні лопаті 15 мають відбортовки 18, направлені вниз. Для надійного кріплення пружних пальців 16 і запобігання їх повороту в місцях кріплення встановлені спеціальні шайби 19. Для поліпшення умов копіювання рельєфу і виключення деформацій або поломок барабан 8 підвішений на пружинах 20. Для фіксації

робочих органів 15 і 16 від поздовжнього зміщення на корпусі барабана 8 є обмежувачі 21.

Пристрій працює наступним чином. Під час руху по скошеному полю ротор обертається і своїми робочими органами – еластичними лопатями 12, які рухаються по поверхні ґрунту, захоплює рослинну масу. За рахунок еластичності нахилених лопатей 12 і з'єднання їх в замкнутий зигзагоподібний фартух вони, як клин, входять під скошену масу, піднімають її за допомогою робочих органів 15 або 16 верхнього ярусу переміщують в бік або розкидають позаду. В залежності від виду змінних робочих органів верхнього ярусу проводиться згрібання або обертання валка (в цьому випадку повинні використовуватися лопаті 15), або розкидання валка, ворущіння прокоосу (використовуються пружні пальці 16). Під час руху по нерівному рельєфу, а також при зустрічі з перешкодами барабан 8 з робочими органами 12, 15 і 16 за допомогою пружин 20 легко переміщаються по направляючим спиць 6 маточини ротора вгору, при цьому рух його можливий в межах, обмежених упорами 17, між якими розташовані кільцевидні кронштейни 7 барабана 8. Для заміни робочих органів 15 і 16 досить подолати зусилля пружних скоб 14 і вийняти загнутий передній кінець робочого органу із паза 13.

На підставі проведеного аналізу вибрана схема модернізації машини для ворущіння і обертання валків.

В И С Н О В К И

Аналіз науково-технічної літератури показав, що найбільш перспективними машинами для інтенсифікації сушіння трав в польових умовах є роторні граблі-сіноворушилки. Подальші роботи слід направити на вдосконалення робочих органів таких машин з метою підвищення якості роботи, їх надійності і продуктивності праці.

3 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ГРАБЛІВ-ВОРУШИЛОК

Одним із шляхів зменшення механічних втрат під час виконання операцій ворущіння, згрібання та перевертання трав є вдосконалення існуючих та розробка нових робочих органів граблів-ворушилок, які здатні бережливо діяти на траву. З метою досягнення зазначеного в проекті запропоновано робочий орган відцентрових граблів-ворушилок, бережливість дії якого на траву досягається створенням потоку повітря, який здатний підняти скошені рослини над стернею. Це дозволяє зменшити взаємодію рослин із стернею, а відтак і механічні втрати.

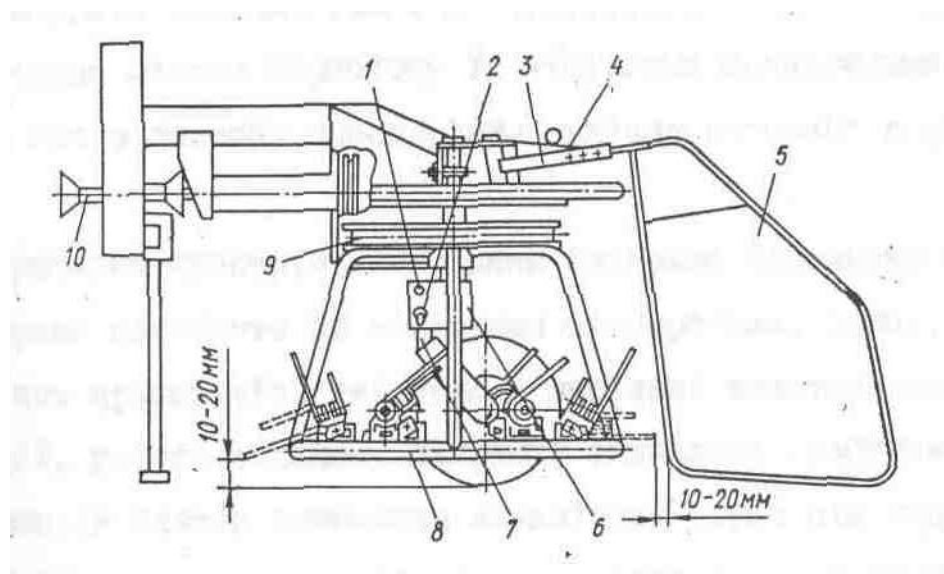


Рисунок 3.1 - Схема граблів-ворушилки ВЦН-Ф-3,0:

- 1, 2 - регульовані отвори колісного ходу; 3 - кронштейн валкоутворювача;
4 - тяга; 5 - валкоутворювач; 6 - опора колеса; 7 - вісь вилки колеса;
8 - обід ротора; 9 - шків; 10 - карданна передача

Запропонований робочий орган (рис. 4.1) включає прикріплені до обода ротора 5 кронштейн 7, на кожному з яких змонтована поворотна обойма 6 з пружинними зубами 1 і вітровим щитом 2. Один кінець вітрового щита взаємодіє з пружинними зубами, а інший при допомозі шарніра 4

прикріплений

до обойми 6. Ступінь взаємодії вітрового щита з пружинними зубами регулюється упором 3.

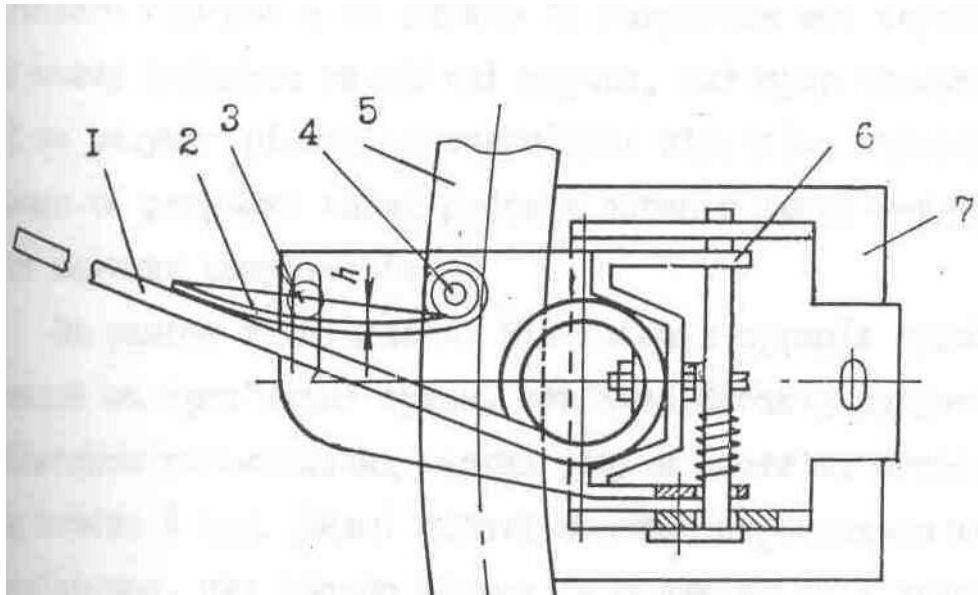


Рисунок 3.2 – Схема удосконалення робочих органів ворушилки ВЦН-Ф-3: 1 - пружинні зуби; 2 - вітровий щит; 3 - упор; 4 - шарнір; 5 - обід ротора; 6 - поворотна обойма; 7 - кронштейн

При обертанні ротора вітрові щити, працюючи аналогічно лопатям вентилятора, створюють потік повітря, який зменшує контактування рослин із стернею. Крім того, вітрові щити зменшують вібрацію пальців пружинних зубів, а відтак підвищується їх довговічність.

4 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ

4.1 Визначення основних конструктивних параметрів робочих органів

Основне призначення удосконалених граблів – згрібання скошеної трави з прокосів у валки вологістю 50–55%. Прийmemo, що урожайність по зеленій масі складає 250 ц/га, а її вологість під час скошування – 80 %. Мінімальна довжина рослин в травостой становить 0,2 м, а висота прокошу трави перед його згрібанням також рівна 0,2 м.

Визначимо граничне значення кута нахилу пальців граблів до горизонту в найнижчій точці їх траєкторії відносно поверхні поля, за формулою (рис. 4.1):

$$\varphi_r = \arcsin(d/l_{\min}),$$

(4.1)

де l_{\min} – мінімальна довжина скошених рослин для згрібання яких призначена машина, м.;

d – розхил пальців граблів, м.

В існуючих граблях–ворушилках він знаходиться в межах 0,1–0,15 м., прийmemo $d = 0,12$ м.

Звідки,

$$\varphi_r = \arcsin(0.12/0.2) = 37^\circ$$

Через те що кут нахилу пальців граблів повинен бути більшим або рівним граничному, прийmemo $\varphi = 40^\circ$.

Ширину захвату кожної із граблів визначимо за формулою:

$$b = d / \sin \varphi,$$

(4.2)

$$b = 0,12 / \sin 40^\circ = 0,187 \text{ м.}$$

Необхідну довжину внутрішніх та зовнішніх пальців граблін визначимо за формулами:

$$l \geq h \cdot l_{\min} / d, \quad (4.3)$$

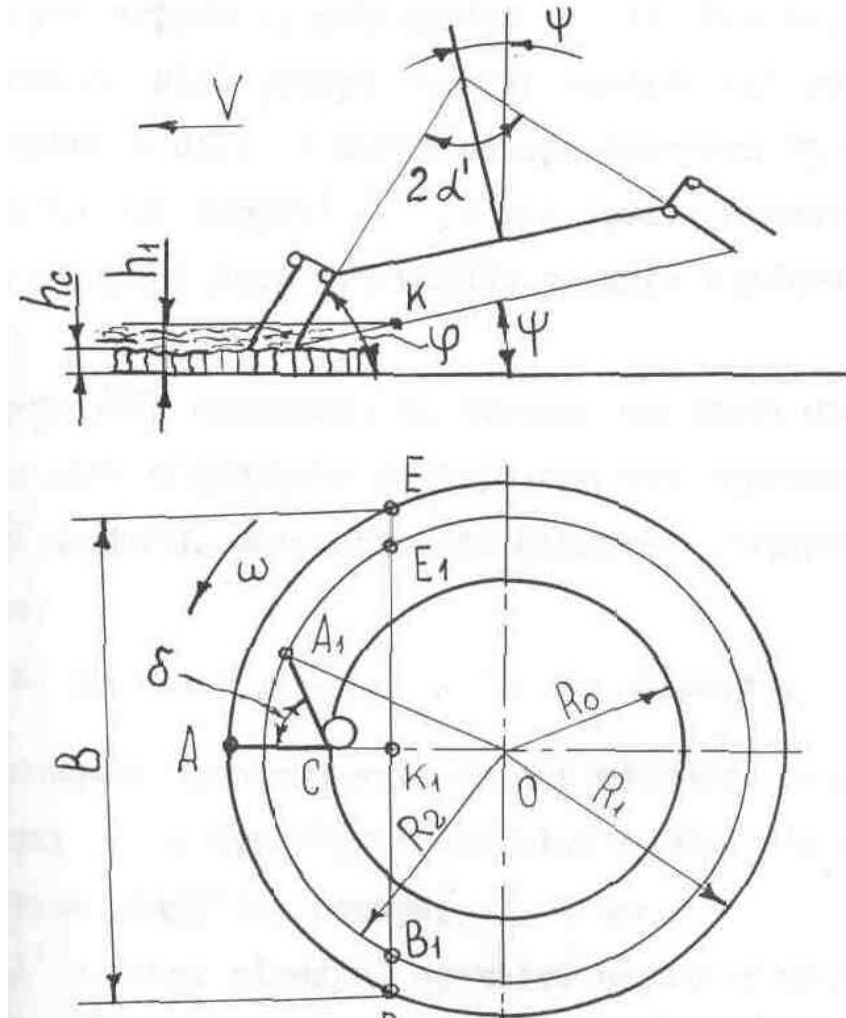


Рисунок 4.1- Схема до визначення основних параметрів робочих органів

$$l_1 \geq l_{\min} \left[h/d + \sqrt{1 - (d/l_{\min})^2} \right], \quad (4.4)$$

де l_{\min} – мінімальна довжина скошених рослин, для згрібання яких призначена машина, м.;

d – розхил пальців граблін, м.;

h – безпечна висота установки ободу ротора над поверхнею поля

$h = 0,06 \dots 0,15$ м [11]. Приймаємо $h = 0,08$ м.

$$l \geq \frac{0,08 \cdot 0,2}{0,12} \geq 0,133 \text{ м.}$$

$$l_1 \geq 0,2 \cdot \left[\frac{0,08}{0,12} + \sqrt{1 - \left(\frac{0,12}{0,2} \right)^2} \right] \geq 0,293 \text{ м.}$$

Приймаємо $l = 0,135$ м, а $l_1 = 0,295$ м.

Радіус ротора визначаємо за формулою:

$$R = \sqrt{l_1^2 \cdot \cos^2(\varphi - \psi) + R_0^2 + 2 \cdot R_0 \cdot l_1 \cdot \cos(\varphi - \psi) \cdot \cos \delta}, \quad (4.5)$$

де δ – кут відхилення пальців граблин від їх радіального положення

$$\delta = 60^\circ;$$

ψ – кут відхилення осі ротора від вертикалі. В існуючих граблях – ворушилках $\psi = 5 \dots 7^\circ$, приймаємо $\psi = 7^\circ$;

l_1 – довжина зовнішнього пальця граблини, м.;

R_0 – радіус обода ротора, м. $R_0 = 1,1$ м.

$$R = \sqrt{0,295^2 \cdot \cos^2(40^\circ - 7^\circ) + 1,1^2 + 2 \cdot 1,1 \cdot 0,295 \cdot \cos(40^\circ - 7^\circ) \cdot \cos 60^\circ} = 1,24 \text{ м.}$$

Теоретичну ширину захвату граблів-ворушилки визначаємо за формулою:

$$B = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot h_1 / \sin \psi - h_1^2 / \sin^2 \psi}, \quad (4.6)$$

$$B = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 1,24 \cdot 0,08 / \sin 7^\circ - 0,08^2 / \sin^2 7^\circ} = 2,35 \text{ м.}$$

Фактична ширина захвату визначається за формулою:

$$B_\phi = (0,18 \dots 0,24) + B$$

$$B_\phi = 0,2 + 2,35 = 2,55 \text{ м.}$$

Число граблин, які необхідно встановити на ободі ротора визначаються за формулою:

$$2 \cdot \pi \cdot \lambda / z = d / R \cdot \sin \alpha, \quad (4.7)$$

де λ – кінематичний параметр який залежить від вологості трави, $\lambda = 0,3$ м;

R – радіус ротора, м.;

d – розхил пальців граблін, м.;

φ – граничне значення кута нахилу пальців граблін до горизонту;

$$\frac{2 \cdot 0,3 \cdot \pi}{z} = \frac{0,12}{1,24 \cdot \sin 40^\circ}$$

$$z = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot \pi \cdot 1,24 \cdot \sin 40^\circ}{0,12} = 12,48.$$

Вираховане значення числа граблін заокруглимо до більшого парного числа. Таким чином, одержимо $z = 14$.

4.2 Розрахунок редуктора приводу ротора

Привід роторів граблів здійснюється від ВВП трактора через конічний редуктор і клинопасову передачу. Вихідні дані для проектування конічного редуктора є наступними Частота обертання ведучого валу дорівнює 540 об/хв (частота обертання ВВП трактора). Передаточне число – 1,5. На вихідному кінці веденого валу закріплений шків пасової передачі. Потужність, необхідна для приводу ротора, становить 12 кВт. Схема редуктора показана на рис. 4.2.

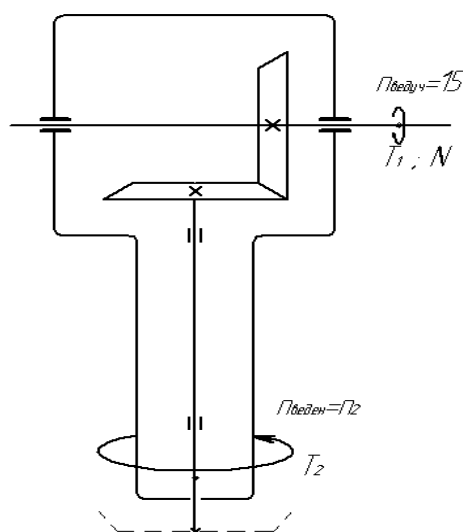


Рисунок 4.2 - Схема редуктора приводу

Визначимо загальний ККД редуктора за формулою:

$$\eta = \eta_1^2 \cdot \eta_2, \quad (4.8)$$

де η_1 – ККД пари підшипників кочення, $\eta_1 = 0,99$;

η_2 – ККД зубчатої конічної пари, $\eta_2 = 0,97$.

Тоді,

$$\eta = 0,99^2 \cdot 0,97 = 0,95.$$

Частота обертання веденого валу буде становити $\frac{540}{1,5} = 360$ об/хв.

Обертальні моменти на валах:

$$\text{- ведучого} \quad T_1 = \frac{973,8 \cdot N_{p.a.}}{n_1} = \frac{973,8 \cdot 12}{540} = 21,6 \text{ Нм}; \quad (4.9)$$

$$\text{- веденого} \quad T_2 = 21,6 \cdot 1,5 \cdot 0,95 = 30,8 \text{ Нм}.$$

Призначаємо для виготовлення зубчастих коліс сталь 40Х, термообробка – нормалізація (НВ 210–230) – для колеса, поліпшення (НВ 240–280) – для шестерні.

Допустимі напруження на контакту і згинальну витривалість зубів визначимо за [23]:

- для сталі 40Х НВ 210–230 (колесо) $\sigma_{HP}^0 = 550 \text{ Н/мм}^2$; $N_{HO} = 10^7$; $\sigma_{FP}^0 = 220 \text{ Н/мм}^2$; $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$;

- для сталі 40Х НВ 240–280 (шестерня) $\sigma_{HP}^0 = 650 \text{ Н/мм}^2$; $N_{HO} = 4 \cdot 10^7$; $\sigma_{FP}^0 = 230 \text{ Н/мм}^2$; $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$.

Призначаємо ресурс передачі $t_{год} = 2000$ год [23] і знаходимо кількість циклів зміни напружень

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 \cdot 875 \cdot 2000 = 10,3 \cdot 10^7.$$

Оскільки $N_{HE} > N_{HO}$ і $N_{FE} > N_{FO}$, то значення коефіцієнтів довговічності [23] $K_{HL} = 1,0$; $K_{FL0} = 1,0$.

Таким чином, допустимі напруження

- для колеса:

$$\sigma'_{HP} = \sigma_{HP}^0 \cdot K_{HL} = 550 \cdot 1 = 550 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma'_{FP} = \sigma^o_{FP} \cdot K_{FL} = 200 \cdot 1 = 200 \text{ Н/мм}^2,$$

для шестерні:

$$\sigma'_{HP} = \sigma^o_{HP} \cdot K_{HL} = 650 \cdot 1 = 650 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma'_{FP} = \sigma^o_{FP} \cdot K_{FL} = 230 \cdot 1 = 230 \text{ Н/мм}^2.$$

Для визначення основних параметрів передач визначимо значення коефіцієнта $K_{вс}$ [23]

$$K_{вс} = \frac{\sigma}{R_e} = 0,285. \quad (4.11)$$

$$\frac{K_{вс} \cdot u}{2 - K_{вс}} = \frac{0,285 \cdot 1,5}{2 - 0,285} = 0,233 \text{ за [23]}$$

$K_{H\beta} = 1,14$ - для передбачуваних кулькових опор; $V_H = 0,85$ (для прямозубої передачі).

Отже, для $\sigma_H = \sigma_H^{max} = \sigma_{HP}^1 = 650 \text{ Н/мм}^2$; з умови опору протиконтактної втомленості зубів

$$d_{e2} \geq 17 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} \cdot u \cdot T_2}{V_H \cdot \sigma_{HP}^2}} \text{ мм.} \quad (4.12)$$

Значення ділильного діаметра сталюї шестерні буде

$$d_{e2} \geq 17 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,14 \cdot 1,5 \cdot 30,8}{0,85 \cdot (650 \cdot 10^3)^2}} = 76,4 \text{ мм.}$$

За ДСТУ 12289-76 приймаємо $d_{e2} = 80 \text{ мм}$.

Зовнішній ділильний діаметр колеса буде

$$d_{e1} = d_{e2} \cdot i = 80 \cdot 1,5 = 120 \text{ мм.}$$

За [24] при $i = 1,5$ і $d_{e1} = 80 \text{ мм}$, $Z_2^1 = 15$ і при твердості коліс $< \text{HB } 350$ знайдемо, що $c = 1,3$; тоді число зубів шестерні буде

$$Z_2 = c \cdot Z_2^1 = 1,3 \cdot 15 = 19,5.$$

Приймаємо $Z_2 = 20$.

Кількість зубів колеса буде

$$Z_1 = i \cdot Z_2 = 1,5 \cdot 20 = 30.$$

Обчислюємо зовнішній і середній колові модулі [24]:

$$m_e = \frac{d_{e2}}{Z_2} = \frac{80}{20} = 4,0 \text{ мм.}$$

Приймаючи $K_{\text{вe}} = 0,285$, отримуємо

$$m_m = m_e(1 - 0,5 \cdot K_{\text{вe}}) = 4(1 - 0,5 \cdot 0,285) = 3,43 \text{ мм.}$$

Визначаємо кути ділительних конусів:

$$\text{tg } \delta_1 = u = 1,4; \quad \delta_1 = \text{arctg } u = \text{arctg } 1,4 = 54,46^\circ = 54^\circ 28';$$

$$\delta_2 = \Sigma - \delta_1 = 90^\circ - 54,46^\circ = 35,54^\circ = 35^\circ 32'.$$

Зовнішня конусна віддаль і ширина вінця зуба відповідно

$$R_e = \frac{d_{e2}}{2 \sin \delta_2} = \frac{80}{2 \sin 35^\circ 32'} = 68,84 \text{ мм.}$$

$$B = R_e \cdot K_{\text{вe}} = 68,84 \cdot 0,285 = 19,62 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\nu = 20 \text{ мм.}$

Уточнюємо значення коефіцієнта $K_{\text{вe}}$ і середнього нормального модуля

$$K_{\text{вe}} = \frac{\nu}{R_e} = \frac{20}{68,84} = 0,2905 < [0,3]_{\text{max}};$$

$$m_m = m_e(1 - 0,5 \cdot K_{\text{вe}}) = 4(1 - 0,5 \cdot 0,2905) = 3,419 \text{ мм.}$$

Обчислюємо швидкість точки на колі середнього ділительного діаметра і призначаємо ступінь точності передачі

$$V_m = 3,07 \text{ м/с} < [V_m]_{\text{max}} = 4 \text{ м/с.}$$

За [23] при $V_m < 4,0 \text{ м/с}$ приймаємо 8 ступінь точності зубчастої передачі.

Виконаємо перевірочний розрахунок зубчастого зачеплення. За [23] при $\frac{u \cdot K_{\text{вe}}}{2 - K_{\text{вe}}} = \frac{1,5 \cdot 0,2905}{2 - 0,2905} = 0,2379$ і твердості $< \text{НВ } 350$ отримуємо для кулькових опор

$$K_{\text{H}\beta} = 1,08; \quad K_{\text{F}\beta} = 1,13.$$

За [23] при 8 ступені точності і $< \text{НВ } 350$ при $V_m = 3,1 \text{ м/с}$ знайдемо для прямозубих коліс:

$$K_{\text{H}\text{V}} = 1,08; \quad K_{\text{F}\text{V}} = 2\text{H}_{\text{H}\text{V}} - 1 = 2 \cdot 1,08 - 1 = 1,16.$$

Обчислюємо еквівалентну кількість зубів

$$\text{- колеса } Z'_{\text{Vt}} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} = \frac{28}{\cos 54^\circ 28'} = 48,17; \quad (4.13)$$

$$\text{- шестерні } Z_{vt}'' = \frac{Z_2}{\cos \delta_2} = \frac{2}{\cos 35^\circ 32'} = 24,58. \quad (4.14)$$

Знаходимо коефіцієнт форми зуба колеса $Y_F' = 3,65$ і шестерні $Y_F'' = 3,90$

Оскільки,

$$\frac{\sigma_{FP}'}{Y_F'} = \frac{200}{3,65} = 54,8 \text{ Н/мм}^2 < \frac{\sigma_{FP}''}{Y_F''} = \frac{230}{3,9} = 58,97 \text{ Н/мм}^2,$$

то перевірку на витривалість зуба на згин зробимо по зубу колеса.

Обчислимо робоче контактне напруження, користуючись формулою [23]

$$\sigma_H = 212 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot u \cdot T_1}{V_H \cdot d_{e1}^3}}. \quad (4.15)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$\sigma_H = 212 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{1,16 \cdot 1,5 \cdot 21,6}{0,85 \cdot (112 \cdot 10^{-3})^3}} = 329,8 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується, оскільки $\sigma_H = 330 \text{ Н/мм}^2 < \sigma_{HP}' = 550 \text{ Н/мм}^2$.

Визначаємо найбільші напруження згину у небезпечному перерізі зуба колеса за формулою [24]

$$\sigma_F = \frac{2,72 \cdot K_F \cdot Y_F' \cdot T_1}{V_F \cdot \nu \cdot d_{e1} \cdot m_e}. \quad (4.16)$$

$$\sigma_F = \frac{2,72 \cdot 1,31 \cdot 3,65 \cdot 17,8}{0,85 \cdot 20 \cdot 112 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 30,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується, бо $\sigma_F = 30,3 \text{ Н/мм}^2 < \sigma_{FP}' = 200 \text{ Н/мм}^2$.

Визначаємо решту параметрів передачі і сили, що діють у зачепленні.

Середня конусна віддаль

$$R_m = R_e - 0,5v = 68,84 - 0,5 \cdot 20 = 58,84 \text{ мм.}$$

Обчислюємо зовнішні і середні ділильні діаметри вершин і западин зубів шестерні і колеса:

$$d_{e1} = m_e \cdot z_1 = 4 \cdot 28 = 112 \text{ мм}; \quad d_{m1} = m_m \cdot z_1 = 3,1419 \cdot 28 = 95,732 \text{ мм};$$

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2 m_e \cdot \cos \delta_1 = 112 + 2 \cdot 4 \cos 54^\circ 28' = 116,65 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned}
 d_{fe1} &= d_{e1} - 2,4 m_e \cdot \cos \delta_1 = 112 - 2,4 \cdot 4 \cos 54^\circ 28' = 106,42 \text{ мм}; \\
 d_{e2} &= m_e \cdot z_2 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм}; \quad d_{m2} = m_m \cdot z_2 = 3,1419 \cdot 20 = 68,38 \text{ мм}; \\
 d_{ae2} &= d_{e2} + 2m_e \cdot \cos \delta_2 = 80 + 2 \cdot 4 \cos 35^\circ 32' = 86,51 \text{ мм}; \\
 d_{fe2} &= d_{e2} - 2,4 m_e \cdot \cos \delta_2 = 80 - 2,4 \cdot 4 \cos 35^\circ 32' = 72,188 \text{ мм}.
 \end{aligned}$$

Колова сила на колі середнього ділительного діаметра

$$F_t = \frac{2T_1}{d \cdot m_1} = \frac{2 \cdot 21,6}{95,732 \cdot 10^{-3}} = 372 \text{ Н.} \quad (4.17)$$

Осьову сила на шестерні, що дорівнює радіальній силі на колесі знайдемо за формулою

$$F_{a2} = F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = 372 \cdot 0,364 \cdot \sin 54^\circ 28' = 110 \text{ Н.}$$

Радіальну силу на шестерні, що дорівнює осьовій силі на колесі, визначимо за формулою

$$F_{r2} = F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1 = 372 \cdot 0,364 \cdot \cos 54^\circ 28' = 79 \text{ Н.}$$

Результати проведених розрахунків використовуємо при проектування робочих органів і вузлів удосконаленої машини.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

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 [27, 28].

Перед початком робіт по заготівлі сіна механізатори і робітники повинні пройти інструктаж по охороні праці і пожежній безпеці та перед початком роботи 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 не можна протягувати сіно під транспортер при увімкненому валі 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 копицевозу та навантажувача забороняється використовувати їх 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 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-копицеутворювачі 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 з скирти людей копицетом.

Скиртувати сіно можна тільки вдень і при швидкості вітру не більше 10 м/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 дрот 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 огорожують 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 обдуваемими 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 загораємих 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 незагораємій 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. Не допускається укладання кабелю у вологий ґрунт.

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 сіноскосовищі 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 підігрівачів повітря на рідкому паливі: не допускається зберігання палива і мастильних матеріалів безпосередньо біля підігрівачів повітря; бочку з паливом можна встановлювати не ближче 5 м від підігрівачів повітря; система подачі палива повинна бути завжди справною; один раз на добу очищати від нагару форсунки та її відбивачі; перед пуском камеру 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 підігрівача повітря.

5.2 Розрахунок засобів індивідуального захисту

Механізаторам, допоміжному персоналу і спеціалістам, які зайняті на заготівлі сіна, передбачена безкоштовна видача за встановленими нормами спеціального одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту.

Необхідну кількість спеціального одягу і засобів індивідуального захисту для підрозділу визначимо шляхом визначення кількості робітників, зайнятих одночасно на виконанні даної операції і норм видачі спецодягу для даної операції.

Дані розрахунків заносимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Норма видачі спецодягу і засобів індивідуального захисту

Вид спецодягу	Строк до списування, місяців	Необхідна кількість
Костюм із полезахисної тканини	12	5
Респіратор	До зношування	4
Окуляри захисні	До зношування	2
Комбіновані рукавиці	6	3
Мило	-	10

5.3 Рекомендації по поліпшенню умов праці

1. Провести паспортизацію виробничих підрозділів; інженер з охорони праці. Проводиться щорічно
2. Укомплектувати медичні аптечки; інженер з охорони праці. Березень 2024 року.
3. Провести 32-годинні курси з охорони праці; керівники підрозділів господарства. Лютий 2024 року.
4. Встановити необхідну кількість попереджуючих і забороняючих знаків і табличок; інженер з охорони праці. Травень 2023 року.
5. Посилити контроль за виконанням шкідливих та небезпечних робіт; керівники підрозділів. Постійно.
6. Укомплектувати пожежні щити необхідним інвентарем; керівник станції пожежної охорони. Квітень 2023 року.
7. Виділити і обладнати спеціальне місце для куріння; керівники підрозділів. Квітень 2023 року.
8. Забезпечити працюючих необхідною кількістю справних засобів індивідуального захисту; інженер з охорони праці. Травень 2011 року.
9. Придбати нову нормативно-технічну літературу з охорони праці; інженер з охорони праці. Постійно.
10. Дообладнати кабінет з охорони праці зразками засобів індивідуального захисту. інженер з охорони праці. Постійно.
11. Придбати 100 респіраторів для використання при обприскуванні

посівів отрутохімікатами та для інших небезпечних робіт. інженер з охорони праці. Квітень 2023 року.

12. Придбати 50 вогнегасників різних типів: хімічного типу – 10 шт., порошкових – 30 шт., кислотних – 10 шт.; керівник станції пожежної охорони. Квітень 2023 року.

13. Обладнати вогнегасниками всі технічні засоби, що можуть бути пожежо-небезпечними; керівник станції пожежної охорони. Квітень 2023 року

14. Забезпечити робітників, що працюють в полі вагончиками для відпочинку та гарячим харчуванням; інженер з охорони праці. Квітень 2023 року.

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Розрахунок економічної ефективності від застосування удосконаленої машини проводимо по відомій методиці [29] в порівнянні з серійною роторною ворушилкою ГВР-6. Вихідні дані для проведення розрахунків приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - 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
Балансова вартість машини, грн.	39500	39500
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці на процес визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W}, \quad (6.1)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

W – продуктивність агрегату, га/год.

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

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

При використанні розробленого обертача 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:

$$H_3 = H_6 - H_n; \quad (6.2)$$

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

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:

$$C = C_0 + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}; \quad (6.3)$$

де C_0 – 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 проводиться за виконану норму по 6-му розряду тарифної сітки. Враховуючи збільшення мінімальної заробітної плати

до 6500 грн., оплата за норму виробітку становить 271 грн. [27]. За 1 га зібраного поля основна оплата праці становить:

$$C^1_{o} = \frac{C^T}{W_{зм}}, \quad (6.4)$$

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:

$$C^1_{об} = \frac{271}{21,0} = 12,90 \text{ грн/га.}$$

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

$$50 \% = 6,45 \text{ грн/га,} \quad 12 \% = 1,55 \text{ грн/га.}$$

І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C^H_{об} = 12,90 + 6,45 + 6,45 + 1,55 = 27,35 \text{ грн/га.}$$

На цю суму нараховується 20% за класність (5,47 грн/га) і 51 % соціального страхування, і інших відрахувань (13,95 грн/га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатора при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{об} = 27,35 + 5,47 + 13,95 = 46,77 \text{ грн/га.}$$

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

$$C^1_{op} = \frac{271}{28,84} = 9,40 \text{ грн/га.}$$

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

$$C_{op} = 19,93 + 3,99 + 10,16 = 34,08 \text{ грн/га.}$$

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

$$C_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}} \quad (6.5)$$

де C – ціна машини, грн;

D – кількість днів роботи в рік;

K – коефіцієнт змінності.

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

$$C_{аб} = \frac{39500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21} = 5,22 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування на розроблений обертач будуть становити:

$$C_{ар} = \frac{39500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 28,84} = 3,80 \text{ грн/га.}$$

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

Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (6.6)$$

де β - норма річних відрахувань.

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

$$C_{р.б} = \frac{39500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21} = 5,22 \text{ грн/га.}$$

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

$$C_{р.н.} = \frac{39500 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 28,84} = 3,80 \text{ грн/га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{пмм} = C_{п} \cdot V_{га}; \quad (6.7)$$

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

$V_{\text{га}}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне 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%;
- пусковий бензин – 0,96 %;

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 55,15 грн/кг. Тоді затрати на паливо-мастильні матеріали при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 55,15 \cdot 3,36 = 185,3 \text{ грн/га.}$$

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

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 55,15 \cdot 1,24 = 68,39 \text{ грн/га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 46,77 + 5,22 + 5,22 + 185,3 = 242,51 \text{ грн/га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з розробленим обертачем будуть дорівнювати:

$$C_{\text{н}} = 34,08 + 3,8 + 3,8 + 68,39 = 110,07 \text{ грн/га.}$$

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

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{н}} = 242,51 - 110,07 = 132,44 \text{ грн/га.}$$

З врахуванням дворазового укусу економічний ефект за сезон становить:

$$E_c = E \cdot 2 = 132,44 \cdot 2 = 264,88 \text{ грн/га.}$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_b = \frac{264,88 \cdot 100}{242,51} = 109 \text{ \%}.$$

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

$$E_p = 264,88 \cdot 100 = 26488 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники, які розраховані в проекті, приведені в таблиці 6.2.

Окупність затрат на виготовлення нової машини визначається за формулою:

$$E_o = \frac{Ц}{E_p} \quad (6.8)$$

$$Z_o = \frac{39500}{26488} = 1,45 \text{ років.}$$

Таблиця 6.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Базовий агрегат	Розроблений агрегат
1. Продуктивність, га/год.	3,0	4,12
2. Питомі витрати палива, кг/га	3,36	1,24
3. Затрати праці, люд.год/га	0,33	0,24
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн/га	242,51	110,07
в т . ч. – оплата праці з нарахуваннями	46,77	34,08
- амортизаційні відрахування	5,22	3,80
- затрати на ремонт і ТО	5,22	3,80
- затрати на ПММ	185,3	68,39
4. Зниження прямих затрат, грн/га	-	132,44

5. Річний економічний ефект, грн	-	26488
6. Строк окупності затрат на виготовлення нової машини, років		1,45

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

В И С Н О В К И

Розроблена конструкція машини при її впровадженні в виробництво дає економічний ефект в розмірі 132,44 грн./га при умові одноразового укусу. Враховуючи, що за рік проводиться як мінімум два-три укуси, то економічний ефект буде значно вищим і строк окупності затрат значно зменшиться.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. При застосуванні будь-якої технології заготівлі сіна основною і загальною для всіх є операція сушіння трав. Від якості і інтенсивності виконання цього процесу залежить якість кормів. Перспективним напрямком розвитку цих машин є застосування розпушувачів, ворушилок і обертачів валків.

2. Розроблена конструкція обертача валків дозволяє покращити не тільки якість роботи машини, а й технологічний процес в цілому. Покращились такі показники як продуктивність агрегату, питомі витрати пального та ін.

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

4. Розроблені в проекті питання дають економічний ефект 132,44 грн/га. Продуктивність агрегату збільшується на 27 %, а питомі витрати палива зменшуються на 2,12 кг/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпенко М., Карпенко В. Перспективна технічна політика в галузі механізації заготівлі стеблових кормів в Україні// Пропозиція. - №4, 2005. с. 116 – 118.

2. Карпенко М. Обґрунтування ресурсозберігаючої технології заготівлі стеблових кормів/Техніка АПК. – Київ, № 7, 2000 р.- с. 9–13.

3. Бублик О. Ситуація із зерновими і кормами особливо сприяє розвитку молочного скотарства, – думка. 06.10.2022. - <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/sytuacziya-iz-zernovymy-i-kormamy-osoblyvo-spryyaye-rozvytku-molochnogo-skotarstva-dumka/>.
4. Хват В. Поштовх до розвитку. – 03.10.2022 - <https://agrotimes.ua/article/poshtovh-do-rozvytku-yak-rynok-zernovyh-vplyvaye-na-czinu-myasa/>.
5. Осьмак В., Качан І. Сучасні технології та машини для заготівлі сіна // Пропозиція. – 05.06.2008. - <https://propozitsiya.com/ua/suchasni-tehnologiyi-ta-mashini-dlya-zagotivli-sina>.
6. Енергозберігаючі технології заготівлі та використання кормів./М.Ф.Кулик, В.В.Хіміч, В.Ф.Сіроштан та ін. – К., Урожай, 1987. – 160 с.
7. Заготівля та консервування зелених кормів./ Б.С.Воробйов, В.Д.Судай, Л.С.Прокопенко та ін. – К., Урожай. – 1978. – 168 с.
8. Неш М. Дж. Консервирование и хранение сельскохозяйственных продуктов. Справочная книга (пер. с англ. Н.А.Габеловой, Н.В.Гаделия. – М.: Колос, 1981. – 311 с.
9. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник / К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.
10. Мечта М., Бабинець Т. Ефективний спосіб виробництва високоякісних кормів// Техніка АПК. - № 6-7 (червень-липень), 2006 р. – с. 10-13.
11. Карпенко М. Розширення функціональності кормозбиральної техніки// Пропозиція. - №4 (130), 2006. – с.120-122.
12. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Агробізнес сьогодні. - №10 (209) травень 2011. - с. 11-15.
13. Осьмак В., Качан І. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Пропозиція. - №5, 2010. – с. 119-127.
14. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Пропозиція. - №6, 2011. – с. 107-112.

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. 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.
17. Авторське свідоцтво на винахід №1561885 Спущувач-обертач валків. Бюл. №17, 07.05.90.
18. Авторське свідоцтво на винахід №1461386 Сінозбиральна машина. Бюл. №8, 28.02.89.
19. Авторське свідоцтво на винахід №835358 Ворушилка. Бюл. №21, 07.06.81.
20. Авторське свідоцтво на винахід №1692358 Сінозбиральна машина. Бюл. №43, 23.11.91.
21. 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.
22. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, А.П.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
23. 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.
24. Опір матеріалів під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.
25. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

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

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

28. 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.

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