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 "Бакалавр" на тему:

Удосконалення механізації заготівлі грубих кормів з розробкою конструкції сіноворушилки

Виконав: студент 4 курсу,
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____Бондаренко Віктор Вікторович

Керівник: _____Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____ _____

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарских машин

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
ТСГМ .
(назва кафедри)
доцент .
(вчене звання)
_____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____ 2026 р.

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

Бондаренко Віктор Вікторович.
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Удосконалення механізації заготівлі грубих кормів з розробкою конструкції сіноворушилки
Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
«05» травня 2026 року № 912

2. **Строк подання студентом роботи** 29.05.2026 р.

3. **Вихідні дані до проєкту** Стан питання, аналіз патентних джерел, огляд літературний

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз господарства базового. 2. Конструкцій існуючих огляд. 3. Процесу технологічного обґрунтування. 4. ОП та основні заходи при роботі з конструкцією. 5. Економічної ефективності оцінка від запровадження. Висновки. Література.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Огляд існуючих конструкцій. 2. Загальний вигляд машини (вузла) 3. Складальне креслення 4. Деталювання 5. Економічні показники. 6. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пугач А.М., професор		
2	Пугач А.М., професор		
3	Пугач А.М., професор		
4	Пугач А.М., професор		
5	Пугач А.М., професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. **Дата видачі завдання**: 12.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	**Примітка**
1	Аналітичний (оглядовий)	до 29.09.2025 р.	Виконав
2	Технологічний	до 28.10.2025 р.	Виконав
3	Конструкційний	до 23.02.2026 р.	Виконав
4	Охорона праці та захист навк. серед.	до 37.03.2026 р.	Виконав
5	Економічний	до 24.04.2026 р.	Виконав
6	Графічна частина	до 29.05.2026 р.	Виконав

Студент _____ _____.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _____.
(підпис) (прізвище та ініціали)

фрм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
А4		1	52.ДП.083.000000.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Графічні матеріали		
		2	52.ДП.083.000002	Огляд існуючих конструкцій		
		3	52.ДП.083.000003	Загальний вигляд машини		
		4	52.ДП.083.000004	Складальне креслення		
		5	52.ДП.083.000005	Деталювання		
		6	52.ДП.083.000006	Економічні показники		
		7	52.ДП.083.000007	Висновки		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	52.ДП.083.000000.ПЗ		
Розроб.		Бондаренко В.В.			Відомість дипломного проєкту	Літ.	Арк. 4 / Аркушів
Перевір.		Пугач А.М.					
Реценз.						ДДАЕУ	
Н. Контр.		Теслюк Г.В.					
Затверд.		Теслюк Г.В.					

АНОТАЦІЯ

Бондаренко Віктор Вікторович Удосконалення механізації заготівлі грубих кормів з розробкою конструкції сіноворушилки / Випускний кваліфікаційний проєкт на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У 1 розділі представлено діяльності аналіз господарства базового.

У 2 розділі наведено конструкцій існуючих огляд і рішень технічних за темою.

У 3 розділі наведено процесу технологічного обґрунтування та конструкції.

У 4 розділі - з охорони праці основні заходи при роботі з конструкцією, що розроблена

У **5 розділі** приведено економічної ефективності оцінку від запровадження.

Дипломний проєкт виконано на 69 сторінках машинописного тексту, містить 35 джерел.

ЗМІСТ

ВСТУП……..7
1 ГОСПОДАРСТВА ХАРАКТЕРИСТИКА ……..…….10
Висновки…….12
2 ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СПОСОБІВ АНАЛІЗ..…….14
2.1 Вимоги до процесу агротехнічні……14
2.2 Конструкцій існуючих огляд …….18
2.3 Загальні положення патентного аналізу……22
Висновки……...…….35
3 ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКТИВНИХ ОБГРУНТУВАННЯ ……37
3.1 Конструкції розробленої опис ……37
3.2 Розрахунок ворушилки вала……..…… …….....42
3.3 Розрахунок до вибору підшипників……...……...……43
3.4 З’єднання шпонкового розрахунок ……...45
3.5 Розрахунок на міцність зварних швів…..……...……...46
3.6. Визначення робочих режимів…….…..47
Висновки……52
4 НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАХИСТ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ53
Висновки……....57
5 ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНІ……...59
Висновки…….....62
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ……63
ЛІТЕРАТУРА…….....66
ДОДАТКИ……..69

ВСТУП

Заготівля сіна є однією з ключових складових кормовиробництва, що забезпечує тваринництво високоякісними об’ємними кормами. В умовах сучасного аграрного виробництва ефективність заготівлі сіна визначається не лише природно-кліматичними факторами, а й рівнем технічного оснащення господарств, ступенем механізації та впровадженням інноваційних технологій. Саме тому дослідження машин і технологічних процесів заготівлі сіна є актуальним напрямом розвитку аграрної інженерії.

Сіно як вид корму має високу поживну цінність, зумовлену вмістом клітковини, протеїну, мінеральних речовин і вітамінів. Якість сіна значною мірою залежить від дотримання агротехнічних строків виконання операцій, а також від інтенсивності та правильності технологічного впливу робочих органів машин на рослинну масу. Втрати поживних речовин можуть досягати 20–40 % у разі порушення технології заготівлі, що підкреслює важливість використання сучасних технічних засобів.

Процес заготівлі сіна включає комплекс взаємопов’язаних операцій: скошування травостою, плющення або кондиціювання рослин, ворушіння (ворушіння та розпушування валків), згрібання у валки, підбирання та транспортування або пресування. Кожна з цих операцій виконується спеціалізованими машинами, які формують єдину технологічну систему. Від узгодженості їх роботи залежить не лише продуктивність, але й якість кінцевого продукту.

Сучасні машини для заготівлі сіна характеризуються високим рівнем технічної досконалості, що досягається завдяки застосуванню новітніх матеріалів, оптимізації конструкцій робочих органів, використанню гідравлічних і електронних систем керування. Особливу увагу приділяють зниженню втрат листостеблової маси, рівномірності сушіння та мінімізації енергетичних витрат. Важливим напрямом розвитку є створення

комбінованих агрегатів, які дозволяють виконувати декілька технологічних операцій за один прохід.

У контексті змін клімату та нестабільності погодних умов особливого значення набуває скорочення тривалості польових робіт. Це обумовлює необхідність застосування високопродуктивних машин із широким захватом і підвищеною швидкістю роботи. Одночасно зростають вимоги до адаптивності техніки, її здатності ефективно працювати за різних умов вологості та густоти травостою.

Важливою складовою розвитку машин для заготівлі сіна є вдосконалення робочих органів. Наприклад, у косарках застосовують різальні апарати з сегментно-пальцевими або дисковими ножами, що забезпечують чистий зріз рослин. У ворушилках і граблях використовуються пружинні зуби або роторні механізми, які сприяють рівномірному розпушуванню та формуванню валків. Прес-підбирачі, у свою чергу, забезпечують ущільнення сіна у тюки або рулони, що значно полегшує транспортування та зберігання.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку технічних засобів для заготівлі сіна свідчить про поступовий перехід до автоматизованих систем. Використання електронних датчиків, систем GPS-навігації та елементів точного землеробства дозволяє підвищити точність виконання технологічних операцій, оптимізувати навантаження на машини та зменшити вплив людського фактора. Це відкриває нові можливості для підвищення ефективності кормовиробництва.

Окрім технічних аспектів, важливе значення має економічна ефективність використання машин. Вона визначається співвідношенням витрат на придбання, експлуатацію та обслуговування техніки до отриманого результату у вигляді якісного корму. Раціональний вибір машинно-тракторних агрегатів дозволяє знизити собівартість заготівлі сіна та підвищити конкурентоспроможність аграрних підприємств.

Особливу увагу слід приділяти екологічним аспектам застосування машин. Сучасні конструкції спрямовані на зменшення ущільнення ґрунту,

зниження рівня викидів шкідливих речовин і збереження біорізноманіття луків. Використання енергоощадних технологій та альтернативних джерел енергії також є перспективним напрямом розвитку галузі.

Таким чином, машини для заготівлі сіна є невід'ємною складовою сучасного сільськогосподарського виробництва, що забезпечує ефективне використання природних ресурсів і отримання високоякісної продукції. Їх розвиток відбувається у напрямі підвищення продуктивності, енергоефективності, автоматизації та екологічної безпеки.

У цьому розділі буде розглянуто класифікацію машин для заготівлі сіна, їх конструктивні особливості, принципи роботи та основні технічні характеристики. Особливу увагу буде приділено аналізу сучасних конструкцій, тенденцій розвитку та шляхів удосконалення технічних засобів, що використовуються у процесі заготівлі сіна.

1 ГОСПОДАРСТВА ХАРАКТЕРИСТИКА

Загальна характеристика господарства

Фермерське господарство спеціалізується на виробництві зернових культур та заготівлі сіна. Загальна площа орних земель становить 500 га. Така структура виробництва дозволяє поєднувати рослинництво із кормовиробництвом, що підвищує стійкість господарства до ринкових коливань. Ґрунтово-кліматичні умови є сприятливими для вирощування зернових культур і багаторічних трав. Переважають чорноземи середньої та високої родючості. Клімат помірно-континентальний із періодичними посухами, що зумовлює необхідність застосування вологозберігаючих технологій. Основною метою діяльності є отримання прибутку за рахунок ефективного використання земельних ресурсів та диверсифікації виробництва.

Структура посівних площ

Раціональний розподіл земельних ресурсів має вирішальне значення для забезпечення стабільності виробництва.

Культура/угіддя	Площа, га	Частка, %
Пшениця озима	200	40
Ячмінь ярий	120	24
Кукурудза на зерно	80	16
Багаторічні трави (сіно)	100	20
Разом	500	100

Наявність багаторічних трав сприяє покращенню структури ґрунту та формує кормову базу.

Земельні ресурси

Площа сільськогосподарських угідь становить 500 га. Ґрунти характеризуються високим вмістом гумусу (до 5%), що забезпечує стабільні врожаї. Частина площ використовується під багаторічні трави, що позитивно впливає на агроекологічний стан земель.

Трудові ресурси

У господарстві працює 12–18 осіб, серед яких: трактористи-машиністи; агроном; допоміжний персонал.

У період заготівлі сіна та збирання врожаю залучаються сезонні працівники.

Матеріально-технічна база

Господарство забезпечене основними засобами механізації:

- трактори (2–3 од.);
- зернозбиральний комбайн;
- косарки та граблі для заготівлі сіна;
- прес-підбирач;
- ґрунтообробна та посівна техніка.

Рівень технічного забезпечення задовільний, але потребує часткової модернізації.

Аналіз виробничої діяльності

Середні показники врожайності:

Культура	Урожайність
Пшениця	4,2 т/га
Ячмінь	3,6 т/га
Кукурудза	6,5 т/га
Сіно	5,0 т/га

Рівень врожайності відповідає середнім показникам для господарств подібного типу.

Валовий збір продукції: Пшениця: 840 т; Ячмінь: 432 т; Кукурудза: 520 т; Сіно: 500 т

Загальний обсяг продукції: зерно: 1792 т; сіно: 500 т

Фактори впливу на ефективність

<u>Позитивні фактори:</u>

- диверсифікація виробництва;
- наявність кормової бази;

- ефективне використання земель.

Негативні фактори:

- залежність від погодних умов;
- коливання цін;
- зношеність техніки;
- витрати на заготівлю сіна.

SWOT-аналіз

Сильні сторони:

- поєднання рослинництва і кормовиробництва;
- стабільний дохід;
- родючі ґрунти.

Слабкі сторони:

- обмежена технічна база;
- сезонність робіт.

Можливості:

- розвиток тваринництва;
- впровадження сучасних технологій;
- розширення площ.

Загрози:

- кліматичні ризики;
- ринкова нестабільність;
-зростання витрат.

Висновки

Проведений аналіз показав, що фермерське господарство з площею 500 га є економічно ефективним і стабільним. Поєднання вирощування зернових культур і заготівлі сіна дозволяє знизити ризики та підвищити фінансову стійкість.

Основними напрямами підвищення ефективності є: модернізація технічного парку; впровадження енергоощадних технологій; оптимізація структури посівів; підвищення врожайності культур.

Таким чином, господарство має значний потенціал для подальшого розвитку та підвищення конкурентоспроможності.

2 ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СПОСОБІВ АНАЛІЗ

2.1 Вимоги до процесу агротехнічні

Заготівля грубих кормів є важливою складовою кормовиробництва, що безпосередньо впливає на продуктивність тваринництва та економічну ефективність аграрного виробництва. До грубих кормів відносять сіно, солому, сінаж (частково), які характеризуються високим вмістом клітковини та відносно низькою вологістю.

Якість грубих кормів визначається не лише ботанічним складом травостою, але й технологією їх заготівлі, дотриманням агротехнічних строків та параметрів виконання операцій. Порушення технологічних вимог призводить до значних втрат поживних речовин, погіршення якості корму, а іноді - до його повної непридатності.

Агротехнічні вимоги спрямовані на забезпечення:

- максимального збереження поживних речовин;
- мінімізації механічних втрат;
- отримання корму високої якості;
- зниження витрат на заготівлю.

Оптимальні строки скошування є критичним фактором:

Бобові трави – фаза бутонізації – початок цвітіння

Злакові трави – фаза виходу в трубку – початок колосіння

Запізнення зі скошуванням призводить до:

- зниження вмісту протеїну на 20–40%;
- збільшення вмісту клітковини;
- погіршення перетравності корму.

Травостій повинен відповідати таким показникам:

- густота – не менше 70–80% покриття;
- засміченість – не більше 5–10%;
- відсутність токсичних рослин;

- рівномірність висоти рослин.

Агротехнічні вимоги до технологічних операцій

Скошування трав

Основні вимоги:

- висота зрізу:
- природні луки – 4–6 см;
- сіяні трави – 6–8 см;
- рівномірність зрізу – відхилення не більше ±1,5 см;
- втрати при скошуванні – не більше 2–3%;
- недопустимість забруднення корму ґрунтом.

Скошування необхідно проводити:

- у ранкові або вечірні години;
- за сприятливих погодних умов;
- з використанням гострих ріжучих елементів.

Плющення (кондиціонування)

Застосовується для прискорення сушіння:

Вимоги:

- рівномірне пошкодження стебел;
- недопущення осипання листя (особливо у бобових);
- ступінь плющення – 70–90% стебел.

Переваги:

- скорочення тривалості сушіння на 25–40%;
- зменшення втрат поживних речовин.

Ворушіння та перевертання

Вимоги:

- кількість операцій – 2–4 рази;
- інтервал – 4–6 годин (залежно від погоди);
- втрати листя – не більше 5–8%;
- швидкість агрегату – 6–10 км/год.

Особливо важливо:

- не проводити ворушіння при високій сухості (ризик втрат листя);
- уникати контакту з ґрунтом.

Формування валків

Валкування здійснюється для підготовки до підбирання.

Вимоги:

- ширина валка – узгоджена з підбирачем;
- рівномірність валка;
- щільність – середня (без надмірного ущільнення);
- вологість маси – 30–40%.

Підбирання та пресування

Основні вимоги вологості сіна при пресуванні:

- тюки – 14–17%;
- рулони – 16–20%;
- втрати при підбиранні – не більше 2–3%;
- рівномірність ущільнення;
- відсутність сторонніх домішок.

Недотримання вологості призводить до:

- самозігрівання;
- розвитку мікрофлори;
- втрати якості.

Транспортування та зберігання

- мінімізація втрат (до 1–2%);
- захист від опадів;
- акуратне навантаження.

Вимоги до зберігання:

- вологість сіна – не більше 15%;
- наявність вентиляції;
- захист від атмосферних опадів;
- правильне укладання (скирти, рулони).

Вимоги до якості готового корму

- колір – зелений або світло-зелений;
- запах – приємний, без ознак плісняви;
- вологість – 14–17%;

вміст сирого протеїну:

- бобові – 14–20%;
- злакові – 8–14%;
- засміченість – не більше 3–5%.

Недопустимі:

- пліснява;
- гниль;
- перегрівання;
- сторонні запахи.

Втрати поживних речовин та шляхи їх зменшення

Механічні (10–25%)

– осипання листя, втрати при ворушінні

Біохімічні (5–15%)

– дихання рослин після скошування

Кліматичні (до 30%)

– дощі, підвищена вологість

Шляхи зменшення:

- скорочення тривалості сушіння;
- застосування плющення;
- оптимізація кількості механічних операцій;
- використання сучасної техніки.

Екологічні та технологічні аспекти

- мінімальне ущільнення ґрунту технікою;
- збереження біорізноманіття луків;
- зменшення викидів від техніки;
- застосування енергоефективних агрегатів.

2.2 Конструкцій існуючих огляд

Ворушилки сіна класифікуються за такими основними ознаками:

За принципом дії

- ротаційні (роторні);
- колісно-пальцеві;
- грабельно-ворушильні (комбіновані).

За способом агрегатування

- навісні;
- причіпні;
- напівпричіпні.

За кількістю робочих органів

- одноротoрні;
- багатороторні (2–16 роторів).

Сучасні машини найчастіше представлені ротаційними багатороторними конструкціями.



Рисунок 2.1 – Ротаційні конструкції

Ротаційні (роторні) ворушилки

Ротаційні ворушилки є найбільш поширеним типом машин. Вони складаються з:

- рами;
- одного або кількох роторів;
- граблин (пружинних зубців);
- приводу від ВВП трактора;
- опорних коліс.

Кожен ротор має диск або головку, до якої кріпляться граблини. Під час обертання ротора зубці захоплюють рослинну масу, піднімають її та розкидають.

Конструктивні особливості

- кількість роторів: 2–16;
- робоча ширина: 2,2–17,2 м;
- привід: карданний вал із редукторами;
- граблини – пружинні сталеві або комбіновані.

Сучасні моделі (наприклад, серії MF TD або CLAAS VOLTO) мають:

- герметичні редуктори;
- гідравлічне складання; регулювання кута розкидання.

Переваги

- висока продуктивність;
- рівномірне ворушіння;
- універсальність (можливість перевертання валків);
- мінімальні втрати корму.

Недоліки

- складність конструкції;
- висока вартість;
- потреба в енергомісткому приводі.

Колісно-пальцеві ворушилки складаються з:

- рами;

- обертових коліс із пальцями;
- підвіски;
- регулювальних механізмів.

Робочі органи – це колеса з пружинними пальцями, які обертаються за рахунок контакту з ґрунтом.

Під час руху агрегату:

- колеса обертаються;
- пальці піднімають масу;
- здійснюється її розпушування та переміщення.

Такі машини можуть виконувати як ворушіння, так і згрібання.

Переваги

- простота конструкції;
- низька енергоємність;
- висока надійність;
- невисока вартість.

Недоліки

- нерівномірність ворушіння;
- залежність від рельєфу поля;
- більший ризик забруднення корму ґрунтом.

Грабельно-ворушильні машини (комбіновані)

Ці машини поєднують функції:

- ворушіння;
- згрібання;
- перевертання валків.

Вони є універсальними агрегатами для кормозаготівлі.

Конструктивні особливості

- комбіновані робочі органи;
- змінні режими роботи;
- можливість регулювання траєкторії руху зубців.

Такі машини можуть змінювати кінематику руху робочих органів залежно від операції.

Переваги

- універсальність;
- зменшення кількості проходів;
- економія пального.

Недоліки

- складність налаштування;
- компроміс між функціями;
- вища вартість.

Особливості конструкції робочих органів

Основні вимоги до зубців:

- пружність;
- зносостійкість;
- оптимальна форма (гачкоподібна, пряма).

Сучасні конструкції мають подвійні зубці або спеціальну форму для зменшення втрат корму.

Ротори:

- герметичні редуктори;
- балансування;
- можливість копіювання рельєфу поля.

Кут розкидання регулюється в межах 15–20° для адаптації до умов.

Типи приводів:

- механічний (карданний);
- гідравлічний;
- комбінований.

Сучасні ворушилки використовують:

- централізовані приводи;
- захисні муфти;
- системи синхронізації роторів.

Сучасні ворушилки характеризуються:

- збільшенням ширини захвату (до 12–17 м);
- багатороторними схемами;
- автоматизацією управління;
- зменшенням маси конструкції;
- підвищенням надійності.

Нові розробки включають:

- системи копіювання рельєфу;
- адаптивне регулювання;
- зниження втрат корму.

Ворушилки сіна є важливими машинами у технології заготівлі кормів, що забезпечують рівномірне висихання та збереження поживних речовин. Найбільш поширеними є ротаційні ворушилки, які забезпечують високу продуктивність і якість роботи завдяки багатороторній конструкції. Колісно-пальцеві ворушилки характеризуються простотою та дешевизною, однак поступаються за якістю обробки рослинної маси. Комбіновані машини мають високий рівень універсальності, але є складнішими та дорожчими.

2.3 Загальні положення патентного аналізу

Існує технічне рішення за патентом **№ 1281201** (рис. 2.2) метою якого є підвищення якості кормів шляхом прискорення процесу сушки валків і зниження втрат листової частини рослин.

Сіноворушилка включає раму 1 з колісним ходом, на якому встановлена платформа 2 з днищем і задньою стінкою, транспортер 3, виконаний у вигляді чотирьох ланкових кривошипно-коромислових механізмів, встановлених послідовно. Барабан 4 з кривошипно-пальцевим механізмом 5 встановлений на правій стороні платформи. Щиток 6 закріплено за рахунок шарніра 7 і обладнано пружиною 8. Під барабаном 4, щитком 6 і платформою 2 утворене вихідне вікно 9. Формувач 10 вентиляційного каналу, виконаний у вигляді

трьохгранної призми, встановлений під барабаном 4 і закріплено на платформі 2 за рахунок повідка. Підбирач 11 встановлено на рамі 1 перед платформою 2. Механізм приводу 12 встановлено також на рамі 1 передає обертання від валу відбору потужності трактора до механізму обертання валків.

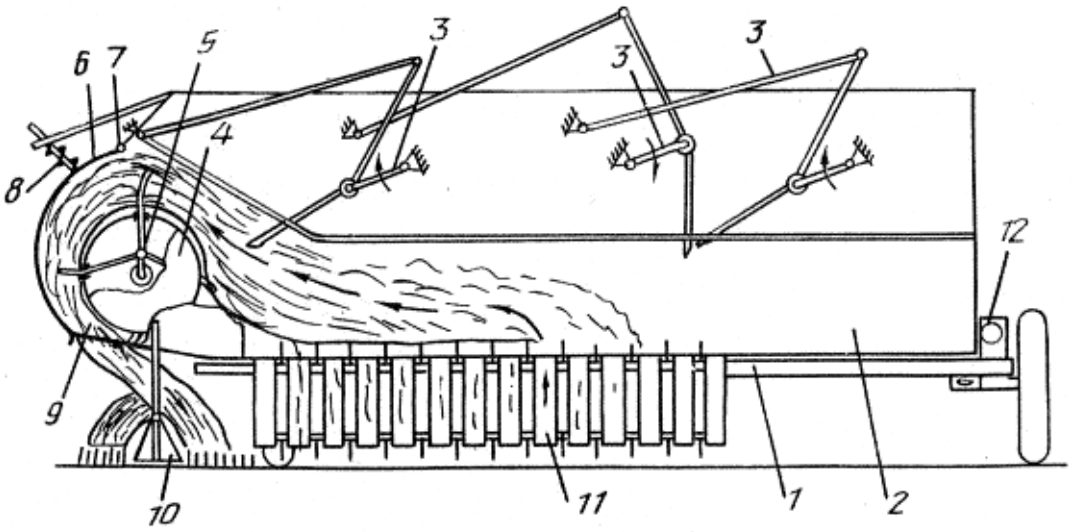


Рисунок 2.2. – № 1281201

Сіноворушилка працює наступним чином.

Валок сіна підбирається підбирачем 11 і подається на платформу 2. Транспортер 3 переміщує валок по дну до валко обертаючого барабану 4, який захоплює масу кривошипно-пальцевим механізмом 5 і подає її до вихідного вікна 9. Щиток 6 за рахунок пружини 8 підтискає валок до барабану 4, який, проходячи через вікно 9, вкладається на поверхню поля в перевернутому стані.

Формувач 10 протягується під валок, що укладається і формує під ним вентиляційний канал. Зовнішній кінець пальців барабана 4 зігнутий в сторону, протилежну обертанню барабана. При роботі зігнутий кінець не прибирається всередину барабана на виході і не сприяє її розрихленню. Зсування платформи 2 з механізмами по направляючим 13 в сторону укладання маси на поверхню поля забезпечується подвоювання валків.

Існує технічне рішення за патентом **№ 826994** (рис. 2.3) метою якого є забезпечення ефективного підсушування рослинної маси у валках.

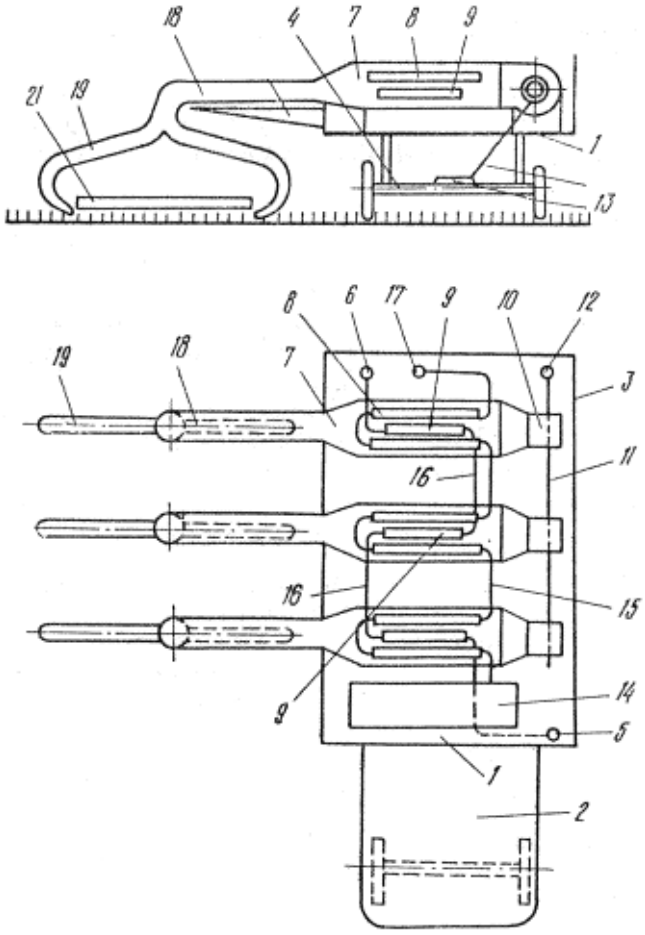


Рисунок 2.3. – № 826994

Сіноворушилка, містить шасі 1 автомобіля, двигун 2, кузов 3, привід з карданним валом 4, випускну трубу 5, шумоіскрозгашувач 6, ізольовані камери 7, теплообмінні апарати 8 і 9, вентилятори 10, горизонтальний карданний вал 11 з конусними шестернями 12, привід робочих органів 13 – встановлений перед заднім мостом машини.

Теплообмінні апарати 8 приєднанні до пальника 14 теплоізольованими трубами 15, а теплообмінні апарати 9 приєднанні до випускної труби 5 двигуна автомобіля теплоізольованим трубопроводом 16. Крім того ворушила містить вихлопні труби 6 і 17, трубопроводи 18 і 19 з подвоєними кінцями, кронштейн 20 і валок 21.

Ізольовані камери 7 з теплообмінними апаратами 8 і 9 і вентиляторами 10 встановлені паралельно один одному і з’єднанні пальником 14 і між собою послідовно.

Сіноворушилка працює наступним чином.

Автомобіль їде поряд з валком. Нагріте повітря вентиляторами 10 нагнітається по трубопроводам 18 і 19 під рослинну масу валка, при цьому нагрітий повітряний потік, випаровується через товщину хлібної маси, підсушує її, піднімає валок. Економічний ефект полягає в тому, що при підсушуванні урожайної маси у валках і випаровування вологи в межах 5 – 10% скорочуються втрати зерна при підбиранні і обмолоті зернових культур комбайнами.

Існує технічне рішення за патентом **№ 1223855** (рис. 2.4) метою якого є підвищення продуктивності при обертанні валків шляхом використання обох секцій, а також запобігання руйнуванню робочих елементів від поломок.

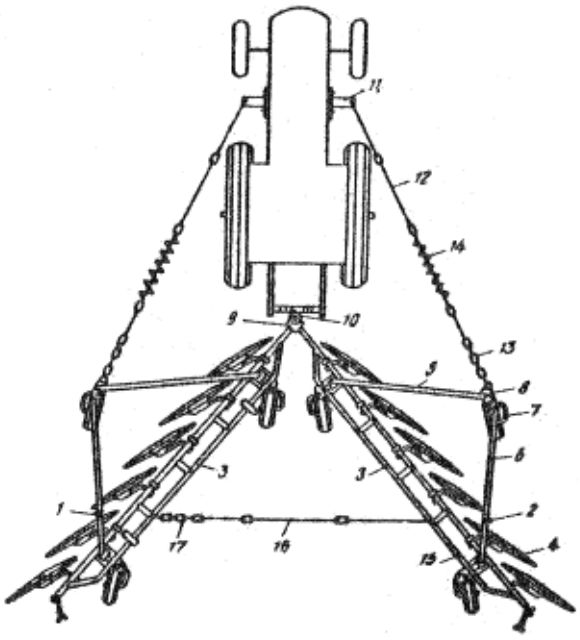


Рисунок 2.4. – Патент № 1223855

Колісно-пальцеві граблі містять дві секції 1 і 2, на рамах 3 яких за рахунок вісі закріплені робочі колеса 4, що частково перекривають один одне. Перекинуті через робочі колеса 4 бруси 5 і 6 з’єднанні з опорним колесом 7 і

утворюють середню частину секції 8, що запобігає перекиданню секції. Передні кінці 9 рам 3 приєднанні до причіпного пристрою енергетичного засобу 10, а середня частина секції 8 з'єднана з лонжероном трактора 11 за рахунок гнучких тяг 12. Останні обладнанні регулювальними елементами 13 і пружинами 14. Задні кінці 15 рам з'єднанні гнучкою тягою 16, що обладнана регулювальними елементами 17.

Робота при обертанні валків з використанням обох секцій здійснюється наступним чином. Агрегат переміщується по полю і здійснює обертання валків обома секціями, рухаючись по парним проміжках між валками або по непарним, що скорочує кількість проходів агрегату вдвоє.

Існує технічне рішення за патентом **№ 835359** (рис. 2.5) метою якого є підвищення універсальності машини шляхом використання її для ворушіння і спушування маси.

На трактор 1 навішена зчіпка 2 сінозбиральної машини, обладнана приводом 3. До зчіпки 2 шарнірно приєднанні симетрично розташовані рами 4 і 5 обох секцій, які додатково з'єднанні з трактором 1 розтяжками 6 і 7 і спираються на опорні колеса 8. На рамках 4 і 5 встановлені підбираючи пристрої 9, виконані у вигляді повздовжніх транспортерів з зубами 10. За підбираючими пристроями 9 встановлені з'єднані з приводом 3 поперечні валко утворюючі транспортери 11 і 12, обладнані вітровими щитами 13 і 14, що встановлені шарнірно з можливістю повороту і фіксації у вертикальному і нахиленому положеннях.

На кінцях поперечних валко утворюючих транспортерів 11 і 12 встановлені відвали 15 для обертання валків.

За зчіпкою 2 встановлені пальцеві колеса 16 для ворушіння середньої частини прокосу або додатковий проміжний короткий транспортер 17 з вітровим щитом 18. Пристрої для підбирання 9 обладнанні башмаками 19, а рами 4 і 5 - притискними пружними пальцями 20 і гнучкими чистиками 21.

Сінозбиральна машина працює наступним чином.

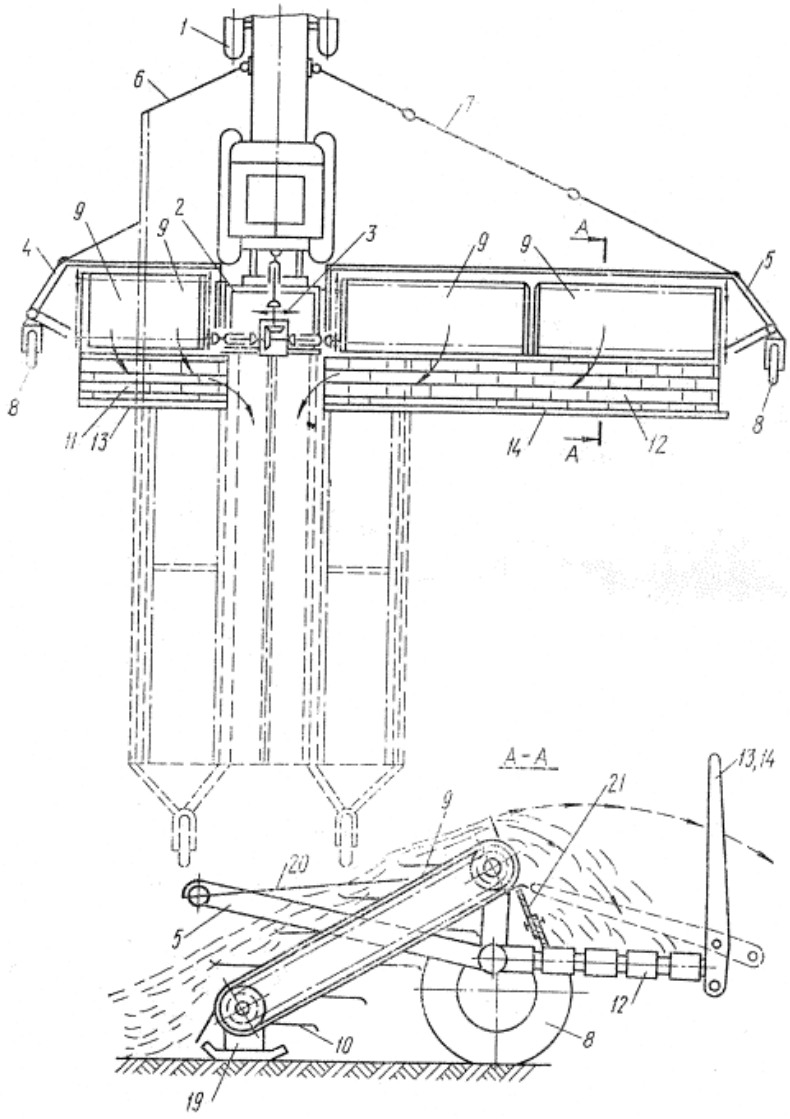


Рисунок 2.5. – № 835359

При переміщенні трактора по прокосу підбираючим пристроєм 9 сіно потрапляє на поперечні валко утворюючі транспортери 11 і 12 за рахунок притискних пружних пальців 20 і гнучких чистиків 21.

При ворушінні і спушуванні прокосів швидкість підбираючого пристрою 9 збільшується на 45%, вітрові щити 13 і 14 переводяться в похиле положення, і пальцьові колеса 16 встановлюються за зчіпкою 2.

Завдяки такій конструкції сінозбиральної машини збільшується її універсальність, що дозволяє використовувати машини для згрібання сіна в

один або два валки, їх обертання, для ворушіння і спушування прокосів без утворення валка.

Існує технічне рішення за патентом **№ 29298** (рис. 2.6 а, б) метою якого є скорочення тривалості знаходження трави в полі, а відтак і втрат поживних речовин за рахунок формування пухких валків; підвищення продуктивності та якості роботи машин, які працюють на підбиранні за рахунок формування їх рівномірними за шириною та масою.

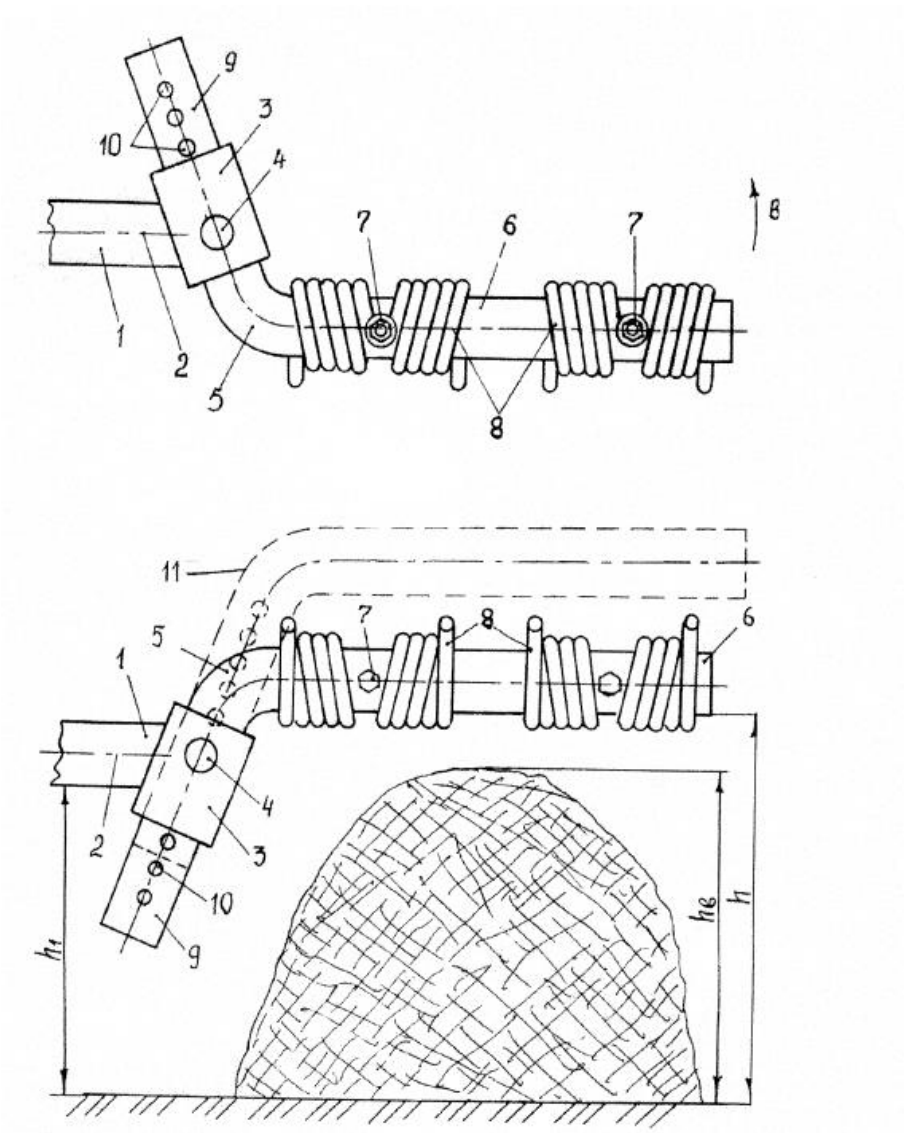


Рисунок 2.6. – № 29298, а

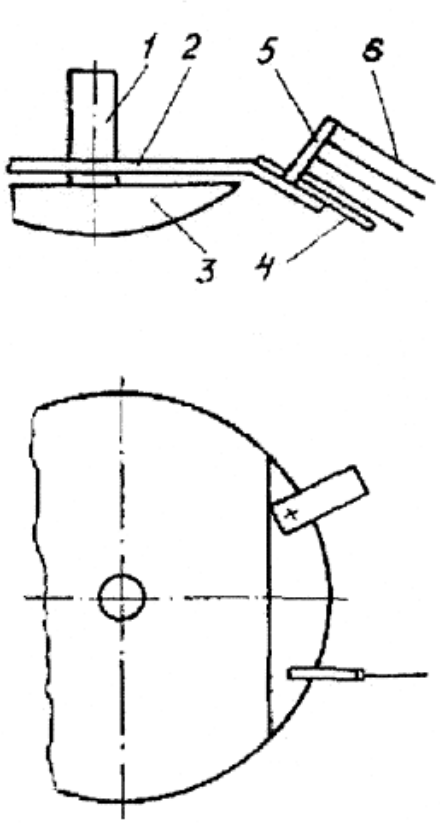


Рисунок 2.6. – № 29298, б

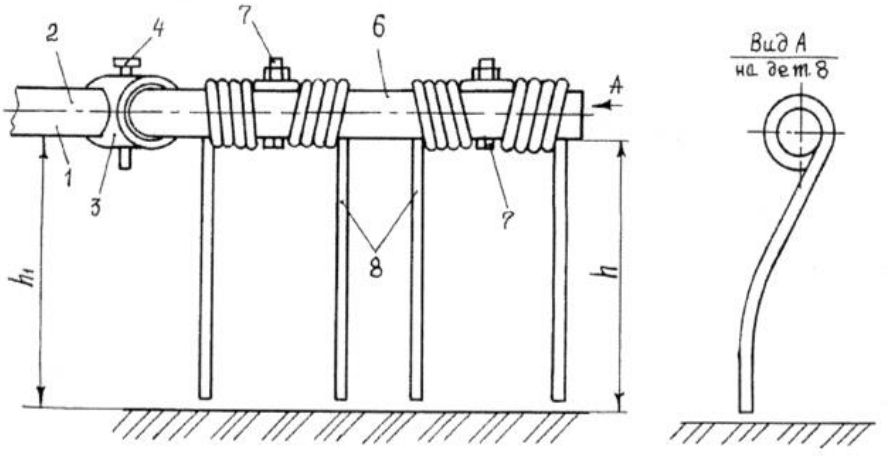


Рисунок 2.7. – № 1900

Ротор косарки-граблів складається з вертикального вала 1 та закріпленого на ньому диска 2, знизу якого встановлена копіювальна тарілка

3. На сегментно відігнутих до низу краях диска 2 симетрично виконано по два отвори, на одному з яких шарнірно закріплені прямолінійні ножі 4, а на іншому жорстко – зйомці пальці 5 з граблинами 6.

При скошуванні пальці 5 з граблинами 6 демонтуються. Диск 2 через вал 1 обертається і спираючись на тарілку 3, рухається вперед. Шарнірні ножі 4, які під дією відцентрових сил спрямовуються радіально зрізають рослини і переміщують їх набік. Завдяки сегментно відігнутому донизу краю диска 2 прямолінійні ножі 4 теж нахилені і тому не подрібнюють масу, а при перешкоді відхиляються. При згрібанні скошених рослин на відігнуті сегментні краї диска встановлюють пальці 5 з граблинами 6 і зменшують колову швидкість ротора, щоб не оббивати листочки трав і не подрібнювати масу. Рухаючись вперед, диск 2 своїми граблинами 6 згрібає скошені рослини набік, формуючи таким чином валок для подальших технологічних операцій. За такої низької колової швидкості ножі 4 втрачають жорстке радіальне спрямування і не пошкоджують масу, що згрібається.

Існує технічне рішення за патентом **№ 28915** (рис. 2.8 а, б) метою якого є підвищення надійності конструкції.

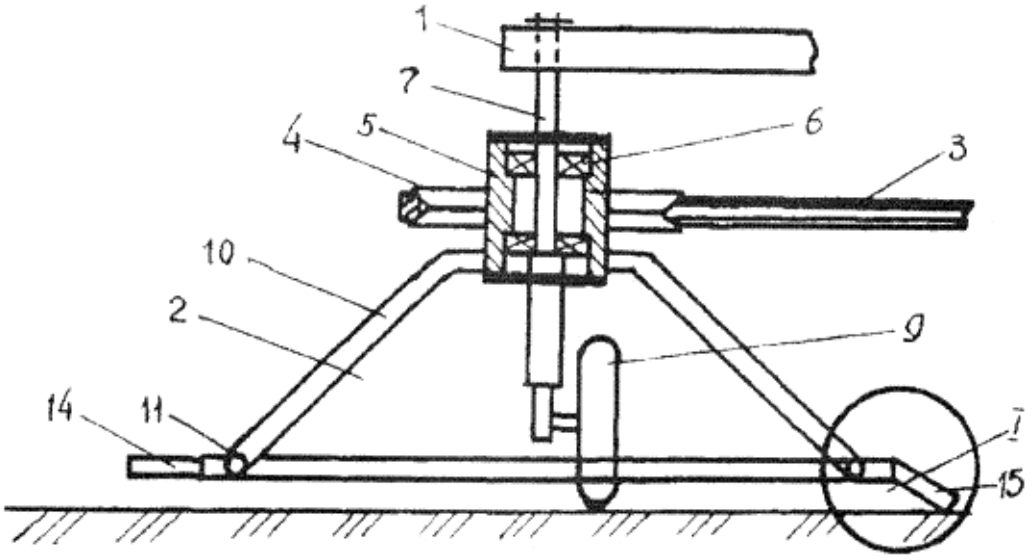


Рисунок 2.8. – № 28915, а

Сінозбиральна машина включає раму 1, навішену на енергетичний засіб . На рамі 1 закріплено, по меншій мірі, один ротор 2, що має привод через пас 3 від енергетичного засобу на шків 4, який закріплено на маточині 5. Маточина 5 обертається на підшипниках 6 навколо осі 7, прикріпленої до рами 1 хомутами 8. Ротор 2 опирається на колесо 9, яке закріплено в нижній частині осі 7 з можливістю регулювання по висоті.

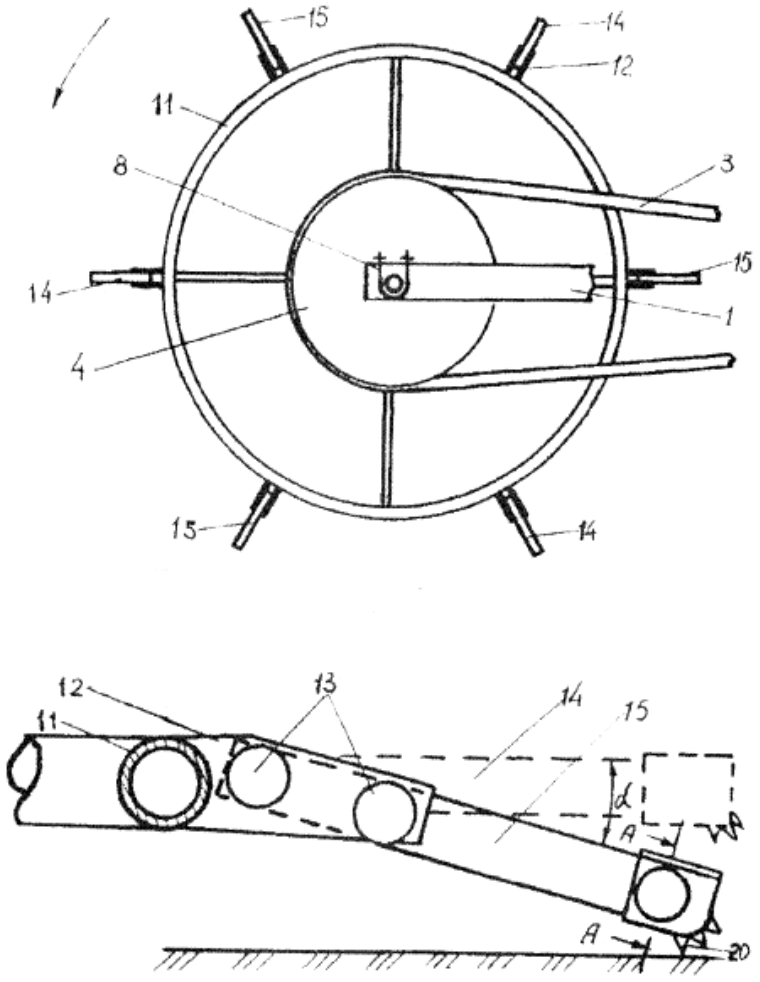


Рисунок 2.8. – № 28915, б

До маточини 5 прикріплені спиці 10 ротора 2. До нижньої частини спиць 10 ротора 2 закріплене кільце 11, до якого за допомогою кронштейнів 12 та болтів з гайками 13 прикріплені радіально і поперемінно гнучкі пальці 14 в площині нижньої основи ротора 2 та гнучкі пальці 15 – під гострим кутом до цієї площини. Гнучкі пальці 14 і 15 виконані гумовими, наприклад, із

клинопасових пасів, або із полімерних матеріалів з кордовою основою 16. На кінцях гнучких пальців 14 і 15 болтами з гайками 17 і шайбами 18 прикріплені плаваючі головки 19, що мають виступи 20. Плаваючі головки 19 можуть бути виконані змінними або відлиті разом з пальцями 14 і 15. Ротор 2 обертається в горизонтальній площині. Гнучкі пальці 14 і 15 захоплюють скошену траву на різній висоті від поверхні поля, завдяки тому, що вони розміщені поперемінно в площині обертання ротора і під гострим кутом вниз від нижньої площини ротора. При цьому із скошеною травою і поверхнею поля мають контакт плаваючі головки, які мають виступи для захвату трави.

Існує технічне рішення за патентом **№ 29254** (рис. 2.9) метою якого є збільшення функціональних можливостей конструкції.

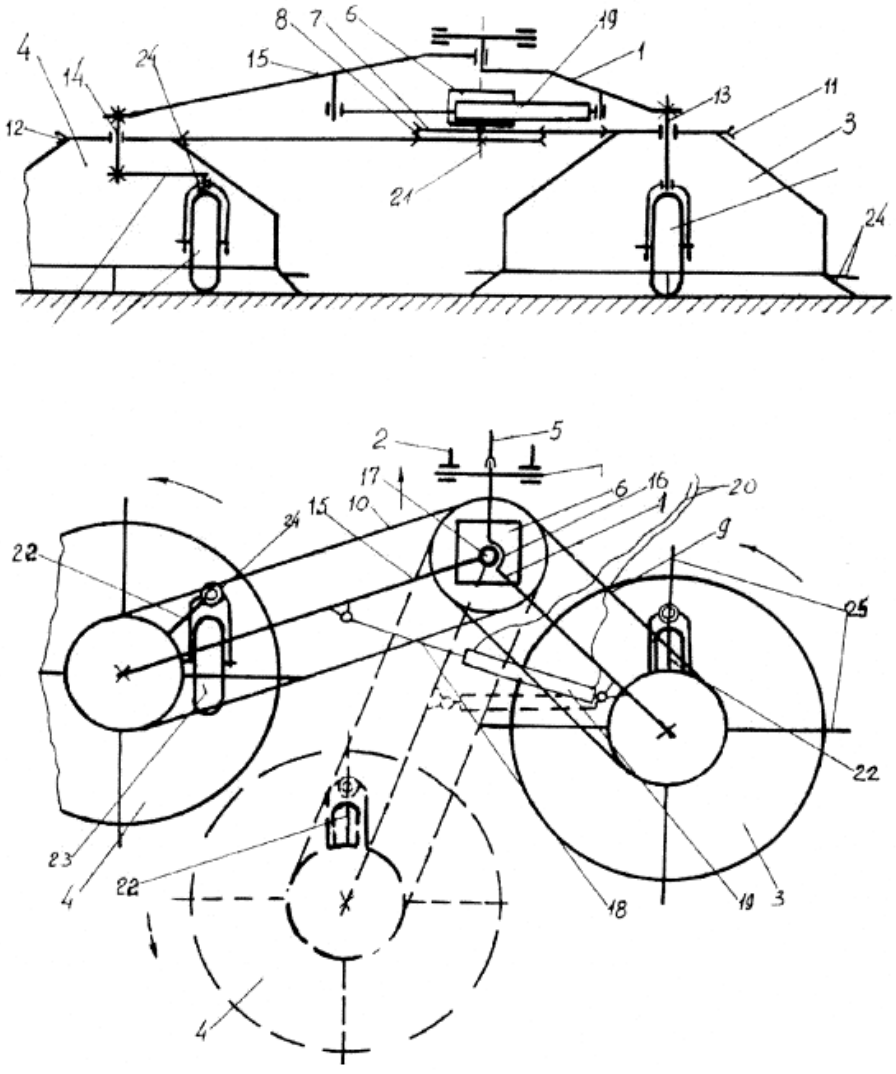


Рисунок 2.9. – № 29254

Ротори можуть обертатись навколо вертикальних осей 13 і 14. При цьому вертикальна вісь 13 правого ротора 3 закріплена на рамі 1, а вертикальна вісь 14 лівого ротора 4 – на кронштейні 15, який на шарнірі 16 з вертикальною віссю 17 прикріплено до рами 1.

Між рамою 1 і кронштейном 15 прилаштовано пристрій 18 для переміщення кронштейну 15 з ротором 4. Пристрій 18 виконано у вигляді гідроциліндра 19, який шлангами 20 з'єднано з гідравлічною системою трактора. За допомогою гідроциліндра 19 лівий ротор 4 відводиться у крайнє ліве положення, максимально віддаливши його від правого ротора 3. В цьому положенні кожен із роторів 3 і 4 можуть обробляти різні валки (розкидати, обертати), або згрібати за один прохід скошену траву у два валки.

Вертикальна вісь 17 шарніра 16 виконана співвісною з віссю вихідного валу 21 редуктора 6. Всередині і в передній частині роторів 3 і 4 на повідку 22 розміщені колеса 23, які закріплені на опорі 24.

Працює сінозбиральна машина наступним чином.

Існує технічне рішення за патентом **№ 29985** (рис. 2.10) метою якого є збільшення функціональних можливостей конструкції і підвищення надійності.

Сінозбиральна машина включає раму 1, навішену на енергетичний засіб. На рамі 1 закріплено ротор 2, що має привід через пас 3 від енергетичного засобу на шків 4, який закріплено на маточині 5. Маточина 5 обертається на підшипниках 6 навколо осі 7, прикріпленої до рами 1. До маточини 5 прикріплені спиці 8 ротора 2. До нижньої частини спиць 8 ротора 2 закріплене кільце 9, на якому прикріплені робочі органи 10, наприклад, граблини у вигляді пружин, або обертач у вигляді конуса із еластичного матеріалу, за допомогою яких обробляють скошені рослини.

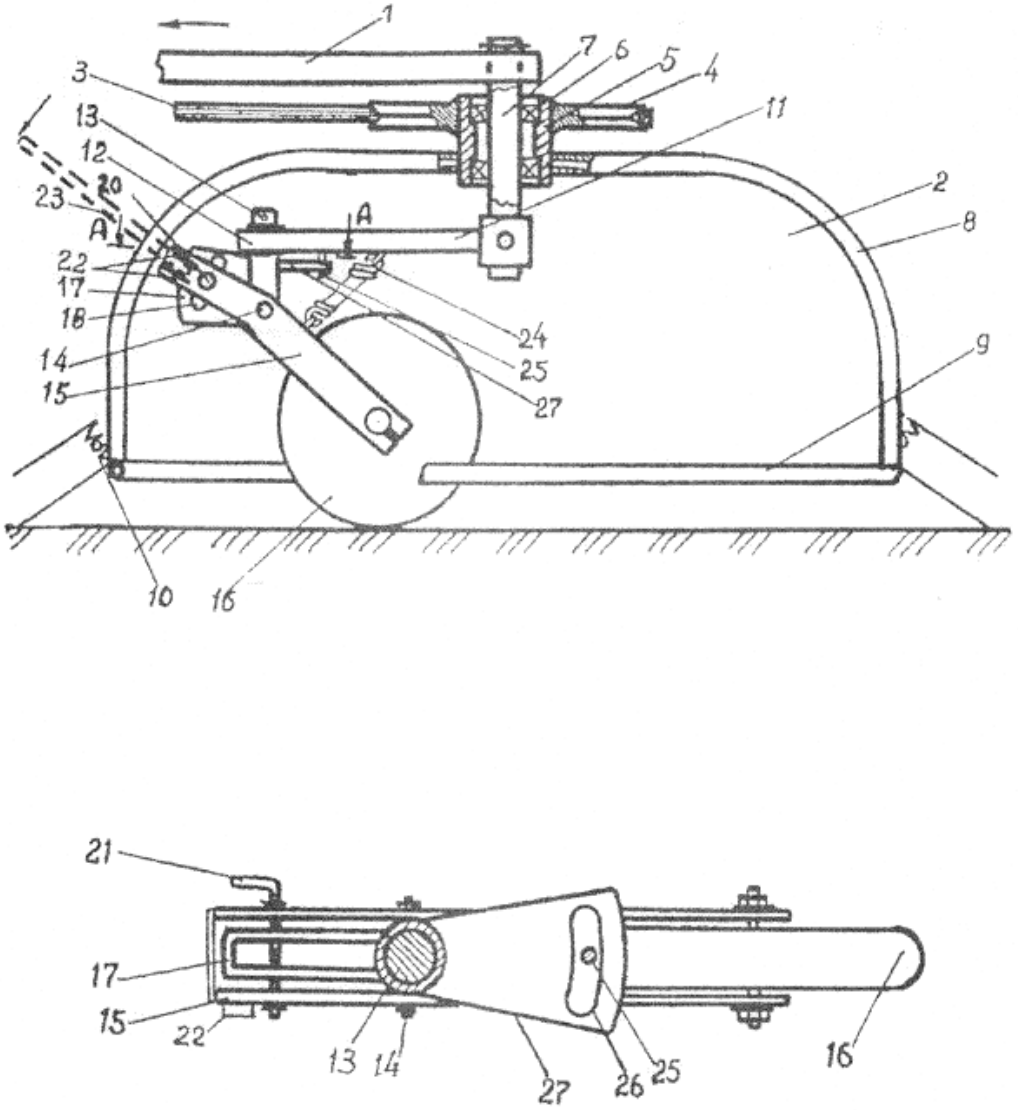


Рисунок 2.10. – № 29985

В нижній частині вертикальної вісі 7 закріплено поводок 11 з опорою 12, на якій на підшипниках встановлено додаткову вертикальну вісь 13, в нижній частині якої за допомогою стержня 14 прикріплено двоплечі кронштейни 15 з опорним колесом 16. Механізм регулювання висоти ротора 2 включає короб 17, прикріплений до додаткової вертикальної осі 13, який має отвори 18. Двоплечі кронштейни 15 мають отвори 20, за допомогою яких і штиря 21 фіксується ротор на необхідній висоті.

На кронштейні 15 є упори 22, які можуть утримувати стержень 23.

В нижній частині кронштейни 15 з'єднанні пружинами 24 з поводком 11. На поводку 11 є виступ 25, який входить в паз 26 сектора 27 пристрою, який обмежує поворот опорного колеса 16. Сектор 27 прикріплено до додаткової вертикальної осі 13 ротора 2.

Працює сінозбиральна машина наступним чином. Енергетичний засіб переміщує сінозбиральну машину по полю, обертаючи ротор 2 за допомогою паса і шківа 4.

Робочі органи 10 захоплюють скошену траву і переміщують її, формуючи в валок, або розкидають по полю. При цьому опорне колесо 16 знаходиться в передній частині і в середині ротора 2, копіюючи ту частину поля, з якої збирається скошена трава.

При зміні напрямку руху енергетичного засобу опорне колесо 16 з кронштейнами 15 повертає додаткову вісь 13 на підшипниках в опорі 12 поводка 11. При цьому поворот коліс 16 обмежується пазом 26, в якому ходить виступ 25.

Зміна висоти ротора проводиться наступним чином. Між упорами 22 встановлюють стержень 23, натискаючи на нього, звільняють і виймають штир 21, переміщуючи стержень 23. Далі стержнем 23 переміщують двоплечій кронштейн 15 до спів падання необхідних отворів 18 з отворами 20 на кронштейнах 15. Штирем 21 фіксують опорне колесо 16 в необхідному положенні.

При транспортуванні сінозбиральну машину піднімають гідравлічною системою енергетичного засобу. Від бокового переміщення опорне колесо 16 утримується пружинами 24.

Висновки

Агротехнічні вимоги до заготівлі грубих кормів є визначальним фактором формування їх якості та поживної цінності. Найбільш критичним етапом є вибір оптимальних строків скошування, що забезпечує максимальний

вміст протеїну та мінімальний рівень клітковини. Дотримання технологічних параметрів виконання операцій (висота зрізу, вологість, швидкість агрегатів) дозволяє знизити втрати корму до нормативних значень (не більше 10-15%).

Використання сучасних технологій (плющення, механізоване ворушіння, пресування) сприяє скороченню термінів заготівлі та підвищенню якості продукції. Порушення агротехнічних вимог призводить до значних втрат поживних речовин (до 40-50%) та зниження ефективності тваринництва. Раціональна організація процесу заготівлі грубих кормів забезпечує підвищення економічної ефективності виробництва та стабільність кормової бази господарства. Основними напрямами вдосконалення конструкцій сіноворушилок є: зниження втрат корму; підвищення продуктивності; автоматизація процесів; покращення адаптації до умов роботи. Вибір конструкції ворушилки повинен базуватися на умовах господарства, типі кормових культур та економічній доцільності.

Використання різних конструкцій сінозбиральних агрегатів дозволяє скоротити строки виконання польових робіт, зменшує матеріальні і грошові витрати та кількість проходів по полю коліс тракторів і знаряддя, що в свою чергу запобігає ущільненню і руйнуванню структури ґрунту. В дипломному проекті нами буде модернізовано сіноворушилку ВЦН-Ф-3, що дасть змогу одночасно з ворушінням вносити в масу хімічні препарати (консерванти). За основу взято патент № 24138.

3 ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКТИВНИХ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Конструкції розробленої опис

Найефективнішим є згодовування кормів тваринам у свіжому стані. Однак використання рослинної маси без попередньої обробки можливе переважно в літній період, а також частково навесні та восени. У зимовий період для забезпечення тварин кормами рослинного походження їх необхідно консервувати.

Аналіз наявних технологій показує, що процес обробки сіна консервуючими речовинами є досить складним, незручним і трудомістким, що обумовлено потребою у використанні спеціалізованого та технічно складного обладнання. У межах даного дипломного проєкту передбачається спрощення та здешевлення цього процесу шляхом зменшення витрат праці й використання технічних ресурсів. Досягнення цієї мети можливе за рахунок внесення консервантів безпосередньо під час ворушіння скошеної трави в польових умовах.

З цією метою пропонується модернізація ворушилки ВЦН-Ф-3, яка дозволить поєднати операцію перевертання, зокрема люцерни, із одночасним обприскуванням рослинної маси рідкими хімічними або біологічними консервантами. Такий підхід забезпечить покращення умов зберігання корму на відкритому повітрі, а також сприятиме зниженню трудових і матеріальних витрат на його обробку. Основною метою вдосконалення ворушилки є розширення її технологічних функцій і підвищення якості заготовлюваного корму шляхом внесення консервантів у процесі ворушіння. Конструктивно машина оснащена ротором, на ободі якого шарнірно закріплені кронштейни з робочими органами, що можуть повертатися в осьовій площині. Модернізація полягає в оснащенні ротора резервуаром для консервантів, використанні порожнистих пружинних зубів із перфорованими кінцями та їх з’єднанні гнучкими трубопроводами з ємністю.

Для забезпечення точного дозування та зменшення негативного впливу на довкілля кожен робочий орган обладнаний запірно-регулюючим механізмом у вигляді підпружиненого клапана, який взаємодіє з упором додаткового шарніра кронштейна. Переміщення рідини в резервуарі забезпечується його виконанням у формі усіченого конуса, встановленого співвісно з ротором.

Важливим чинником, що визначає втрати поживних речовин під час заготівлі сіна, є тривалість перебування скошеної маси на полі до досягнення необхідної вологості. Інтенсифікації процесу сушіння сприяють ворушіння прокосів і перевертання валків. Проте кожне наступне ворушіння супроводжується втратами врожаю через осипання листя та суцвіть - найбільш цінних частин рослин.

Істотним недоліком базової моделі ворушилки ВЦН-Ф-3 є неможливість одночасного виконання ворушіння та внесення хімічних препаратів, що прискорюють висушування рослинної маси, що обмежує її функціональні можливості.

Запропоноване вдосконалення спрямоване на підвищення якості корму шляхом внесення консервантів у процесі ворушіння, що дозволяє скоротити тривалість сушіння та зменшити втрати врожаю.

Досягнення поставленої мети забезпечується тим, що традиційна конструкція ворушилки, яка містить ротор із шарнірно закріпленими кронштейнами та пружинними зубами, додатково оснащується ємністю для рідких препаратів. Пружинні зуби виконані порожнистими з перфорованими кінцями, причому кожна їх пара з’єднана з резервуаром через систему трубопроводів і запірно-регулюючі пристрої з упорами, встановленими на кронштейнах.

Конструкція машини включає раму, на якій змонтовано щонайменше один ротор, що обертається навколо вертикальної осі. Нижня частина ротора спирається на опорне колесо, а верхня закріплена на рамі.

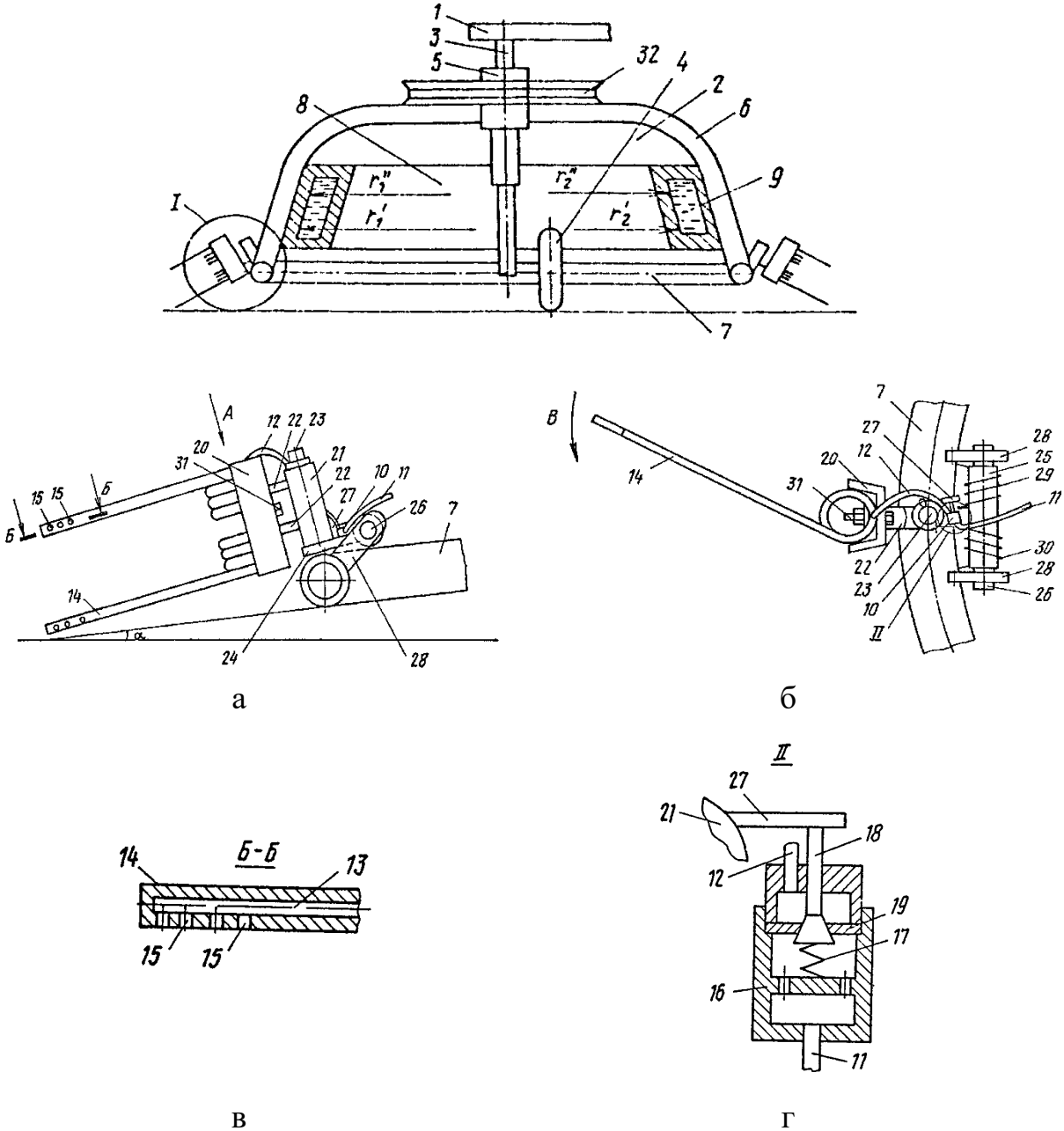


Рисунок 3.1 – Ротор сіноворушилки

а - вузол пружних пальців; б - вигляд вузла пружних пальців зверху;
в - розріз пружинного пальця; г - запірно-регулювальний пристрій;
1 - рама; 2 - ротор; 3 - вісь; 4 - колесо; 5 - маточина; 6 - хрестовина; 7 - обід; 8 – порожнина; 9 - хімічний препарат; 10 - запірно-регулюючий пристрій; 11,12 - трубопровід; 13 - канал; 14 - пружні зуби; 15 - отвори перфорації; 16 - корпус; 17 - пружина; 18 - клапан; 19 - сідло клапана; 20 - тримач; 21 - втулка; 22 - пластина; 23 - палець; 24 - основа; 25 - втулка; 26 - палець; 27 - упор; 28 - тримач; 29, 30 - кронштейн;

Обертовий вузол виконаний у вигляді колеса, що складається зі ступиці, до якої приєднані трубчасті хрестовини та обід. На внутрішній частині

хрестовин встановлена порожниста ємність у формі усіченого конуса, заповнена рідким препаратом. Через запірно-регулюючий механізм і гнучкі трубопроводи вона з'єднується з каналами пружинних зубів, сформованих із товстостінної пружинної труби малого діаметра. Зовнішні кінці зубів, що контактують із рослинною масою, мають отвори для рівномірного внесення рідини.

Запірно-регулювальний вузол 10 виконаний у вигляді корпусу 16, всередині якого розміщені пружина 17, клапан 18 та його сідло 19. До корпусу за допомогою штуцерних з'єднань приєднані трубопроводи 11 і 12.

Пружинні зуби 14 закріплені на ободі 7 через спеціальний кронштейн, який складається з тримача 20 і втулки 21, з'єднаних між собою пластинами 22. Конструкція також включає палець 23, зафіксований на основі 24, привареній до втулки 25, а також палець 26.

На втулці 21 встановлений упор 27, який взаємодіє з клапаном 18 запірно-регулювального механізму 10, закріпленого на основі 24. Втулка 21 змонтована на пальці 23 з можливістю обертання навколо його осі, утворюючи додатковий шарнір кронштейна кріплення пружинних зубів до обода 7. Це забезпечує можливість відхилення зубів у радіальній площині під дією оброблюваної рослинної маси.

Палець 26 фіксується у двох тримачах 28, приварених із внутрішнього боку обода 7. Разом із втулкою 25 він формує основний шарнір кронштейна кріплення пружинних зубів 14. Завдяки цьому, під впливом торсійних пружин 29 і 30, кронштейн із закріпленими зубами у неробочому стані ротора 2 повертається у верхнє положення в осьовій площині. Це запобігає контакту зубів із поверхнею ґрунту або перешкодами під час переміщення агрегату з нерухомим ротором.

У середній частині пружинні зуби 14 закріплені до тримача 20 за допомогою болта 31. Для надання ротору 2 обертального руху навколо осі 3 до трубчастих хрестовин 6 співвісно з віссю обертання приєднано шків 32.

Під час роботи сіноворушилка нахиляється вперед за напрямком руху таким чином, що обід 7 утворює з поверхнею поля гострий кут α. Ротор 2 приводиться в обертання від шківа 32 навколо осі 3. Під дією відцентрових сил пружинні зуби разом із кронштейнами долають опір торсійних пружин і займають робоче положення, повертаючись навколо пальця 26.

Обертання ротора у напрямку, позначеному стрілкою В, забезпечує захоплення сіна, розташованого перед ротором, та його переміщення у напрямку обертання. Рідкий консервант 9, що міститься в обертовій ємності 8, під впливом відцентрових сил зазнає підвищення тиску.

У нижній частині резервуара тиск рідини є більшим, ніж у верхній, що спричиняє її циркуляцію по висоті ємності. Це явище перешкоджає розшаруванню розчину, особливо у випадку використання малорозчинних або схильних до осадження препаратів, а також дозволяє застосовувати сухі компоненти без попереднього приготування розчинів.

Під дією надлишкового тиску розчин подається трубопроводом 11 до запірно-регулювального пристрою 10. Завдяки наявності додаткового шарніра (втулка 21 – палець 23), при взаємодії зубів із рослинною масою вони повертаються навколо пальця 23. У результаті цього упор 27 тисне на клапан 18, який, стискаючи пружину 17, відходить від сідла 19. Через утворений зазор розчин надходить трубопроводом 12 у внутрішні канали 13 порожнистих зубів 14 і далі через отвори 15 рівномірно розподіляється у рослинній масі.

Таким чином забезпечується поєднання механічного обробітку (ворушіння або згрібання) із внесенням консервантів.

Наявність додаткового шарніра дозволяє здійснювати дозоване внесення препаратів залежно від щільності прокосу. При обробці більш потужних валків зуби відхиляються на більший кут, що викликає сильніший тиск упора 27 на клапан 18 і, відповідно, збільшення подачі рідини. При меншій щільності маси подача препарату зменшується.

Після зменшення навантаження на зуби клапан під дією пружини повертається у вихідне положення, перекриваючи подачу робочої рідини.

Використання запропонованої конструкції, порівняно з базовими аналогами, дозволяє поєднати механічні операції обробітку скошеної маси (ворушіння, згрібання, перевертання валків) із одночасним внесенням консервантів. Це сприяє зниженню втрат поживних речовин, підвищенню якості корму та скороченню тривалості сушіння.

У подальших розділах буде виконано розрахунки конструктивних параметрів машини, а також оцінено її експлуатаційні показники.

3.2 Розрахунок ворушилки вала

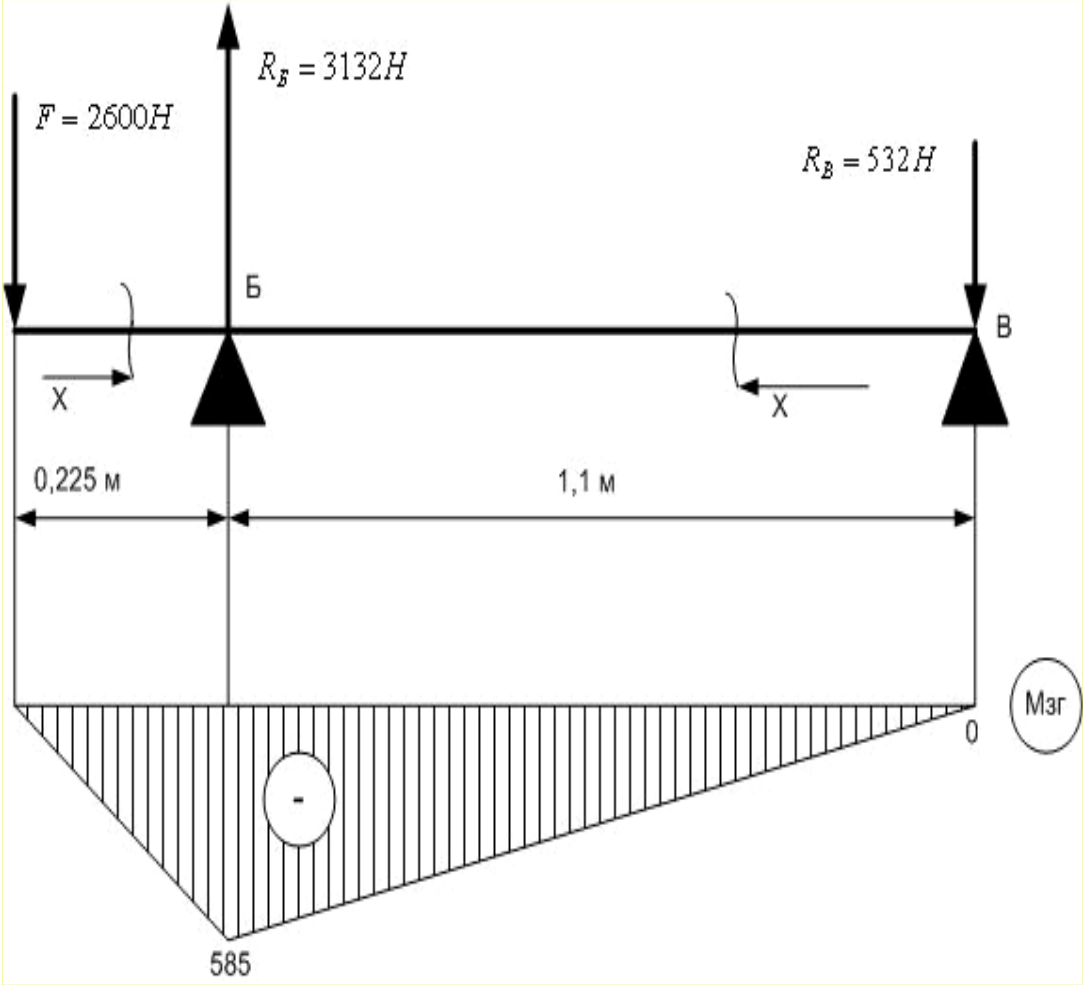


Рисунок 3.2 – Моменту згинаючого епюра

$$\sum Y_I = 0; \qquad -F_N + R_Б + R_В = 0; \tag{3.1}$$

$$R_Б = F_N + R_B = 2600 + 532 = 3132 \text{ Н};$$

$$M_{КР} = \sqrt{(M_{ЗГ})^2} + (T_{КР})^2, \tag{3.2}$$

$$M_{кр} = \sqrt{(-585)^2 + (331)^2}^2 = 672{,}2 \text{ Нм}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{КР}}{0{,}1[\sigma]}}; \tag{3.3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{672{,}2}{0{,}1 \times 65 \times 10^6}} = 0{,}047 \text{ м};$$

В точці Б діаметр вала (у місці встановлення підшипників кочення) з урахуванням конструктивних вимог рівним 65 мм

3.3 Розрахунок до вибору підшипників

Для $R_Д$ моментів сил відносно т. С складемо рівняння:

$$\sum M_C = 0; \qquad F_N \times 0.225 - R_Д \times 1{,}1 = 0; \tag{3.4}$$

$$R_Д = \frac{F_N \times 0.225}{1.1} = \frac{2600 \times 0.225}{1.1} = 532 \text{ Н};$$

$$\sum Y_I = 0; \qquad -F_N + R_Б - R_Д = 0; \tag{3.5}$$

$$R_C = F_N + R_Д = 2600 + 532 = 3132 \text{ Н};$$

$$L_n = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^p \tag{3.6}$$

$$P = V \times F_r \times K_б \times K_T \tag{3.7}$$

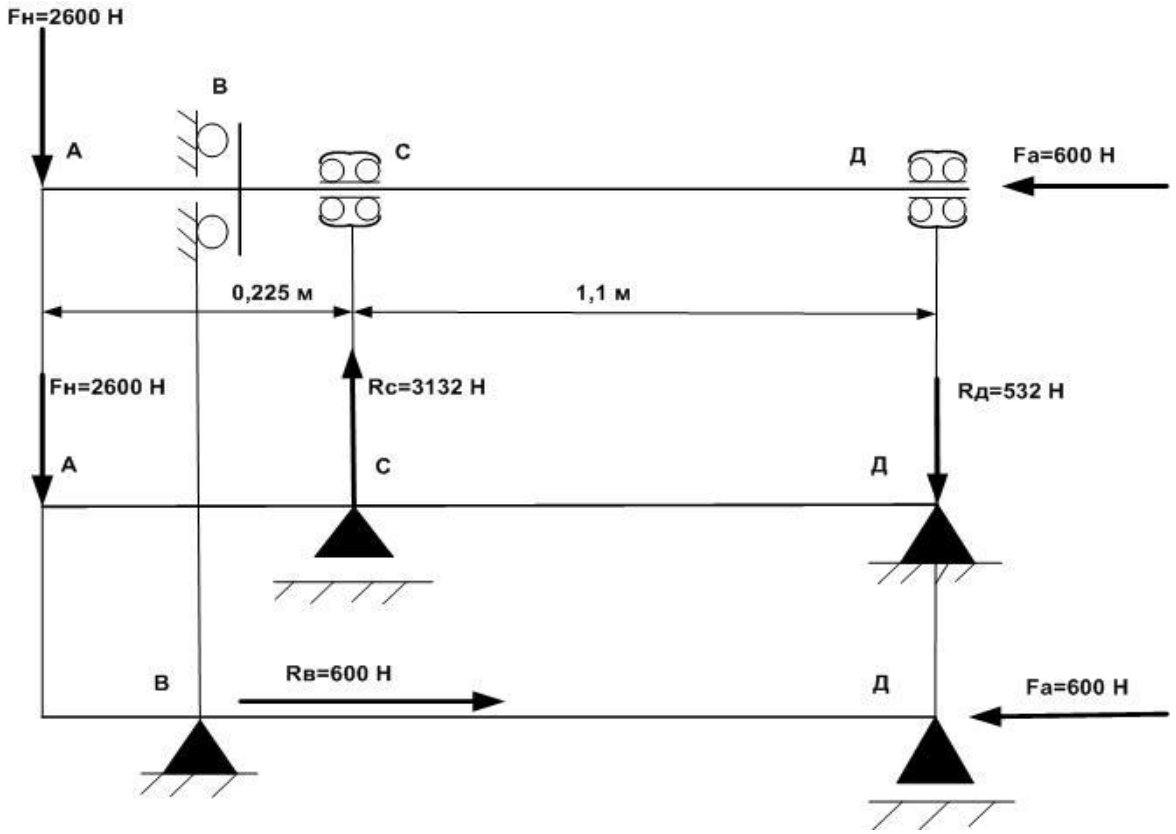


Рисунок 3.3 – Підшипників навантаження схема

$$P = 1 \times 3132 \times 1 \times 1.05 = 3289 \text{ Н};$$

$$L_n = \frac{10^6}{60 \times 1500}\left(\frac{30200}{3289}\right)^3 = 7965 \text{ год};$$

Підшипник №1214 приймаємо, бо умова виконується L_n=7965 > [L_n] = 6000;

$$L_n = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^p \tag{3.9}$$

$$P = V \times F_r \times K_б \times K_T \tag{3.10}$$

$$P = 1 \times 532 \times 1 \times 1.05 = 559 \text{ Н};$$

$$L_n = \frac{10^6}{60 \times 1620}\left(\frac{62000}{559}\right)^3 = 14700000 \text{ год};$$

$$L_n = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (3.11)$$

$$P = V \times F_A \times K_б \times K_T \quad (3.12)$$

$$P = 1 \times 600 \times 1 \times 1.05 = 630 \text{ Н};$$

$$L_n = \frac{10^6}{60 \times 1500}\left(\frac{133000}{630}\right)^3 = 36000000 \text{ год};$$

№ 8220 повністю задовольняє

3.4. З'єднання шпонкового розрахунок

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_3}{d\frac{h}{2}l}, \quad (3.13)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 331}{0.060\frac{0.009}{2} \cdot 0.090} = 0.033$$

$$\tau_{зр} = \frac{2T}{dbl} \le \left[\tau_{зр}\right], \quad (3.14)$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 331}{0.060 \cdot 0.014 \cdot 0.090} = 0.014$$

Виконано міцності умову

3.5. Розрахунок на міцність зварних швів

Визначаємо зусилля, які діють на опори і стійки від маси за формулою:

$$F_к = m \times g \tag{3.15}$$

де m – маса днища контейнера, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2,

$$F_к = 50 \times 9{,}81 = 425{,}25 H$$

При виконані навантажувальних робіт на днище діють зусилля до 400 Н, тому зусилля, які діють на опори і стійки визначаємо за формулою:

$$F = (F_k + F_m)/2 \tag{3.16}$$

де F_m – зусилля прикладені при виконані демонтажних робіт, Н

$$F = (425{,}25 + 400)/2 = 202{,}12 H$$

Визначаємо максимальні напруження зрізу (МПа) в зварних швах за формулою:

$$\tau_{зр} = (P / 0,7 \times \kappa \times e \times 10^6) \leq \left[\tau_{зр} \right] \quad (3.17)$$

де к – катет шва, м;

е – довжина шва, м;

[τ] – допустимі напруження зрізу матеріалу шва, МПа; $\left[\tau_{зр}\right]$= 60 МПа для сталі 20:

– для опор: $\tau_{зр} = (202,12 / 0,7 \times 0,13 \times 0,005 \times 10^6) = 0,47 МПа$

– для стійок : $\tau_{зр} = (202,12 / 0,007 \times 0,005 \times 10^6) = 8,66 МПа$

Умова міцності виконується.

Визначаємо напруження розтягу, стиску для опор за формулою:

$$\delta_{ст} = (P / S \times e \times 10^6) \leq \left[\delta_{сп} \right], \quad (3.18)$$

де S – найменша товщина зварювальних елементів, м;

$\left[\delta_{сп}\right]$ – допустимі напруження зварного шва при розтягу (стиску), МПа: $\left[\delta_{сп}\right] = 115 МПа [1]$

$$\delta_{ст} = (217,2 / 0,13 \times 0,25 \times 10^6) = 0,007$$

Умова міцності на розтяг і стиск виконується.

3.6 Визначення робочих режимів

$$k_м = k_о \cdot [\, 1 + П \cdot (Vp - Vo) \,], \quad (3.19)$$

$$k_{м3} = 0.5[\, 1 + 0.01(7.24 - 5) \,] = 0.5 \ \ кН/м^2$$

$$k_{м4} = 0.5[1+0.01\ (8.9-5)]=0.3\ \ кН/м^2$$

$$Bmax = \frac{Ргак}{k_м + g_м\left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100}\right)}\ м, \qquad (3.20)$$

$$Ргак = Рруш - P_f - P_i, \qquad (3.21)$$

$$Рруш = \frac{9.554 \cdot Ne \cdot i_{тр} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_н}\ , \qquad (3.22)$$

$$r_k = (r_o + h)\lambda, \qquad (3.23)$$

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

$$i_{тр} = \frac{0.377 \cdot n_н \cdot r_k}{V_т}\ , \qquad (3.24)$$

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

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

$$Рруш_3 = \frac{9.554 \cdot Ne \cdot i_{тр3} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_н} = \frac{9.554 \cdot 58.9 \cdot 64.95 \cdot 0.90}{0.6 \cdot 2200} = 24.9\ \ кН$$

$$Рруш_4 = \frac{9.554 \cdot Ne \cdot i_{тр4} \cdot \zeta_{тр}}{r_k \cdot n_н} = \frac{9.554 \cdot 58.9 \cdot 52.8 \cdot 0.90}{0.6 \cdot 2200} = 20.3\ \ кН$$

$$P_f = f_{тр} \cdot Gтр, \qquad (3.25)$$

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

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

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

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

$$Pmax_{зч} = \mu \cdot G_{тр} \cdot \phi, \quad (3.26)$$

$$Pmax_{зч} = 0.69 \cdot 33.5 \cdot 1.0 = 23.1 \text{ кН}$$

$$Р_{руш} \le Pmax_{зч}, \quad (3.27)$$

$$20.3 < 23.1$$

$$B_{max} = \frac{P_{гак}}{k_м + g_м\left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100}\right)} = \frac{17.7}{0.3 + 5.2\left(1.5 \cdot 0.68 + \frac{1}{100}\right)} = 3.1 \text{ м}$$

$$n_p = \frac{B_{max}}{B_k} = \frac{3.1}{3} = 1.03 \quad (3.28)$$

$$B_р = B_k \cdot \beta \cdot n_ф, \quad (3.29)$$

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

$$Ra = Bk \cdot k_м + Gм \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100}\right) = 3 \cdot 0.3 + 15.8 \cdot \left(1.5 \cdot 0.68 + \frac{1}{100}\right) = 17.3 \text{ кН}$$

$$Na = \frac{Ra \cdot V_p}{3.6} = \frac{17.3 \cdot 8.9}{3.6} = 42.8 \quad (3.30)$$

$$\zeta_{вик} = \frac{Ra}{Ргак} = \frac{17.3}{17.7} = 0.98 \quad (3.31)$$

,

$$\zeta_{тяг} = \frac{Na}{Ne} = \frac{42.8}{58.9} = 0.7 \quad (3.32)$$

.

$$Cопт = \sqrt{16\rho^2 + 2 \cdot Lp \cdot Bp} \quad (3.33)$$

,

$$\rho = 1.1 \cdot B_p\left(1.41 - \frac{1.41 - 1.09}{10} \cdot 1\right) = 1.1 \cdot 2.9 \cdot \left(1.41 - \frac{1.41 - 1.09}{10} \cdot 1\right) = 4.4$$

$$Cp = \sqrt{16 \cdot 4{,}4^2 + 2 \cdot 1000 \cdot 2{,}9} = 78.2 \text{ м}$$

$$Cф = (n \cdot 2 \cdot Bp) > Cопт, \quad (3.34)$$

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

$$Ep = 3 \cdot \rho + e, \quad (3.35)$$

$$e = (0.1...0.2) \cdot l_k, \quad (3.36)$$

$$l_k = l_т + l_м, \quad (3.37)$$

$$l_т = 1{,}32 \text{ м.};$$

$$l_м = 1{,}0 \text{ м.}$$

$$l_к = 1.3 + 1.0 = 2.3 \text{ м}$$

$$e = 0.1 \cdot 2.3 = 0.2 \text{ м}$$

$$Ep = 3 \cdot 4.4 + 0.2 = 13.4 \text{м}$$

$$Eф = n \cdot Bp > Ep, \quad (3.38)$$

$$Eф = 5 \cdot 2.9 = 14.5 \text{м}$$

Для виду повороту петльового $x < 2\rho$.

$$\phi = \frac{Sp}{Sp + Sx}. \quad (3.39)$$

$$Sp = \frac{L_д \cdot Cф}{Bp} \text{ м}, \quad (3.40)$$

$$L_д = 2Eф + L_p = 2 \cdot 14.5 + 1000 = 1029 \text{ м}$$

$$Sp = \frac{1029 \cdot 81.2}{2.9} = 28812 \text{ м}$$

$$Sx = \frac{L_x \cdot (Cф + 2 \cdot Eф)}{Bp} \text{ м}, \quad (3.41)$$

$$L_x = 6R + 2e. \quad (3.42)$$

$$R = \frac{Еф - e + 0.5 \cdot Вр}{2} = \frac{14.5 - 0.2 + 0.5 \cdot 2.9}{2} = 6.4 м$$

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

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

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

Висновки

Розрахунками вала-шестерні ворушилки встановлено, що для забезпечення надійності роботи і з врахуванням конструктивних потреби прийнято вал рівним 65 мм. Розраховано підшипник №1214 на довгостроковість. Для нормальної роботи підшипника повинна виконуватись умова: $L_n > [L_n]$. тобто, L_n=7965 год > $[L_n]$ = 6000 год; Умова виконується, отже для опори прийнято підшипник №1214.

Обґрунтовано найменшу товщину зварювальних елементів, допустимі напруження зварного шва при розтягу (стиску), МПа: $[\delta_{сп}] = 115 МПа$. Умова міцності на розтяг і стиск виконується.

Встановлено, що при роботі агрегату в полі потрібна висока організації роботи. Щоб забезпечити виконання технологічного процесу з врахуванням агротехнічних і економічних показників, необхідно повне завантаження агрегату. Таким чином визначено питомий тяговий опір, отже, зусилля на гаку при 3-й передачі: -$P_{гак}$ = 22,3 кН; при 4-й передачі: $P_{гак}$ = 17,7 кН, при максимальній силі зчеплення Pmax зч = 23,1 кН. На 4-й передачі: - 20,3 < 23,1.

Визначено тяговий опір агрегату який склав 17.3 кН при коефіцієнті його корисної дії 0,7.

4 НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАХИСТ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Роботи із заготівлі сіна належать до категорії підвищеної небезпеки, оскільки виконуються із застосуванням машинно-тракторних агрегатів, що мають рухомі та обертові робочі органи, працюють у польових умовах і часто супроводжуються впливом несприятливих природних факторів. Дотримання вимог охорони праці є обов’язковою умовою забезпечення безпеки працівників, збереження техніки та ефективності виробничого процесу.

1. Загальні положення

До виконання робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та мають посвідчення на право керування сільськогосподарською технікою. Працівники повинні знати будову машин, принцип їх роботи, правила експлуатації та дії у разі виникнення аварійних ситуацій.

2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час заготівлі сіна на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- рухомі частини машин і механізмів (ножі, ротори, вали, ремені);
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- пил рослинного походження, який може викликати алергічні реакції;
- несприятливі погодні умови (висока температура, ультрафіолетове випромінювання, вітер);
- можливість наїзду техніки або перекидання агрегатів;
- пожежна небезпека через наявність сухої рослинної маси;
- фізичне перевантаження працівників.

Знання та врахування цих факторів дозволяє розробити ефективні заходи щодо їх мінімізації.

3. Вимоги безпеки перед початком робіт

Перед початком робіт необхідно:

- перевірити технічний стан машин і агрегатів;
- переконатися у справності гальмівної системи, рульового керування та освітлювальних приладів;
- оглянути робочі органи (ножі, зуби, ротори) на наявність пошкоджень;
- перевірити наявність і справність захисних кожухів та огороджень;
- переконатися у надійності з'єднання агрегату з трактором;
- перевірити рівень мастильних матеріалів і пального;
- очистити робочі органи від сторонніх предметів;
- провести інструктаж працівників щодо безпечного виконання робіт.

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, окулярами та, за потреби, респіраторами.

4. Вимоги безпеки під час виконання робіт

Під час роботи забороняється:
- перебувати в зоні дії робочих органів машин;
- виконувати ремонт або очищення механізмів при працюючому двигуні;
- залишати техніку без нагляду з увімкненим двигуном;
- перевозити людей на сільськогосподарських машинах, не призначених для цього.

Оператор повинен:
- постійно контролювати роботу агрегату;
- дотримуватися встановленої швидкості руху;
- уникати різких маневрів;
- стежити за рівномірністю завантаження машин;
- своєчасно зупиняти агрегат у разі виникнення несправностей.

При виконанні операцій ворушіння та згрібання сіна необхідно враховувати напрямок вітру та уникати роботи проти сильного потоку пилу.

5. Вимоги безпеки при обслуговуванні машин

Технічне обслуговування машин повинно проводитися лише після повної зупинки двигуна та відключення приводу робочих органів. Перед початком обслуговування необхідно:

- встановити машину на рівну поверхню;
- зафіксувати її у стійкому положенні;
- вимкнути двигун і витягнути ключ запалювання.

Забороняється використовувати несправний інструмент або виконувати роботи без відповідної підготовки. При заміні деталей необхідно використовувати лише штатні комплектуючі.

6. Вимоги пожежної безпеки

Заготівля сіна пов’язана з високим ризиком виникнення пожеж. Для запобігання цьому необхідно:

- регулярно очищати машини від рослинних залишків;
- не допускати витоку пального та мастильних матеріалів;
- забезпечити наявність вогнегасників у техніці;
- заборонити куріння поблизу місць роботи;
- у разі виникнення пожежі негайно зупинити техніку та вжити заходів щодо її ліквідації.

7. Вимоги безпеки після закінчення робіт

Після завершення робіт необхідно:

- зупинити двигун і відключити всі механізми;
- очистити машину від залишків сіна та пилу;
- провести огляд технічного стану;
- усунути виявлені несправності;
- поставити техніку на відведене місце зберігання;
- повідомити керівництво про виявлені недоліки.

8. Дії у разі аварійних ситуацій

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно:

- негайно зупинити роботу агрегату;
- вимкнути двигун;

- повідомити керівника робіт;
- надати першу допомогу потерпілим;
- викликати відповідні служби у разі необхідності.

Працівники повинні бути навчені правилам надання першої допомоги та знати розташування аптечок.

9. Ергономічні та екологічні аспекти безпеки

Важливим аспектом охорони праці є створення комфортних умов для оператора. Це включає:
- зниження рівня шуму та вібрації;
- забезпечення зручного робочого місця;
- оптимізацію режимів праці та відпочинку.

Екологічна безпека передбачає:
- мінімізацію негативного впливу техніки на ґрунт;
- раціональне використання паливно-мастильних матеріалів;
- зниження викидів шкідливих речовин.

Дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки при заготівлі сіна є необхідною умовою ефективного та безпечного виконання робіт. Комплексний підхід, що включає технічні, організаційні та індивідуальні заходи, дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму, підвищити продуктивність праці та забезпечити стабільну роботу сільськогосподарських підприємств.

Запровадження сучасних технологій, удосконалення конструкцій машин і підвищення рівня підготовки персоналу сприятиме подальшому покращенню умов праці та зниженню рівня небезпеки під час виконання робіт із заготівлі сіна.

У результаті опрацювання матеріалів щодо машин для заготівлі сіна встановлено, що даний комплекс технологічних операцій є одним із найважливіших у системі кормовиробництва, оскільки безпосередньо визначає якість, поживну цінність та збереженість грубих кормів. Ефективність заготівлі сіна залежить від узгодженості роботи всіх ланок

технологічного процесу, починаючи від скошування травостою і завершуючи пресуванням та транспортуванням готової продукції.

Висновки

Аналіз сучасних машин і технологічних рішень показав, що розвиток техніки для заготівлі сіна відбувається у напрямі підвищення продуктивності, надійності та універсальності. Сучасні агрегати здатні виконувати кілька операцій за один прохід, що дозволяє скоротити тривалість польових робіт та мінімізувати втрати поживних речовин у рослинній масі.

Встановлено, що значна увага у сучасному машинобудуванні приділяється вдосконаленню робочих органів машин. Застосування роторних систем, пружинних зубів, оптимізованих різальних апаратів та гідравлічних механізмів керування забезпечує більш якісне виконання технологічних процесів, рівномірне формування валків і зниження механічних втрат сіна.

Сучасні тенденції розвитку техніки для заготівлі сіна характеризуються впровадженням автоматизованих систем керування, елементів точного землеробства, GPS-навігації та сенсорних систем контролю. Це дозволяє підвищити точність виконання операцій, зменшити вплив людського фактора та оптимізувати витрати ресурсів.

Окремо слід відзначити, що підвищення ефективності використання машин для заготівлі сіна тісно пов’язане з економічними показниками виробництва. Застосування сучасних високопродуктивних агрегатів дає можливість знизити собівартість кормів, скоротити витрати пального та підвищити рентабельність тваринницької галузі.

Важливим аспектом є також дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки при виконанні робіт. Аналіз показав, що заготівля сіна супроводжується значною кількістю небезпечних факторів, тому ефективна організація виробничого процесу, технічна справність машин і належна підготовка персоналу є обов’язковими умовами безпечної роботи.

Крім того, встановлено, що сучасні підходи до проєктування машин для заготівлі сіна враховують екологічні вимоги, зокрема зменшення ущільнення ґрунту, скорочення викидів та раціональне використання енергоресурсів. Це сприяє сталому розвитку аграрного виробництва та збереженню природних ресурсів.

Таким чином, машини для заготівлі сіна є важливою складовою сучасного аграрного виробництва, а їх подальший розвиток спрямований на підвищення продуктивності, енергоефективності, екологічної безпеки та рівня автоматизації технологічних процесів. Отримані результати можуть бути використані при подальшому удосконаленні конструкцій машин та оптимізації технологій заготівлі кормів.

5 ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНІ

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва підвищення ефективності кормозаготівельних процесів є одним із пріоритетних напрямів механізації сільського господарства. Значну частку у структурі витрат на заготівлю сіна займають операції з ворушіння та згрібання трав'яної маси у валки, що виконуються граблями різних конструкцій.

Граблі як сільськогосподарська машина забезпечують формування валка, що безпосередньо впливає на якість сушіння, втрати поживних речовин та продуктивність наступних технологічних операцій. Недосконаліть існуючих конструкцій призводить до підвищених витрат пального, нерівномірності валків, значних втрат листостеблової маси та збільшення енергетичних витрат.

Модернізація конструкції граблів спрямована на:

- зменшення тягового опору;
- зниження витрат пального;
- підвищення продуктивності агрегату;
- покращення якості формування валків;
- зменшення непродуктивних втрат робочого часу.

В умовах зростання вартості енергоносіїв та експлуатаційних витрат особливого значення набуває економічне обґрунтування доцільності впровадження модернізованих конструкцій.

Метою даного розділу є визначення економічної ефективності впровадження модернізованих граблів шляхом порівняння експлуатаційних витрат базового та удосконаленого варіантів, а також розрахунок строку окупності капітальних вкладень.

Данні вихідні наведено в додатку А

$$W = 0.1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \qquad (5.1)$$

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

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

$$B = З_о + A + P + З_{пмм}, \quad (5.2)$$

$$З_о = \frac{t_{год}}{П_{зм}}, \quad (5.3)$$

$$A = \frac{Ц_б \cdot a}{100 П_{зм} \cdot t_р}, \quad (5.4)$$

$$P = \frac{Ц_б \cdot r}{100 \cdot П_{зм} \cdot t_р}, \quad (5.5)$$

$$З_{пмм} = \frac{(N \cdot \Delta_д \cdot Д \cdot Ц_п)}{1000 \cdot П_{зм}}, \quad (5.6)$$

Запропонована

$В_д$ = 31,57+17,23+7,54+466,13=522,47 грн./га

Базова

$В_д$ = 28,57+12,54+5,49+421,74=468,34 грн./га

Б

$E_\Sigma = E_В \cdot W_{СЕЗ}$ =468,34· 150 = 70251 грн.

З

E_Σ = 522,47 · 150 = 78370,5 грн.

Б

$К_В$ = 164, 66 грн/га

З

$К_В$ = 204,67 грн/га

$$П_В = E_В + 0{,}15 \cdot К_В \quad (5.7)$$

Б

$П_В$ = 468,34 + 0,15 · 164,66 = 493,04 грн./га

З

$П_В = 522,47 + 0,15 \cdot 204,67 = 553,17$ грн./га

Б

$П_{В\Sigma} = 493,04 \cdot 150 = 73956$ грн.

З

$П_{В\Sigma} = 553,17 \cdot 150 = 82975,5$ грн.

Запропонована ворушила дозволяє скоротити термін заготівлі сіна за рахунок прискорення швидкості польового сушіння трави, а це в свою чергу дасть змогу, втрати зменшити, підвищити поживності сіна приблизно на 20%.

Отже, впровадження даної машини забезпечує можливість отримання додаткової продукції завдяки скороченню втрат поживних речовин у процесі заготівлі сіна. Слід зазначити, що поживна цінність 1 кг сіна люцерни в середньому становить близько 0,45 кормових одиниць.

Таким чином, використання ворушилки сприятиме зниженню втрат поживних речовин у відповідному еквіваленті кормових одиниць, що, у свою чергу, призведе до збільшення обсягів корисної продукції.

Відомо, що за одну кормову одиницю приймають поживність, еквівалентну одному кілограму вівса. За умови закупівельної вартості сіна на рівні 2500 грн/т (або 2,5 грн/кг), застосування ворушилки дозволяє отримати додатковий економічний ефект у розрахунку на один кілограм продукції. При врожайності сіна 55 ц/га додатковий вихід продукції у грошовому вираженні становитиме приблизно 1375 грн/га.

Таким чином, впровадження запропонованого технічного рішення у виробничий процес забезпечить зменшення втрат під час заготівлі сіна та дозволить отримати додаткову продукцію з економічним ефектом близько 1375 грн/га.

Ефект економічний річний від експлуатації машини визначається за формулою:

$$E_E = (П_B^Б - П_B^П + Д_П) \cdot Р - В_К \quad (5.8)$$

де

$П_B^Б$ - приведені витрати, грн./га (б. варіант)

$П_B^П$ - приведені витрати, грн./га (пр. варіант)

$Д_П$ - вартість додаткової продукції, грн./га

$В_К$ - вартість консерванту, грн

$$E = (553,17-493,04+1375)\cdot 150-5000 = 210269,5 \text{ грн.}$$

Значення розрахункові представлено в додатку Б

Висновки

Таким чином, модернізація граблів забезпечує не лише прямий економічний ефект за рахунок зниження витрат, але й суттєві технологічні переваги, що підвищує загальну ефективність кормозаготівельного процесу та підтверджує доцільність впровадження у виробництво.(210269,5 грн. протягом року окупність)

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Агротехнічні вимоги до заготівлі грубих кормів є визначальним фактором формування їх якості та поживної цінності. Найбільш критичним етапом є вибір оптимальних строків скошування, що забезпечує максимальний вміст протеїну та мінімальний рівень клітковини. Дотримання технологічних параметрів виконання операцій (висота зрізу, вологість, швидкість агрегатів) дозволяє знизити втрати корму до нормативних значень (не більше 10-15%).

Використання сучасних технологій (плющення, механізоване ворушіння, пресування) сприяє скороченню термінів заготівлі та підвищенню якості продукції. Порушення агротехнічних вимог призводить до значних втрат поживних речовин (до 40-50%) та зниження ефективності тваринництва. Раціональна організація процесу заготівлі грубих кормів забезпечує підвищення економічної ефективності виробництва та стабільність кормової бази господарства. Основними напрямами вдосконалення конструкцій сіноворушилок є: зниження втрат корму; підвищення продуктивності; автоматизація процесів; покращення адаптації до умов роботи. Вибір конструкції ворушилки повинен базуватися на умовах господарства, типі кормових культур та економічній доцільності.

2. Використання різних конструкцій сінозбиральних агрегатів дозволяє скоротити строки виконання польових робіт, зменшує матеріальні і грошові витрати та кількість проходів по полю коліс тракторів і знаряддя, що в свою чергу запобігає ущільненню і руйнуванню структури ґрунту. В дипломному проекті нами буде модернізовано сіноворушилку ВЦН-Ф-3, що дасть змогу одночасно з ворушінням вносити в масу хімічні препарати (консерванти). За основу взято патент № 24138.

3. Розрахунками вала-шестерні ворушилки встановлено, що для забезпечення надійності роботи і з врахуванням конструктивних потреби прийнято вал рівним 65 мм. Розраховано підшипник №1214 на довгостроковість. Для нормальної роботи підшипника повинна виконуватись

умова: $L_n > [L_n]$. тобто, L_n=7965 год > $[L_n]$ = 6000 год; Умова виконується, отже для опори прийнято підшипник №1214.Обґрунтовано найменшу товщину зварювальних елементів, допустимі напруження зварного шва при розтягу (стиску), МПа: $[\delta_{cn}] = 115 МПа$. Умова міцності на розтяг і стиск виконується. Встановлено, що при роботі агрегату в полі потрібна висока організації роботи. Щоб забезпечити виконання технологічного процесу з врахуванням агротехнічних і економічних показників, необхідно повне завантаження агрегату. Таким чином визначено питомий тяговий опір, отже, зусилля на гаку при 3-й передачі: $-P_{гак}$ = 22,3 кН; при 4-й передачі: $P_{гак}$ = 17,7 кН, при максимальній силі зчеплення Pmax зч = 23,1 кН. На 4-й передачі: - 20,3 < 23,1. Визначено тяговий опір агрегату який склав 17.3 кН при коефіцієнті його корисної дії 0,7.

4. Аналіз сучасних машин і технологічних рішень показав, що розвиток техніки для заготівлі сіна відбувається у напрямі підвищення продуктивності, надійності та універсальності. Сучасні агрегати здатні виконувати кілька операцій за один прохід, що дозволяє скоротити тривалість польових робіт та мінімізувати втрати поживних речовин у рослинній масі. Встановлено, що значна увага у сучасному машинобудуванні приділяється вдосконаленню робочих органів машин. Застосування роторних систем, пружинних зубів, оптимізованих різальних апаратів та гідравлічних механізмів керування забезпечує більш якісне виконання технологічних процесів, рівномірне формування валків і зниження механічних втрат сіна. Сучасні тенденції розвитку техніки для заготівлі сіна характеризуються впровадженням автоматизованих систем керування, елементів точного землеробства, GPS-навігації та сенсорних систем контролю. Це дозволяє підвищити точність виконання операцій, зменшити вплив людського фактора та оптимізувати витрати ресурсів.

5. Модернізація граблів забезпечує не лише прямий економічний ефект за рахунок зниження витрат, але й суттєві технологічні переваги, що підвищує

загальну ефективність кормозаготівельного процесу та підтверджує доцільність впровадження у виробництво.(210269,5 грн. протягом року окупність)

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко І. П. Сільськогосподарські машини : підручник. – Київ : Вища освіта, 2018. – 512 с. – С. 310–345.

2. Кравчук В. І., Мельник Ю. Ф., Марченко В. В. Машини для кормовиробництва : навч. посіб. – Київ : Аграрна наука, 2016. – 420 с. – С. 145–198.

3. Ловейкін В. С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. – Київ : НУБіП України, 2017. – 296 с. – С. 210–238.

4. Гончарук І. В. Машини для заготівлі кормів : навч. посіб. – Харків : ХНТУСГ, 2015. – 260 с. – С. 95–142.

5. Сисолін П. В., Кравець С. І. Механізація рослинництва. – Київ : Урожай, 2014. – 384 с. – С. 220–258.

6. Погорілий В. Ф. Сільськогосподарська техніка : довідник. – Київ : Техніка, 2013. – 560 с. – С. 300–335.

7. Мельник І. І., Пастухов В. І. Основи механізації аграрного виробництва. – Київ : Кондор, 2020. – 350 с. – С. 205–240.

8. Кузьмінський О. Б. Машини для скошування та заготівлі трав : монографія. – Львів : Сполом, 2019. – 240 с. – С. 60–118.

9. Черновол М. І. Теорія робочих процесів сільськогосподарських машин. – Київ : Либідь, 2016. – 300 с. – С. 198–225.

10. Сало В. М. Технології заготівлі кормів. – Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2018. – 210 с. – С. 120–165.

11. Ткаченко М. О. Аналіз конструкцій косарок для заготівлі сіна // Вісник аграрної науки. – 2021. – № 6. – С. 55–62.

12. Романенко В. Д. Обґрунтування параметрів граблів-ворушилок // Техніка АПК. – 2020. – № 4. – С. 33–39.

13. Коваленко О. Л. Дослідження роботи прес-підбирачів сіна // Агроінженерія. – 2022. – № 2. – С. 41–48.

14. Литвиненко С. В. Технологічні процеси формування валків сіна // Збірник наукових праць НУБіП України. – 2019. – № 290. – С. 88–95.

15. Шевченко М. П. Машини для сушіння та зберігання сіна // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2021. – № 1. – С. 70–76.

16. Пастухов В. І. Сільськогосподарські машини та їх використання. – Харків : Факт, 2012. – 380 с. – С. 200–235.

17. Бондаренко П. М. Машини для кормовиробництва. – Дніпро : Пороги, 2019. – 230 с. – С. 75–110.

18. Mikhailov V. V. Forage Harvesting Machinery. – Berlin : Springer, 2018. – 400 p. – P. 150–210.

19. Kroulík M. Forage Harvest Technology. – Prague : Czech University of Life Sciences, 2016. – 310 p. – P. 90–140.

20. ASABE Standards. Hay and Forage Equipment. – St. Joseph : ASABE, 2020. – 180 p.

21. Rotz C. A. Hay Harvest Management // Agricultural Systems. – 2017. – Vol. 153. – P. 1–12.

22. Hanna H. M. Haymaking Equipment and Safety // Iowa State University Extension. – 2021. – 15 p.

23. Патент України № 102456. Косарка роторна / Іванов І. І. – Опубл. 15.06.2019. – Бюл. № 11. – 6 с.

24. Патент України № 114789. Граблі-ворушилка / Петренко О. В. – Опубл. 20.02.2021. – Бюл. № 4. – 5 с.

25. Патент України № 98765. Прес-підбирач сіна / Сидоренко М. М. – Опубл. 10.09.2018. – Бюл. № 17. – 7 с.

26. Combined hay rake and tedder : пат. US492341A, США. Опубл. 21.02.1893.

27. Combined hay tedder and rake : пат. US317602A, США. Опубл. 12.05.1885.

28. Combined hay rake and tedder : пат. US1008467A, США. Опубл. 14.11.1911.

29. Rake-tedding device : пат. US3664105A, США. Опубл. 23.05.1972.

30. Machine that can be used as a hay tedder, mowing spreader or swath rake : пат. DE849199C, Німеччина. Опубл. 11.09.1952.

31. Haymaking machine : пат. DE9305014U1, Німеччина. Опубл. 1993.

32. Hay raking and tedding apparatus : пат. US5337546, США. Опубл. 16.08.1994.

33. Articulated bifold hay rake : пат. US5752375, США. Опубл. 19.05.1998.

34. Combination rake and tedder : пат. US5974774, США. Опубл. 02.11.1999.

35. Haymaking machine (rotary rake/tedder with control system) : пат. US20250017145, США. Опубл. 16.01.2025.

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні данні для розрахунку

Назва показників	Позначення	Базова	Модернізована
1. Балансова ціна	$Ц_б$	24700	30700
2. Потуж. двигуна трактора	N, кВт	55	55
3. Питома витрата палива	Д, гр./кВт.год	252	252
4. Вартість 1 кг. палива	$Ц_п$, грн.	90	90
5. Урожайність	$А_в$, ц/га	55	55
6. Кількість обслуговуючого персоналу	n, чол	1	1
7. Тарифна ставка	t, грн./год	60	60
8. Норма відрахувань: - на ПР - на амортизацію	 r, % a, %	 7 16	 7 16
9. Норматив. річ. зав.	$t_р$	150	150
10. К-т викор. потуж. дв-на	$Δ_д$	0,71	0,71
11. Ватрість консерванта	$Ц_к$, грн	-	5000

Додаток Б

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		базовий	проект
1	Вид роботи	Ворушіння сіна	Ворушіння і обробка консервантом
2	Об'єм роботи, га	150	150
3	Склад агрегата: трактор сіноворушилка	 МТЗ-82 ВЦН-Ф-3	 МТЗ -82 ВЦН-Ф-3М
4	Продуктивність, га/год	2,1	1,9
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	71,4	78,9
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	 1 -	 1 -
7	Тарифний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн/год	60	60
9	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	 145000 24700	 145000 30700
10	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	90	90
11	Експлуатаційні витрати, грн/га	468,34	522,47
12	Капітальні вкладення, грн/га	164,66	204,67
13	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	493,04 73956	553,17 82975,5
14	Витрати на консервант	-	5000
15	Вартість додаткової продукції на весь обсяг роботи, грн	-	206250
16	Річний економічний ефект, грн		210269,5
17	Строк окупності, років		0,1