

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Удосконалення технології збирання трав з розробкою
підбираючого пристрою рулонного прес-підбирача

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГЗс-41

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

		Кравчук В.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Сташків М.Я.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Сташків М.Я.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Бабій А.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кравчуку Владиславу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології збирання трав з розробкою
підбираючого пристрою рулонного прес-підбирача

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2025 року № 4/7-24

2. Термін подання студентом завершеної роботи 09.06.2025

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до заготівлі трав; типовий технологічний
процес заготівлі сіно-соломистого матеріалу у рулонах; базова конструкція машини для
заготівлі сіно-соломистого матеріалу у рулонах

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки.

Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Загальний вигляд прес-підбирача рулонного. 2. Технологічна та гідравлічна схема
прес-підбирача. 3. Схема розташування додаткових вузлів рулонного прес-підбирача.

4. Механізм автоматичного регулювання висоти підбирання валка. 5. Система видалення
сіна при забиванні підбираючого пристрою. 6. Механізм зворотньо- поступального руху.

7. Принципова гідравлічна схема вдосконаленого прес-підбирача. 8. Розрахункова схема
режиму роботи. 9. Комп'ютерне моделювання напружено - деформованого стану шатуна.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф.</i>		

7. Дата видачі завдання 22.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>01.02.2025</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>11.02.2025</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>15.05.2025</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>25.05.2025</i>	
	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>05.06.2025</i>	

Студент

(підпис)

Кравчук В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Кравчук Владислав Васильович.

Тема роботи – „Удосконалення технології збирання трав з розробкою підбираючого пристрою рулонного прес-підбирача”.

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – удосконалення технології збирання трав з розробкою підбираючого пристрою рулонного прес-підбирача.

Об’єкт дослідження – технологічний процес заготівлі трав на корм.

Предмет дослідження – підбираючий пристрій рулонного прес-підбирача.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп’ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій заготівлі трав, конструкцій рулонних прес-підбирачів та їх робочих органів;
- проведено аналіз агротехнічних вимог до машин для підбирання та пресування рослинного матеріалу;
- обґрунтовано функціональну схему підбираючого пристрою рулонного прес-підбирача пропонованої конструкції;
- обґрунтовано конструкцію механізму автоматичного регулювання висоти підбирання валка підбираючим пристроєм;
- обґрунтовано конструкцію механізму видалення сіна при закупорюванні рослинною масою підбираючого пристрою прес-підбирача;
- визначено необхідну потужність для роботи рулонного прес-підбирача;
- розраховано продуктивність рулонного прес-підбирача;

- досліджено напружено-деформований стан шатуна приводу жатки рулонного прес-підбирача з використанням комп'ютерного моделювання.
- розглянуто заходи запобігання виникнення надзвичайних ситуацій в системі безпеки життєдіяльності, забезпечення правового і нормативного регулювання охорони праці в Україні.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології заготівлі пресованого сіна на корм, яка передбачає застосування рулонного прес-підбирача, оснащеного механізмом автоматичного регулювання висоти підбирання валка та системою видалення сіна при закупорюванні рослинною масою підбираючого пристрою прес-підбирача.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 73 арк. формату А4, додатки – 4 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 13 арк. формату А4.

Ключові слова: технологія збирання трав, заготівля трав на корм, машини для пресування трав, технологічні параметри, комп'ютерне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАГОТІВЛІ	
ПРЕСОВАНИХ КОРМІВ	9
1.1. Агротехнічні вимоги до заготівлі пресованих кормів.....	9
1.2. Комплекс машин для заготівлі сіна в рулонах.....	10
1.3. Будова та принцип роботи рулонного прес-підбирача	15
1.4. Аналіз конструкцій закордонних рулонних прес-підбирачів.....	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
2.1. Обґрунтування удосконалення конструкції прес-підбирача	27
2.2. Механізм автоматичного регулювання висоти підбирання валка	28
2.3. Система видалення сіна при забиванні підбираючого пристрою	34
2.4. Розрахунок потужності прес-підбирача	42
2.5. Розрахунок продуктивності прес-підбирача	44
3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	46
3.1. Кінематичний аналіз підбираючого пристрою	46
3.2. Розрахунок параметрів різального апарату	50
3.3. Розрахунок сил, що діють на ніж	55
3.4. Дослідження напружено-деформованого стану шатуна.....	59
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ. ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	64
4.1. Керування безпекою життєдіяльності	64
4.2. Правове і нормативне регулювання охорони праці в Україні.....	66
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70
ДОДАТКИ.....	73

ВСТУП

Для стабільного розвитку сільськогосподарського виробництва важливе значення має створення міцної кормової бази для тваринництва. Основними джерелами корму при цьому є природні та сіяні трави, кукурудза, соняшник і інші сільськогосподарські культури.

Природні сіножаті та сіяні пасовища відіграють важливу роль у балансі раціону тварин на відгодівлі. Зелені пасовища мають найвищу поживну цінність. Однак зелені пасовища доступні для худоби лише влітку. У більшості випадків тваринам дають консервовану рослинну масу.

Одним з основних видів корму в зимових раціонах худоби є сіно, яке містить всі живильні речовини, необхідні для повноцінної відгодівлі тварин.

Для отримання сіна використовують багаторічні і однорічні бобові та злакових кормові трави в чистому вигляді, їх суміші, а також травостій природних покращених кормових угідь, скошені не пізніше за масове цвітіння бобів і до початку цвітіння злакових трав [21].

Успішний розвиток сільського господарства залежить від степені механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва.

Однією з головних умов інтенсифікації виробництва продуктів тваринництва, підвищення їх якості з одночасним зменшенням собівартості є забезпечення тварин необхідною кількістю повноцінних кормових раціонів, збалансованих за поживними компонентами, які мають порівняно невисоку вартість. Листостебельні корми: сіно, солома, силос, трав'яна різка, сінаж, трав'яне борошно – складають основу кормових раціонів жуйних тварин в період утримання їх на тваринницьких фермах [25].

Як рослинний корм для тварин широко використовують природні та сіяні трави, стебла зернових і просапних культур. Найбільша кількість речовин (протеїн – прості білки, каротин, вітамін А та ін.) містяться в зеленій масі (траві, стеблах), яку можна скошувати тільки в літній період. На весь інший період року для відгодівлі тварин необхідно мати консервовану рослинну масу:

сіно, силос, трав'яне борошно тощо. Одним із основних видів корму в зимовому раціоні тварин є сіно, в якому є всі речовини, які необхідні для повноцінного харчування тварин.

Вітчизняною сільськогосподарською наукою передбачається розробка і впровадження у виробництво перспективних механізованих технологій і засобів виробництва, заготівлі, переробки і зберігання кормів на основі комплексної механізації та автоматизації мобільних і стаціонарних процесів.

Одними з важливих універсальних машин у сільськогосподарському виробництві є кормозбиральні комбайни, які являють собою польові збиральні машини, що виконують в нерозривному технологічному процесі скошування рослинної маси або її підбирання із валків, її пресування або подрібнення і завантаження в транспортні засоби.

Сучасні кормозбиральні комбайни виконують широкі функції: заготівлю таких кормів як силос, сінаж, рослинний матеріал для виготовлення трав'яного борошна, суха трав'яна січка, кормові брикети та рулони, подрібнене сіно та солома.

Різноманітність схем і конструкцій кормозбиральних комбайнів є наслідком різного комплектування їх робочих органів, що виконують основні і допоміжні технологічні операції, різних способів агрегування комбайнів з енергетичними і транспортними засобами, або їх спеціального призначення, а також різних вимог до їх продуктивності та якості роботи.

Забезпечити високі показники технічного рівня кормозбиральних комбайнів на сучасному етапі технічного розвитку можливо тільки на основі фундаментальної теорії технологічних процесів і робочих органів.

Перехід на розробку блочно-модульних кормозбиральних машин дозволяє швидко задовільнити попит на кормозаготівельну техніку, здешевити її виробництво та зменшити затрати на експлуатацію, а також забезпечити кормозаготівельною технікою як великі господарства, так і фермерів чи орендарів [21].

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАГОТІВЛІ ПРЕСОВАНИХ КОРМІВ

1.1. Агротехнічні вимоги до заготівлі пресованих кормів

Сіно - це скошена трава, висушена природнім або штучним способами до вологості 20 - 30 % і зібрана в копиці, скирти, або спресована в тюки чи рулони. Пресування сіна дозволяє довго зберігати в ньому живильні речовини, полегшує перевезення, складування і приготування кормових раціонів. Пресувати сіно в тюки при вологості 18 - 30 % можна до щільності 100 - 300 кг/м³, в брикети при вологості 10 - 12 % до щільності 700 кг/м³. Чим вища вологість сіна, тим меншу щільність можна допускати.

Збирання трав необхідно намагатися здійснювати без втрат і одержувати якомога якісні корми, які відповідають вимогам стандартів. Наприклад, сіно бобових трав першого, другого і третього класів повинно вміщувати протеїну відповідно не менше 14, 10 і 8 %, каротину – 30, 20 і 15 мг в кг. Клітковини в кормах має бути не більше 30 % [**Error! Reference source not found.**].

Для одержання високоякісних кормів і запобігання втратам трави необхідно правильно вибирати технологію і комплекси машин, налагоджувати їх на оптимальні режими роботи, застосовувати прогресивні методи організації роботи і проводити збирання в стислі терміни та оптимальні агротехнічні строки. Скошують траву на сіно на початку або в період повного цвітіння.

Пров'ялену траву із прокосів необхідно збирати у валки правильної форми, яка забезпечує швидке її просихання [5].

Маса сіна (вологість якого 25 - 30 %), зібраного із валків у великі копиці, повинна бути в степній зоні – 300 -350 кг, в лісостеповій – 50-150 кг. Скиртувати або стогувати сіно необхідно при вологості 17 ± 1 %.

До збирання трав на сіно пред'являють наступні агротехнічні вимоги :

- комплекс сінозбиральних машин повинен забезпечити виконання найдосконаліших технологічних прийомів, які відповідають виду

збираних культур, їх фізико-механічним властивостям і зонам, в яких проводять роботи;

- кожену операцію треба виконувати в найкращі агротехнічні терміни;
- всі сінозбиральні роботи слід проводити протязі 10... 12 днів від косіння до скиртування або стогування сіна. При цьому ворущіння, перетрушування, засмічення і забруднення сіна повинні бути мінімальними;
- пров'ялену траву з покосів необхідно збирати у валки правильної форми, які забезпечують швидке її просихання;
- маса сіна (при вогкості 25...30%), зібраного з валків в крупні копиці, повинна складати в степовій зоні 300... 500 кг, в лісолуговій – 50 ... 150 кг;
- скиртувати або стогувати сіно треба при вогкості 16... 18%.

1.2. Комплекс машин для заготівлі сіна в рулонах

В залежності від природнокліматичних і господарських умов зони можливі різні технології заготівки сіна. При їх виборі враховують умови збирання, врожайність, скошувані площі, вид і кількість тварин і інші чинники.

Найбільш поширеною є технологія заготівлі розсипного сіна. Вона складається з таких операцій як скошування трав, сушка, згрібання у валки, збирання з валків, перевезення і укладання в місцях зберігання.

Проте технологія заготівки розсипного сіна має суттєві недоліки. Вона містить багато операцій, що вимагають великих затрат енергії та часу, а деякі з них, такі, як стогування, згрібання, приводять до значних втрат і забруднення сіна, що знижує якість корму.

Більш прогресивною є технологія заготівки пресованого сіна, яка містить такі технологічні операції як скошування трав, сушка, згрібання у валки і підбирання з валків з наступним пресуванням.

При будь-якій технології заготівки сіна, природнокліматичних і погодних умовах набір і зміст технологічних операцій повинні забезпечувати високу якість корму та мінімальні затрати на його виробництво.

Найпрогресивнішою технологією заготівлі сіна, при якій істотно скорочуються втрати корму, краще використовуються транспортні засоби, потрібна менша місткість сховищ, простіше враховувати сіно при роздачі його тваринам є технологія заготівлі пресованих трав за допомогою прес - підбирачів [21]. В світовій практиці поширено дві технології пресування сіна: в прямокутних тюках і крупних рулонах, кожний з яких є ефективним за певних умов використання.

Вплив погодних умов і механічна дія на сіно при використанні цієї технології значно зменшуються, що позитивно впливає на підвищення його якості, зниження втрат і скорочення витрат на виконання робіт. Пресоване сіно зручне для транспортування й зберігання, а за потреби – може бути досушене за допомогою установок активного вентилявання.

У запропонованих технологічних рішеннях також передбачено використання хімічного консервування сіна, зібраного під час несприятливої погоди. Для цього на заготівельну техніку встановлюють спеціальні пристрої, які додають хімічні консерванти – концентрати низькомолекулярних кислот – у потік сіна під час його підбирання [26].

При виконанні таких технологічних операцій необхідно точно налаштовувати машини для забезпечення оптимального режиму роботи. Висота скошування природніх та сіяних і багаторічних трав повинна бути такою, що б вони зрізались не надто вище кореневої шийки. Надто низьке скошування ускладнює відновлення трав, тоді як занадто високе – спричиняє втрати врожаю.

Бобові трави обов'язково необхідно плющити після скошування. Але у дощову погоду, а також під час заготівлі злакових трав, цей процес не рекомендується, оскільки дощова вода вимиває поживні речовини, а стебла насичуються вологою і тривалий час не підсихають.

Після дощу, а також у випадку високої врожайності, ворущіння трави в прокосах і перевертання валків слід проводити при вологості не вище 50–60 %. Рекомендується сіно у валки згрібати лише тоді, коли його вологість становить 18 % і менше, а за умови використання активного вентилявання – за вологості 25–30 %.

Робочі елементи сінозбиральної техніки не повинні приводити до перетирання сіна, збивання листя і суцвіть чи забруднення їх ґрунтом. Допустимі втрати сіна при підбиранні й укладанні в копи або стоги не перевищують 5 %, а при підбиранні трав з наступним пресуванням – не більше 2 %. Повні втрати при скошуванні трав з подрібненням не повинні перевищувати 8 %.

Необхідно, щоб в процесі підбору валків маса безперервно і рівномірно поступала на подальші робочі органи; трава не повинна скручуватися в джгути і нагромаджуватися; не допускаються втрати і забруднення трави землею. Після пресування повинні виходити рулони правильної форми однакової густини та розмірів.

Вимоги до раціонального комплексу машин для заготівки сіна в пресованому вигляді полягають в наступному:

- кожна машина комплексу, виконуючи технологічну операцію, повинна створювати умови для продуктивного виконання подальших операцій;
- суміжні машини комплексу повинні працювати незалежно одна щодо іншої;
- на всіх операціях повинна бути відсутній ручна праця.

Заготівка грубих кормів в крупних рулонах – порівняно новий напрям в кормовиробництві. Рулонні прес-підбирачі простіші за конструкцією і менш енергоємні, ніж поршневі. Витрата в'язального матеріалу при пресуванні сіна в рулони зменшується в 2 рази в порівнянні з витратою при пресуванні звичайних тюків.

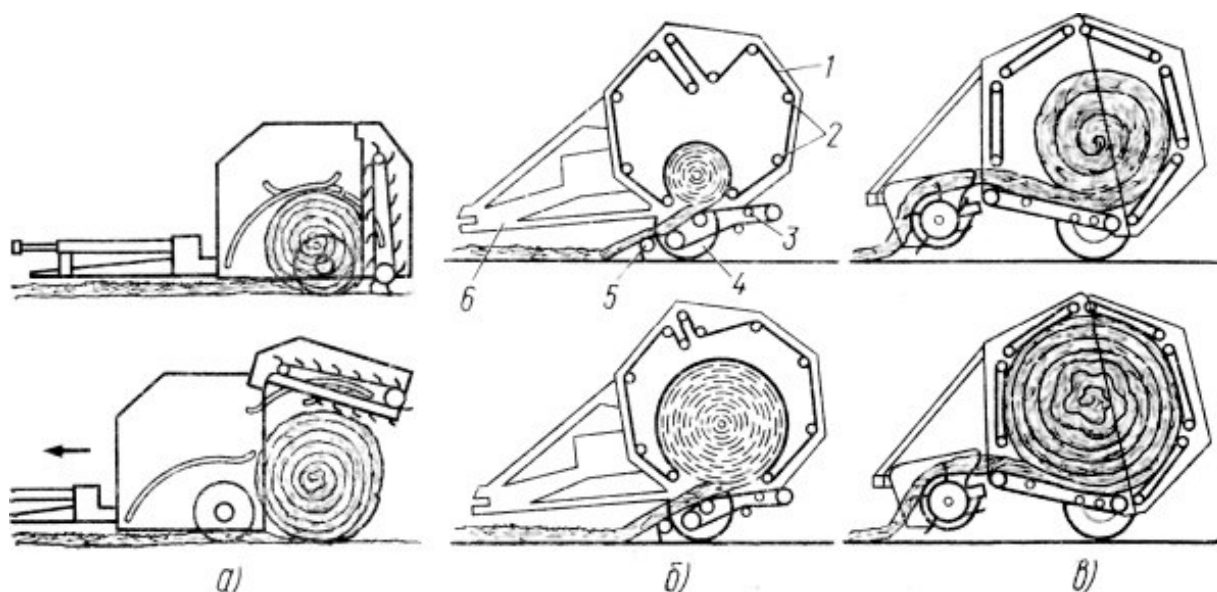
Недоліком цієї технології є те, що сіно в рулонах не може досихати, тому його доводиться прибирати при зниженій вологості, що приводить до деякого збільшення втрат. Проте ці втрати незначні при пресуванні природних трав і практично відсутні при заготівлі соломи. В останньому випадку, а також при заготівлі і складуванні сіна поблизу ферм і відсутності подальшого його транспортування найбільш ефективним є застосування рулонних прес-підбирачів.

Перевага цієї технології полягає в тому, що разом з високою продуктивністю і низькими витратами можлива повна механізація всіх технологічних процесів.

Переваги заготівлі сіна підбором його з валків з одночасним пресуванням в тюки і рулони полягає в наступному: підвищується якість сіна; зменшуються втрати в процесі заготівки і зберігання; скорочуються витрати на транспортування і зберігання сіна; полегшується дозування сіна при згодовуванні тваринам; скорочується тривалість сушіння, оскільки для пресування можна підбирати сіно вологістю до 30%; зменшується небезпека виникнення пожежі; комплекси машин, включаючи прес-підбирачі, знижують витрати праці в 2,5...6 раз у порівнянні з іншими машинами.

Основною машиною комплексу для заготівки сіна за цією технологією є рулонний прес-підбирач. Всі відомі конструкції таких пресів за способом формування рулону можна розділити на три типи: формування рулону на поверхні поля; формування рулону в камері змінного об'єму; формування рулону в камері постійного об'єму.

Процес формування рулонів у пресів першого типу відбувається на поверхні стерні подібно скачуванню снігової кулі (рис. 1.1, а). Валок сіна, що лежить на стерні, підхоплює вертикально розташований біля задньої стінки машини ланцюгово-планковий транспортер, який згортає його в рулон, обмежуваний у верхній частині криволінійними підпружиненими штангами.



а - формування рулону на поверхні поля; б - формування рулону в камері змінного об'єму; в - формування рулону в камері постійного об'єму.

Рисунок 1.1 – Схема роботи рулонних прес-підбирачів

Ланцюги транспортера забезпечені керованими пальцями. Для ущільнення матеріалу служать пружини, що підтримують постійне натягнення транспортера.

Другий тип рулонних прес-підбирачів набув найбільшого поширення. Формування рулонів по цій схемі відбувається таким чином (рис.1.1, б): сіно підбирачем подається в клиноподібну камеру, утворену двома вітками нескінченних пасів, що рухаються один назустріч іншому. За рахунок стрічного руху пасів утворюється основа рулону, на яку у міру надходження накручується пресований матеріал. Після утворення основи, формування рулону проходить в петлеподібній камері. Нижня гілка пасів служить опорою рулону і виконує роль живлячого транспортера. Густина сіна в рулоні приблизно однакова по перетину і залежить від натягу пасів. При досягненні заданого розміру рулону агрегат зупиняється, проводиться обв'язування та викидання рулону з пресувальної камери. Густина рулону досягає 200 кг/м^3 , а маса залежно від параметрів пресувальної камери 250 – 1000 кг.

Третій тип рулонних прес-підбирачів має пресувальну камеру постійного об'єму (рис.1.1, в). Пресувальна камера утворена шістьма транспортерами у

вигляді неправильного шестикутника. З них три транспортери закріплено на паси прес-підбирача, а три – на задньому клапані, шарнірно укріпленому на рамі і службовці для викидання готового рулону з пресувальної камери. Кожний транспортер складається з декількох пасів, число яких залежить від розміру пресувальної камери. Процес формування рулону проходить в дві стадії. На першій стадії пресований матеріал, що подається в камеру, нагромаджується там до тих пір, поки не заповнить весь об'єм і транспортери не нададуть йому обертового руху. На другій стадії шар матеріалу накручується на утворений сердечник і стискає його. При цьому сердечник має невелику густину, а зовнішні шари - велику. Досягнувши заданої густини рулону агрегат зупиняється, проводяться обв'язування і викидання рулону з пресувальної камери.

Основними механізмами будь-якого прес-підбирача служать живильні органи і пресуюча частина. Для більшості прес-підбирачів робочі органи складаються з підбирача барабанного типу з пружинними пальцями і механізму подачі сіна в пресувальну камеру. Вони підбирають сіно (солому) з валків, піднімають його на необхідну висоту, направляють до завантажувального отвору і проштовхують в пресувальну камеру, де відбувається процес формування рулону певного діаметру, обв'язування його шпагатом та викидання на поле позаду машини.

1.3. Будова та принцип роботи рулонного прес-підбирача

На даний час на ринку України найбільш поширеними машинами для підбирання та пресування сіно-соломистого матеріалу є рулонні прес-підбирачі ПРП-80/50 та ПРП-80/70 (рис. 1.2, а, б) від української компанії ТМ «ДТЗ» [7], прототипом яких є рулонний прес-підбирач ПРП-1,6 (рис. 1.2, в).



а)



б)

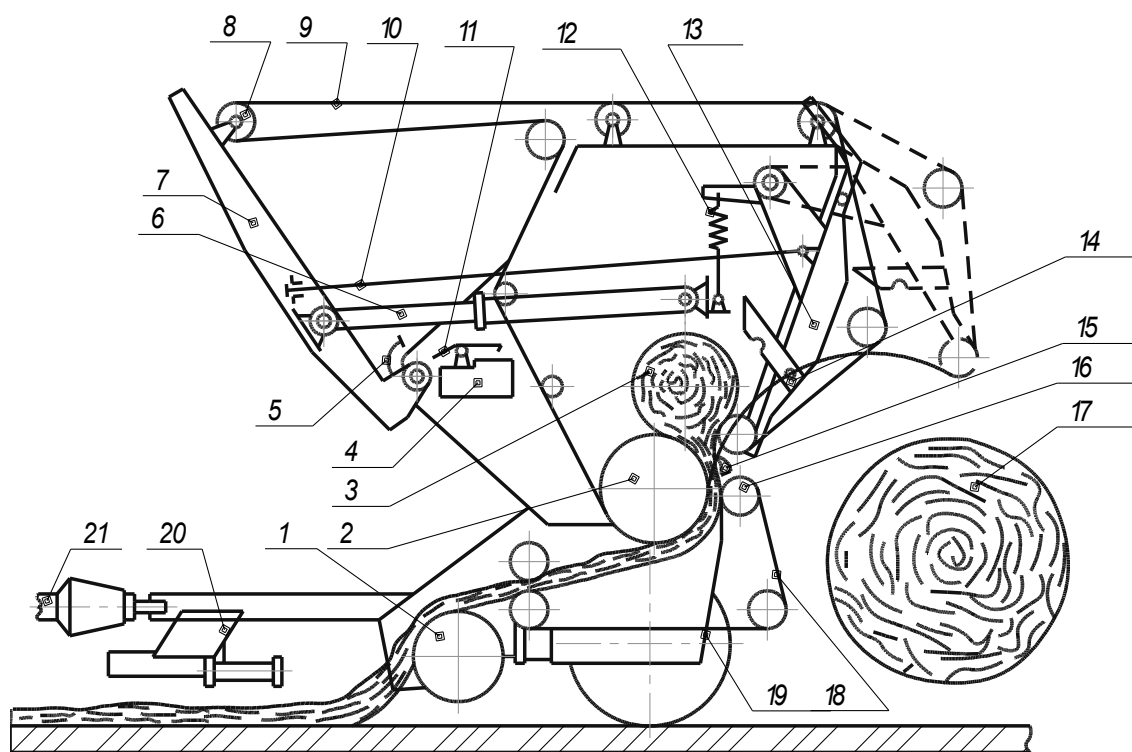


в)

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд прес-підбирачів рулонних типу ПРП

Прес-підбирач рулонний ПРП-1,6 призначений для підбирання з валків сіна або соломи і пресування їх в рулони циліндрової форми діаметром до 1,5 м, завдовжки до 1,4 м і масою до 500 кг з обв'язуванням рулонів шпагатом з лубових волокон. Витрата шпагату на 1 т пресованої маси при підбиранні сіна - 0,35 кг, при підборі соломи - до 0,5 кг. Густина пресування 100...200 кг/м³. Машина причіпна, її агрегатують з тракторами тягового класу 1,4. Робоча швидкість до 9 км/год. Рекомендована для всіх зон.

Конструктивно прес-підбирач ПРП-1,6 (рис. 1.3) складається з ходової частини 19 з причіпним пристроєм 20 і карданною передачею 21, підбирача 1 барабанного типу, живильного транспортера 18, камери пресування 3, охопленої петлею пресуючих пасів 9, обв'язувального апарату, гідросистеми і системи сигналізації.



1 – підбираючий пристрій; 2 – барабан; 3 – камера пресування; 4 – механізм вмикання та приводу обмотуючого апарата; 5 – сектор вмикання; 6 – гідроциліндр; 7 – натяжна рамка; 8 – валик; 9 – пресуючий пас; 10 – штанга; 11 – важіль вмикання; 12 – пружина; 13 – клапан; 14 – заціпка; 15 – відсікач; 16 – рухомий валик; 17 – рулон; 18 – транспортер; 19 – ходова частина; 20 – причіпний пристрій; 21 – карданна передача

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема прес-підбирача рулонного ПРП-1,6

Технологічний процес, який виконує машина, проходить наступним чином. При русі уздовж валка сіно-соломиста маса підхоплюється пружинними пальцями підбирача і подається під прутками пальцевої решітки на паси транспортера 18. Потік сіна захоплюється пасами, зтягується між барабаном 2 і рухомим валом 16, де попередньо ущільнюється, і поступає в камеру пресування 3. Пресуючі паси на виході з барабана 2 утворюють петлю, яку копіює потік сіна, внаслідок чого він скручується в рулон.

В міру надходження сінної маси діаметр рулону зростає, внаслідок чого збільшується натяг пресуючих пасів 9. Заданий натяг пасів підтримується опором стискання штоків гідроциліндрів 6, сполучених з натяжною рамкою 7, яка повертається відносно центру O , на якій встановлений натяжний валик 8 пресуючих пасів 9.

Із зростанням діаметра рулону рамка 7, долаючи опір штоків гідроциліндрів 6, повертається навкруги точки *O*, даючи можливість петлі пасів 9 камери пресування 3 збільшуватися, зберігаючи натяг пасів постійним, чим і забезпечується потрібна густина пресування.

Таким чином, чим більший натяг пасів 9, тим вища густина пресування, і, отже, для збільшення її потрібно підвищити опір вдавлюванню штоків в гідроциліндри 6.

Із збільшенням діаметра рулону натяжна рамка 7 повертається навколо центру *O* поки сектор 5 вмикання не наблизиться до важеля 11 вмикання. При натисненні сектора 5 на важіль 11 вмикається механізм 4 обмотуючих апаратів.

Після викидання рулону натяг пресуючих пасів зменшується, штоки гідроциліндрів 6 висуваються і повертають натяжну рамку 7 вперед в початкове положення, а штанги 10, переміщаючись разом з рамкою 7, закривають клапан 13, встановлюючи його в початкове положення, і агрегат продовжує робочий хід.

Ходова частина складається з труби, що спирається на два колеса з пневматичними шинами. Порожнина її служить місткістю для пневмогідроаккумулятора, що підтримує заданий тиск в гідроциліндрах 6.

Обертання робочих органів машини передається від ВВП трактора через карданну передачу 21, проміжний вал, розташований в трубі причіпного пристрою 20, редуктор і ланцюгові передачі. Ведуча частина механізму приводу обмотувального апарату – храпове колесо, приводиться в рух собачкою храповика через шатун від зубчатого колеса на валу барабана 2, що знаходиться в зачепленні з шестернею веденого вала редуктора.

Гідросистема складається з пневмогідроаккумулятора, двох циліндрів повороту, натяжної рамки із затворами, клапана, гідроциліндра підйому підбирача, трубопроводів високого тиску і маслопроводів.

Пневмогідроаккумулятор є місткістю, яка розташована в порожнині трубчастої осі ходових коліс, нижня частина якої заповнена маслом, верхня – повітрям. Повітря поступає через клапан із золотником і ковпачком, що

дозволяє використовувати будь-який стандартний насос для накачування шин. Масляна ванна пневмогідроаккумулятора зв'язана маслопроводом з гідроциліндрами, які за допомогою затворів і трубопроводів високого тиску підключені до гідросистеми трактора.

Діаметр рулону змінюють, регулюючи зазор між сектором 5 вмикання (рис. 1.3) і важелем 11 вмикання. Зазор регулюють, переміщаючи сектор 5 (чим більше зазор, тим більший діаметр рулону).

При максимальному діаметрі рулону його маса досягає 500 кг.

1.4. Аналіз конструкцій закордонних рулонних прес-підбирачів

На даний час більше двадцяти фірм США, ФРН, Англії, Італії, Франції і інших країн виготовляють рулонні прес-підбирачі. Найбільшого поширення в США і в країнах Західної Європи набули наступні типові конструкції рулонних прес-підбирачів.

Прес-підбирач фірми Вермеєр, що є прототипом ряду прес-підбирачів (див. рис. 1.1, б), складається з рами на колісному ході 4 з причіпним пристроєм 6, підбирача 5 барабанного типу, подовжнього пасового транспортера 3, системи нескінченних пасів 1, згинаючих підпружинених натяжних роликів 2, задньої відкидної стінки і системи передач для приводу робочих органів преса від ВВП трактора. В процесі роботи підбирач піднімає матеріал з поля і подає його в пресувальну камеру, утворену верхньою гілкою подовжнього транспортера і нижньою гілкою формуючих пасів, що рухаються в зустрічному напрямі з однаковою швидкістю. Це приводить до згортання шару в рулон безперервно зростаючого діаметру. Об'єм пресувальної камери збільшується відповідно розтягуванню пружин, що забезпечує необхідне ущільнення матеріалу. Після досягнення рулоном остаточного розміру агрегат зупиняється і включається апарат для автоматичного обв'язування рулону. Обмотування рулону, який обертається, закінчується без утворення вузла після

укладання на його поверхні 10 – 12 витків шпагату. Потім задня стінка преса, шарнірно підвішена на рамі, підіймається за допомогою гідравлічних циліндрів подвійної дії, і рулон викидається на поле подовжнім транспортером. Після закінчення циклу всі механізми преса автоматично повертаються в початкове положення, і прес виявляється готовим до формування наступного рулону.

В пресах цього типу необхідний індикатор, який вказує трактористу граничний діаметр рулону для визначення моменту зупинки агрегату і викиду рулону. Преси обладнані барабанными підбирачами, що мають від трьох до шести граблин і ширину від 1,2 до 2,1 м. Верхній транспортер 1 є набором пасів, число яких залежно від конструкції преса і ширини пресувальної камери знаходиться в межах від 5 до 11. Як основу пасів використовують високоміцні синтетичні матеріали (в основному нейлон). Це дозволяє виготовляти їх малої товщини і, відповідно, застосовувати валки малого діаметра. Паси скріплюються спеціальними зшивками.

В рулонних прес-підбирачах фірми Нью Холланд повторений принцип схеми пресів фірми Вермеєр, але замість подаючого стрічкового транспортера і формуючих пасів застосовані ланцюгово-планчаті транспортери і дещо змінений механізм натягування транспортерів, які створюють пресувальну камеру. В результаті підвищена надійність виконання технологічного процесу і збільшена довговічність робочих органів машини.

Фірма Джон Дір випускає аналогічні прес-підбирачі, обладнані пристроєм для автоматичного контролю розміру рулону і його густини і запобіжниками від перевантаження. Механізм обв'язування у цих пресів гідрофіковано.

У прес-підбирачів 706С і 605С фірми Вермеєр, а також у пресів 450 і 500 фірми Массей Фергюсон нижній пасовий транспортер замінено роликівим, у прес-підбирачів 1450, 1560 фірми Массей Фергюсон; 900, 1200 фірми Вікон; 804, 805 фірми Фармхенд – одним барабаном.

За схемою прес-підбирачів фірми Вермеєр виготовляють прес-підбирачі такі фірми, як Хесстон, Рівьер Казаліс та ін.

Класичну конструкцію має прес-підбирач з камерою постійного об'єму фірми Клаас (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Рулонний прес-підбирач VARIANT 385 фірми «Claas»

Його пресувальна камера (рис. 1.5) утворена двадцять одним металевим роликом. Для збільшення коефіцієнта тертя ролики мають накатку. Привід роликів здійснюється від ВВП трактора системою ланцюгових передач. Інтерес представляє система змащування ланцюгових передач, що забезпечує автономне змащування кожного ланцюга.

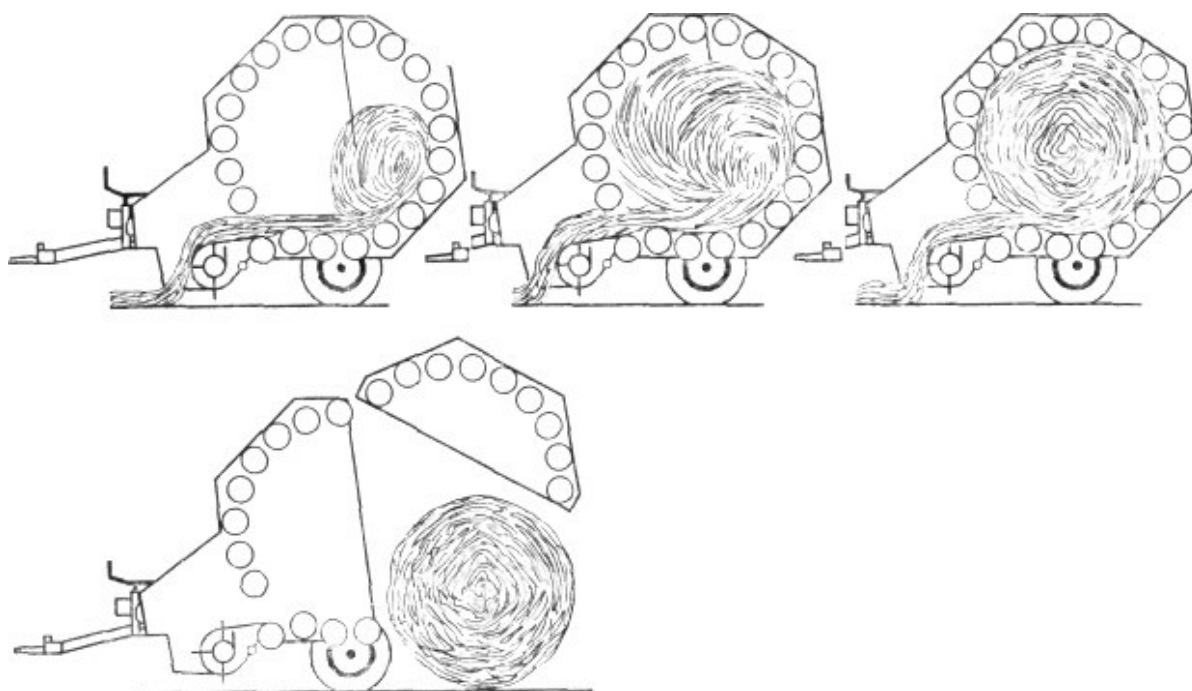


Рисунок 1.5 – Схема рулонного прес-підбирача фірми «Claas»

Загальний вигляд конструкції прес-підбирача рулонного від фірми «Claas» показано на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Конструкція прес-підбирача рулонного від фірми «Claas»

Пресувальна камера прес-підбирача фірми «Krone» (рис. 1.7) виконана у вигляді спеціального нескінченного ланцюгово-трубчастого транспортера. Труби транспортера мають на кінцях ролики, що рухаються в криволінійних направляючих. При формуванні рулон спирається на два опорні ролики.

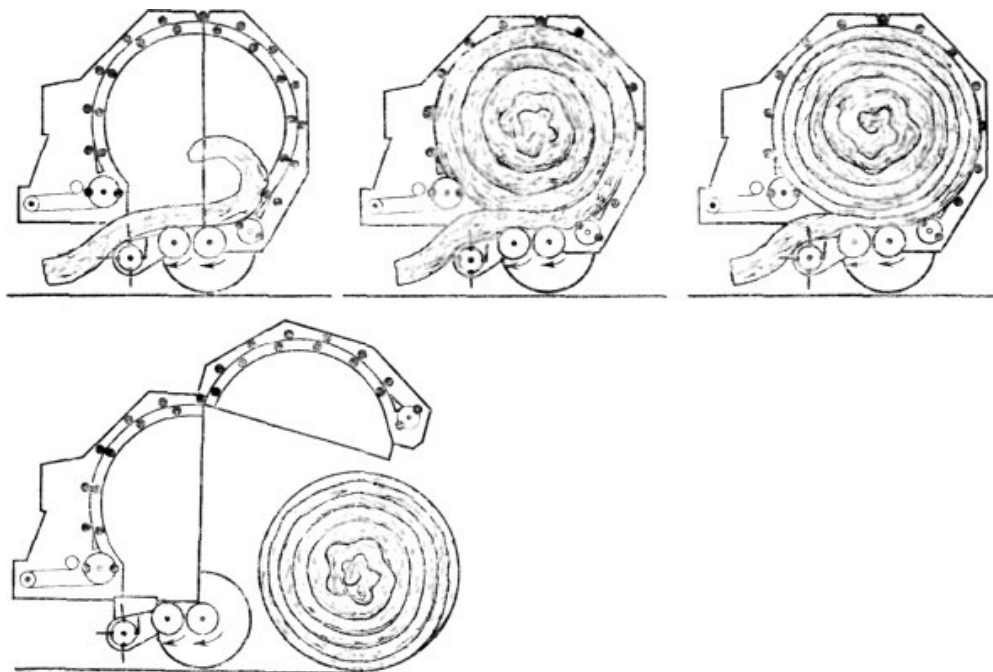


Рисунок 1.7 – Схема рулонного прес-підбирача фірми «Krone»

Загальний вигляд конструкції прес-підбирача рулонного від фірми «Claas» показано на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Конструкція прес-підбирача рулонного від фірми «Krone»

Прес-підбирачі з постійним об'ємом пресувальної камери у компанії John Deere представлено прес-підбирачем John Deere 623 (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Рулонний прес-підбирач John Deere 623

Завдяки співнаправленим шнекам великого діаметру, високій частоті обертання (190 об/хв) і довговічним циліндрам та ланцюгам ці рулонні прес-підбирачі обробляють до 26 м³ рослинної маси в хвилину.

Фірми Фар (ФРН), Бамфорд (Англія), Маккей (Канада) та інші випускають прес-підбирачі по схемі фірми Вельгер. На прес-підбирачах, виконаних по цій схемі, встановлюють в'язальні апарати як з ручним приводом голки, так і з механічним.

Прес-підбирачі з постійним об'ємом пресувальної камери знайшли вживання в країнах Західної Європи для заготівки сіна із злакових трав і для збирання соломи. Їх перевагами є те, що сформовані рулони мають рихлу серцевину і щільні зовнішні шари, що важливо при досушуванні маси активним

вентилюванням, а також надійність робочих органів. Основними недоліками цієї схеми є великі втрати унаслідок перетирання маси при пресуванні і велика енергоємність процесу пресування, оскільки стискається весь об'єм матеріалу, що знаходиться в пресувальній камері, а не шар сіна, як у прес-підбирачів інших схем.

У більшості розглянутих конструкцій рулонних прес-підбирачів пресувальна камера розташована на невеликій висоті від землі. Тому при викиданні рулону він лягає поряд з машиною, не дозволяючи закритися задній стінці. У зв'язку з цим прес-підбирач з скрученим рулоном від'їжджає назад і викидає рулон. Це знижує продуктивність машини і ускладнює роботу тракториста. Тому деякі фірми, наприклад, Рівьер Казаліс, ускладнюють конструкції прес-підбирачів і встановлюють спеціальні пристосування в пресувальній камері, що дозволяють підбирати пресовану масу, не закриваючи задньої стінки.

За принципом згортання рулону на поверхні поля працюють рулонні прес-підбирачі «Роундер 5400» фірми Хесстон, «Ролл Бейред» фірми Хавк Білт, моделі 760 фірми Лунделл. У прес-підбирача фірми Лунделл робочими органами, які формують рулон, є два барабани з ребордами, один з яких накатує сіно в рулон, а інший ущільнює його. Привід барабанів здійснюється від ходових коліс преса. Недоліками цього принципу роботи є великі втрати матеріалу в процесі формування рулону і засмічення корму землею. Крім того, при обв'язуванні рулону необхідно з'їжджати з валка, залишаючи неприбрану смугу завдовжки 30–50 м. Тому в сухих кліматичних умовах багатьох районів США обходяться взагалі без обв'язування, залишаючи рулони в полі на зимовий період для вільного згодовування худобі.

Результати аналізу різних конструкцій рулонних прес-підбирачів показують, що схема формування рулону в пресувальній камері змінного об'єму є найефективнішою.

Основними тенденціями подальшого удосконалення технологій, машин і обладнання для заготівлі кормів є:

- підвищення якості подрібнення кормових культур (наприклад кукурудзи) в стадії воскової та повної стиглості;
- фракційне збирання силосних та зернофуражних культур з метою підвищення ефективності кормового білка;
- збільшення кількості операцій, що виконуються одним агрегатом;
- інтенсифікація процесу зневодження рослинних матеріалів в польових умовах і на стаціонарі;
- створення обладнання для ефективного використання залишків рослинництва на корм худобі;
- розробка нових економічних методів ущільнення сільськогосподарських матеріалів;
- оптимізація високопродуктивних комплексів виробництва кормів з урахування загальних умов їх заготівлі.

Необхідно більше приділяти увагу проблемі конструювання кормозбиральних машин.

Передбачається подальший розвиток машин для збирання трав на сіно за наступними напрямками:

- вдосконалення ріжучих апаратів машин з метою підвищення їх надійності і зниження матеріаломісткості;
- скорочення номенклатури машин і спрощення їх виробництва;
- підвищення прохідності самохідних машин, підвищення їх маневреності і універсальності;
- поєднання декількох технологічних операцій в одній машині;
- гідрофікація приводу робочих органів машин і впровадження засобів автоматизації;
- підвищення продуктивності прес-підбирачів за рахунок збільшення об'єму пресувальної камери і кількості ходів поршня в хвилину;
- вдосконалення конструкцій в'язальних апаратів прес-підбирачів, механізмів для підбору валків, подачі сіна в пресувальну камеру (для покращення чистоти підбирання і зменшення втрат сіна);

- установка механізмів централізованого змащування, що різко знижує витрати часу на технічне обслуговування;
- вживання жорсткого приводу в'язального апарату, який підвищує надійність роботи машини і спрощує кінематичну схему;
- установка двохшарнірної карданної передачі замість тришарнірної і застосування спеціальних профілів на карданних валах, які сприяють зниженню маси машини і трудомісткості її виготовлення;
- механізація завантаження і розвантаження тюків, що дозволяє формувати крупні тюки з метою підвищення продуктивності прес-підбирачів;
- підвищення надійності прес-підбирачів, автоматизація операцій обв'язування рулонів, покращення ергономічних показників і зручності обслуговування.

Впровадження нових технологічних прийомів заготівлі сіна в сільськогосподарське виробництво повинне ґрунтуватися на створенні високопродуктивних машин, що максимально наближають процеси кормовиробництва до промислового виробництва.

Конструкції рулонних прес-підбирачів, як відзначають фірми-виробники, надалі не зазнаватимуть значних змін. Тенденція їх подальшого розвитку направлена на підвищення надійності, автоматизацію операцій обв'язування рулонів, покращення ергономічних показників і зручності обслуговування.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування удосконалення конструкції прес-підбирача

Технологія заготівлі пресованого сіна у великих рулонах за допомогою рулонних прес – підбирачів є найпрогресивнішою технологією заготівлі сіна, при якій істотно скорочуються втрати корму, краще використовуються транспортні засоби, потрібна менша місткість сховищ, простіше враховувати сіно при роздачі його тваринам.

При експлуатації рулонних прес-підбирачів необхідно, щоб в процесі підбору валків рослинна маса безперервно і рівномірно поступала на робочі органи підбираючого пристрою, трава не повинна скручуватися в джгути і нагромаджуватися перед прес-підбирачем, не допускаються втрати і забруднення трави землею. Після пресування повинні виходити рулони правильної форми однакової густини та розмірів.

Виходячи з цього, удосконалення рулонного прес-підбирача є актуальною задачею, що передбачає модернізацію підбираючого апарату пальцевого типу рулонного прес-підбирача з метою підвищення його продуктивності, зменшення втрат та забрудненості ґрунтом рослинної маси, а також підвищення надійності та безвідмовності роботи підбираючого пристрою.

Модернізація підбираючого пристрою пальцевого типу повинна підвищити безпеку обслуговування прес-підбирача рулонного за рахунок зменшення кількості ручної праці тракториста, який обслуговує машину, особливо у випадку закупорювання рослинною масою живильних валів подаючого транспортера рулонного прес-підбирача, коли механізатор змушений залишити кабіну трактора і вручну звільнити живильні вали.

Модернізований рулонний прес-підбирач забезпечить підвищення ефективності технологічного процесу підбирання рослинної маси з валків та пресування її у рулони, дозволить виконувати операції заготівлі кормів у стислі агротехнічні строки.

2.2. Механізм автоматичного регулювання висоти підбирання валка

Висота встановлення підбирача залежить від висоти розташування валка над поверхнею ґрунту. Якщо валок рослинної маси лежить на густій високій стерні, підбирач необхідно встановлювати так, щоб трубчасті вали граблин при їх нижньому положенні знаходилися на одному рівні з основою валка. Якщо вал розташований дуже низько або на рідкій стерні, коли велика кількість стебел провалюється на землю, а також при підбиранні валків сіна, підбирач необхідно встановлювати так, щоб кінці пальців майже торкалися поверхні землі.

Як впливає з умови (3.2) максимальна якість підбирання валка рослинної маси відбуватиметься при $h_l \rightarrow \min$ та $h_{\min} \rightarrow \min$.

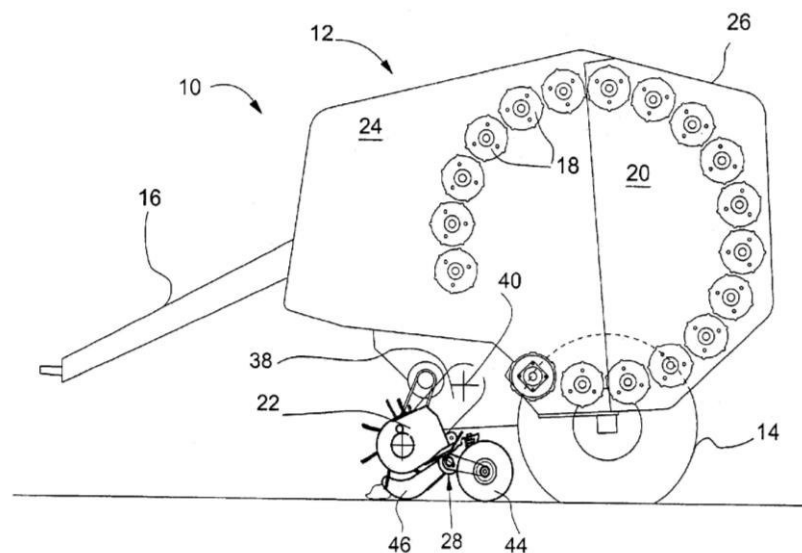
В реальних умовах експлуатації забезпечити мінімальне значення h_l досить важко через нерівності поверхні ґрунту та різноманітні перешкоди, які трапляються в напрямку переміщення прес-підбирача. Збільшення відстані h_l приводить до погіршення якості підбирання рослинної маси з валка, а зменшення – до контакту пальців підбирача з ґрунтом і, відповідно, до їх деформацій та руйнування.

Для усунення вказаних недоліків запропоновано вдосконалити підбираючий пристрій прес-підбирача наступним чином.

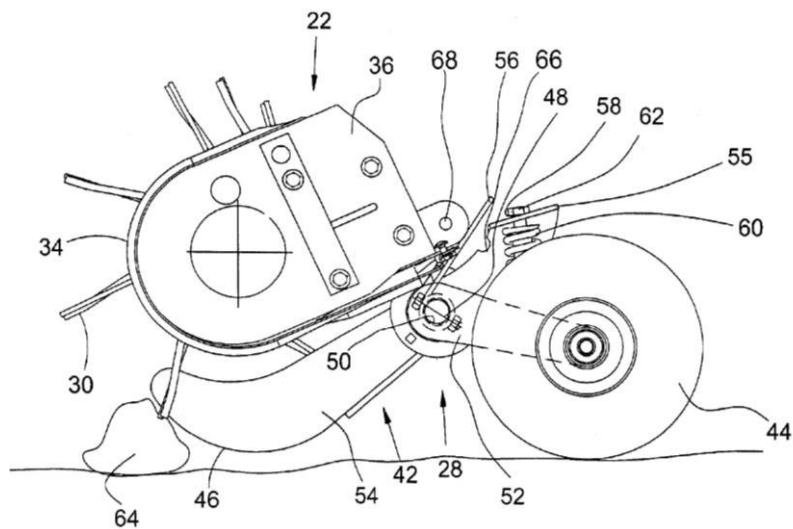
До стандартної конструкції підбираючого пристрою пропонується монтувати пристрій регулювання висоти підбирання валка.

Конструктивно цей пристрій складається з ковзаючих колодок та опорних коліс, які приєднані до комбінованого поворотного механізму і можуть обертатися навколо горизонтальної поперечної осі, геометрично розміщеної між ковзаючими колодками та колесами. Елементи пристрою регулювання висоти підбирання валка (зокрема ковзаюча колодка) конструктивно встановлено під підбираючим апаратом і таким чином не збільшують його ширину.

Конструкція вдосконаленого прес-підбирача показана на рис. 2.1.



а)



б)

а – загальний вигляд прес підбирача з вдосконалим підбираючим пристроєм;

б – боковий вид вдосконаленого підбираючого пристрою

Рисунок 2.1 – Удосконалення конструкції підбираючого пристрою

По боках підбираючого пристрою 22 розміщений пристрій регулювання висоти підбирання валка 28, з яким підбираючий пристрій 22 може встановлюватися на заданій висоті вище ґрунту. Пристрій регулювання висоти 28 сконфігуровано як механізм, який приєднаний до нижнього боку підбирача 22 и розміщується по його повній ширині.

Пальці 30 і кожухи 34 встановлені на рамі 36, до зовнішнього боку якої прикріплена пара поперечно розміщених кронштейнів 38, які встановлені

паралельно до стінок рами 12 і містять підшипники 40. Підшипники 40 розміщені вище і дещо позаду рами 36, але попереду опорних коліс 14.

Підбираючий пристрій 22 може підійматись або опускатись за допомогою не показаного механізму для того, щоб зайняти верхнє транспортне положення або нижнє робоче положення, в якому він переміщається над ґрунтом і підбирає валок рослинної маси. В найнижчому положенні регулятора висоти пальці підбирача 22 майже торкаються поверхні ґрунту.

Пристрій регулювання висоти 28 включає поворотний механізм 42, опорні колеса 44, черевик 46 ковзаючої колодки, вісь обертання 48 та підшипник 50.

Поворотний механізм підтримується на ґрунті таким чином, що ковзаюча колодка, встановлений із зазором між пальцями підбираючого апарату, регулюватиме відстань від краю пальців підбираючого апарату до ґрунту. Ковзаюча колодка також винесена на деяку відстань перед підбираючим пристроєм і таким чином може завчасно реагувати при контакті з перешкодою чи нерівномірністю ґрунту.

У порівнянні з основними колесами 14, кожне опорне колесо 44 є відносно малого діаметру і використовується для підтримки поворотного механізму 42 на ґрунті, коли ковзаюча колодка 46 наштовхується на перешкоду. Колеса 44 розміщені дещо позаду осі обертання 48, або як бачимо на рис.2.1, вправо от осі 48. Кожне з коліс 44 встановлене на підшипнику і вільно обертається на кінці деталі 52, другий кінець якої розташований радіально до осі обертання 48.

Деталь 52 встановлена на підшипнику на осі 48 і вільно повертається.

Колеса 44 можуть забезпечуватися твердими або пневматичними шинами.

Ковзаюча колодка 46 також встановлена радіально відносно осі обертання 48 і з'єднана з нею жорстко, без можливості провертання.

Вісь обертання 48 виготовлена з некруглого профілю, наприклад, квадратного чи шестигранного. Довжина осі 48 відповідає повній ширині пристрою регулювання висоти підбирання валка 28.

Між віссю обертання 48 і рамою 36 підбирача 22 знаходиться пружина 56, яка постійно протидіє проти годинникової стрілки руху осі 48 і відповідно, переміщенню вниз пластини ковзаючої колодки 46. Таким чином, у випадку, коли підбирач 22 піднятий, ковзаючі колодки 46 не переміщуються вниз і не заважають руху прес-підбирача наштовхуванням на перешкоду. Опорні колеса 44 у транспортному положенні розміщені нижче ковзаючих колодок, забезпечуючи їх непошкоджуваність.

Пружина 56 закріплена з одного боку з допомогою вушка (не показане) і гвинта 57, встановленого в отворі на осі 48. Інший кінець пружини знаходиться під попереднім навантаженням в контакті із зовнішнім боком рами 36 дещо нижче її краю.

Пружина 56 показана на рисунках як пружина скручування, але тут можливе застосування й інших типів пружин, наприклад, стрічкові пружини, спіральні пружини стиску, спіральні пружини розтягу або навіть газові пружини чи інші.

Підшипники 50 - це звичайні підшипники кочення, закріплені в підшипниковому вузлі на нижньому боці рами 36.

Кронштейн 52 для коліс 44 виготовлений з плоскої сталльної полоси з високим опором зусилля на згин.

Деталь 54 ковзаючої колодки 46 також виготовлена з сталльної стрічки у "J"-подібній формі таким чином, що вона може ковзати по ґрунту на зовнішній дузі "J" – форми.

Заокруглені краї на ковзаючій колодці зменшують небезпеку накопичення сіно-соломистої маси чи інших об'єктів, які затримуються на ковзаючій колодці на протязі часу руху по ґрунту і акумулюються там. Це також зменшує опір тертя ковзання по ґрунті.

Деталі 52 и 54 можуть бути встановлені на осі обертання 48 безпосередньо одна біля іншої або розміщені на деякій відстані між їх боковими поверхнями. Вони можуть також об'єднуватись і конфігуруватися як суцільний елемент. Їх повздовжні осі рознесені на приблизно 140 градусів.

Так як деталь 52 колеса 44 підтримується вільно на підшипниках осі обертання 48, відносно положення між деталлю 52 і 54 підтримується з допомогою сильної спіральної пружини стиску 60, яка зачіплюється одним кінцем з деталлю підтримки 55 та іншим кінцем - на верхньому боці деталі 52. Гвинт 62 проходить через пружину 60 і використовується для того, щоб зберегти пружину 60 на місці, а також забезпечити мінімальні переміщення між деталлю 52 и 54. Відповідно, пружина 60 з одного боку і гвинт 62 з іншого боку забезпечують взаємне дугове переміщення деталей 52 та 54 в певних межах під попереднім навантаженням.

Напівдугова западина 66 виконана на верхньому боці деталі 52 для фіксування опори 68 на рамі 36, коли поворотний механізм 42 займе крайнє, проти годинникової стрілки, положення. Опора 68 може конфігуруватися як гвинт, шпилька, штифт і т.д. і приєднується до рами 36 жорстко, або з можливістю регулювання. Западина 66 і опора 68 розміщені на дузі відносно центра осі обертання 48.

Принцип дії вдосконаленого прес-підбирача з вдосконаленим підбираючим пристроєм наступний.

Перед початком роботи підбираючий пристрій 22 та пристрій регулювання висоти підбирання валка 28 займають положення, показане на рис.2.1, в якому пальці 30 підбираючого пристрою розташовані над ґрунтом, а ковзаючі колодки 46, так само як і колеса 44, торкаються ґрунту.

Коли при переміщенні підбирача 22 в процесі роботи ковзаючі колодки 46 входять в контакт с перешкодою 64, то відбувається переміщення підбирача 22 вгору за рахунок його обертання навколо осі 48.

При цьому, обертовий рух поворотного механізму 42, разом з віссю обертання 48, виконується в напрямку за годинниковою стрілкою. Так як

колесо 44 розміщене на ґрунті и тримається там під дією спіральної пружини стиску 60, підбирач 22 підніметься по дузі навколо осі обертання 48. Як тільки перешкода буде подолана, черевик ковзаючої колодки 46 знову опуститься і підбирач 22 стане в початкове положення.

Так як опорне колесо 44 зміщене в бік відносно ковзаючої колодки 46, то воно не наїде на перешкоду 64 і не приведе до піднімання підбирача 22.

За товщиною ковзаюча колодка 46 є вужчою, ніж відстань між двома сусідніми дисками підбирача на яких кріпляться пружинні пальці. Це забезпечує розміщення поворотного механізму з ковзаючою колодкою та опорним колесом в межах ефективної ширини підбирача.

Так як ковзаюча колодка вужча, ніж зазор між пальцями підбирача, то вона може без перешкод встановлюватись між ними, завдяки чому забезпечується майже така ж висота, яка передбачена для стандартного підбираючого пристрою.

Фасонна ковзаюча колодка завдяки своїй плоскій конфігурації може встановлюватися між пальцями підбираючого апарату на досить значній ширині, що приводить до тиску та неї з боку ґрунту.

Якщо окремі ковзаючі пластинки встановлені, наприклад, три через кожні десять дисків, на яких кріпляться пружинні пальці, тиск ґрунту на кожному індивідуальній пластинку ковзаючої колодки зменшується, але, з іншого боку, при цьому зменшується ймовірність виявлення перешкоди (чутливість підбирача).

Окремі ковзаючі пластини можуть приєднуватися до осі обертання за допомогою пристрою балансування таким чином, що поворотний механізм приводиться в дію тільки тоді, коли перешкода виявлена, наприклад, двома сусідніми пластинками ковзаючої колодки. Таким чином попереджується також ситуація, коли підбирач опускається при попаданні однієї з пластин гальмівної колодки в борозну.

Рознесення на деяку відстань ковзаючої колодки і опорних коліс доцільне у випадку, коли ковзаюча пластинка попадає в борозну, а колесо, яке

проходить збоку борозни, забезпечує підтримку ковзаючої колодки. Вісь обертання в цьому випадку проходить по всій ширині підбираючого апарату, оскільки вона повинна об'єднати всі ковзаючі колодки та колеса.

Поворотний апарат, складений з окремих частин пружно з'єднаних між собою важелів, мають перевагу в тому, що можуть уникатись піки контактних навантажень, особливо на високих швидкостях. З іншого боку, піки навантажень можуть також уникатись використанням пружини будь - якого типу між ковзаючою пластиною або колесом і закріпленням на осі важеля поворотним пристроєм.

Попереднє навантаження закріпленого під підбираючим пристроєм на осі обертання важеля поворотного механізму здійснюється таким чином, що при опусканні підбираючого пристрою опорне колесо першим торкається ґрунту. Ковзаюча колодка при цьому не заривається в ґрунт і таким чином не пошкоджується. При підніманні підбираючого пристрою спочатку від ґрунту відривається ковзаюча колодка, а потім опорне колесо. Це також дає певні переваги підчас транспортування прес-підбирача по загальних дорогах, так як опорне колесо перебуває в транспортному положенні нижче, ніж ковзаюча пластинка, і може використовуватись як додаткова опора.

Регулятор висоти підбирання валка описаної конструкції може виготовлятись як незалежна одиниця і приєднуватись до існуючого підбираючого апарату пізніше при необхідності.

2.3. Система видалення сіна при забиванні підбираючого пристрою

Конструкція прес-підбирача включає велику кількість обертових компонентів, зокрема паси, які рухаються по системі валів, підбирач для подачі сіна в машину, а також транспортер, що передає масу від підбирача до пасів, які за рахунок зустрічного обертання формують рулон циліндричної форми.

Під час роботи прес-підбирача, у випадках недотримання технологічного режиму підбирання скошеної трави, а також під впливом погодних умов чи особливостей структури сіно-соломистої маси, часто виникає накопичення рослинних решток у передній частині підбирача та на валах транспортера.

У результаті такого накопичення відбувається закупорення зазорів підбирача або засмічення живильних валів, що призводить до зупинки процесу формування рулонів.

Користувач в такому випадку повинен зупинити технологічний процес формування рулонів і звільнити підбирач від набитого сіна.

При цьому тракторист змушений відключити енергетичне забезпечення прес-підбирача і вийти назовні трактора, щоб вручну видалити закупорене сіно із підбираючого пристрою та валів живильного транспортера. Це приводить не тільки до втрат часу, але й до фізичної дії на користувача.

У багатьох випадках трактористи залишають ввімкненим енергетичне забезпечення прес-підбирача і намагаються ліквідувати закупорення підбираючого пристрою тоді, коли прес-підбирач все ще знаходиться в дії.

Це надзвичайно небезпечно і часто приводить до травмування користувача, який може серйозно пошкодити руки або навіть загинути.

На сьогодні не існує рішення, яке дозволяло б оператору очищати живильні вальці від рослинної маси, що їх закупорює, не виходячи з кабіни трактора. Отже, виникає необхідність у створенні автоматизованої системи, здатної усувати засмічення подаючого пристрою прес-підбирача без участі користувача, який у протилежному випадку підпадає під ризик травмування.

Розроблена система має бути здатна:

- видаляти сіно-соломисту масу з підбираючого механізму прес-підбирача;
- очищувати вали живильного транспортера від накопичень рослинної маси;
- зменшувати загальний час простою при відновленні працездатності машини;

- функціонувати автономно, без прямої допомоги тракториста;
- бути сумісною з більшістю існуючих конструкцій підбирачів.

На рисунках 2.2 – 2.7 представлено систему 10 видалення рослинної маси з підбирача при закупорюванні живильних вальців, яка включає несучу плиту 20 з передньою ріжучою кромкою, дві пари роликів 30а-б несучої плити 20, пару направляючих 60а-б, які приєднані до сніці звичайного підбирача 12, пара передніх підтискаючих роликів для підтримання передньої частини несучої плити 20, пара задніх підтискаючих роликів 54а-б для підтримання задньої частини несучої плити 20, верхній рухомий ріжучий елемент 30 розміщений на передній частині несучої плити 20, двигун 42, механічно з'єднаний з верхнім рухомим ріжучим елементом 30 для забезпечення зворотньо-поступального переміщення елемента 30 на несучій плиті 20 та двох гідравлічних циліндрів 24, які забезпечують зворотньо-поступальний рух несучої плити 20 вздовж направляючих 60а-б.

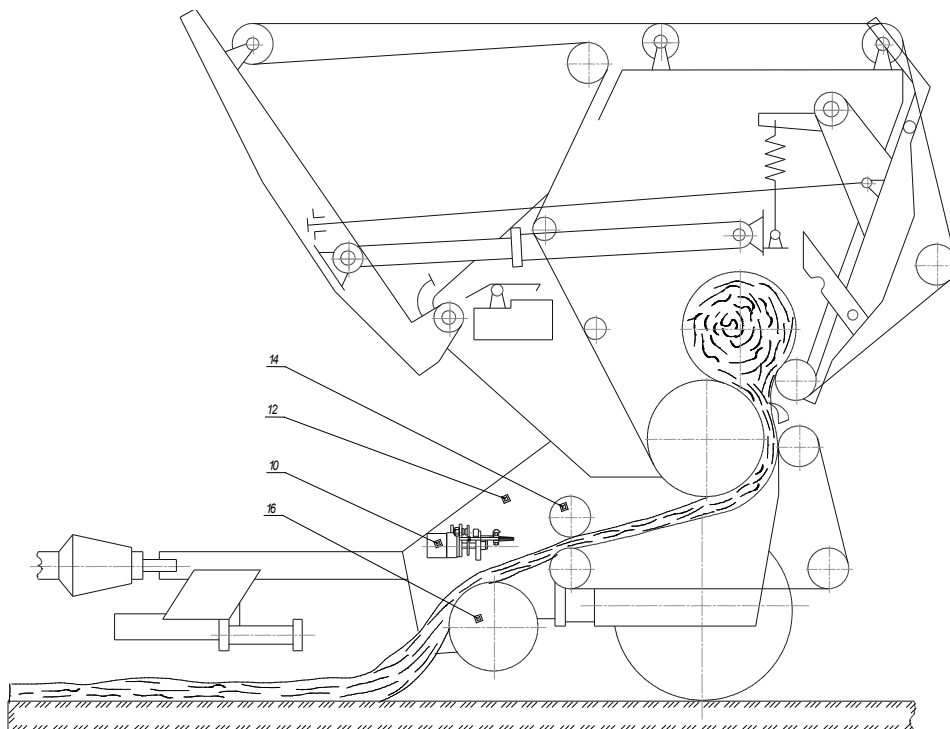


Рисунок 2.2 – Схема розташування системи видалення рослинної маси при закупорюванні живильних вальців

Система приєднана до снічі 18 прес-підбирача 12 (рис. 2.2). Взаємно паралельні направляючі 60a-b встановлені на снічі 18 вздовж площини, яка перетинає пару валів живлення 14a-b прес-підбирача 12. Направляючі 60a-b розташовані дещо вище підбираючого пристрою 16 прес-підбирача 12.

До нижньої поверхні несучої плити 20 з боку, протилежного до перешкоди, яка виникає у підбираючому пристрої, приєднана пара кріпильних скоб, до яких кріпляться гідроциліндри 24 (рис. 2.3).

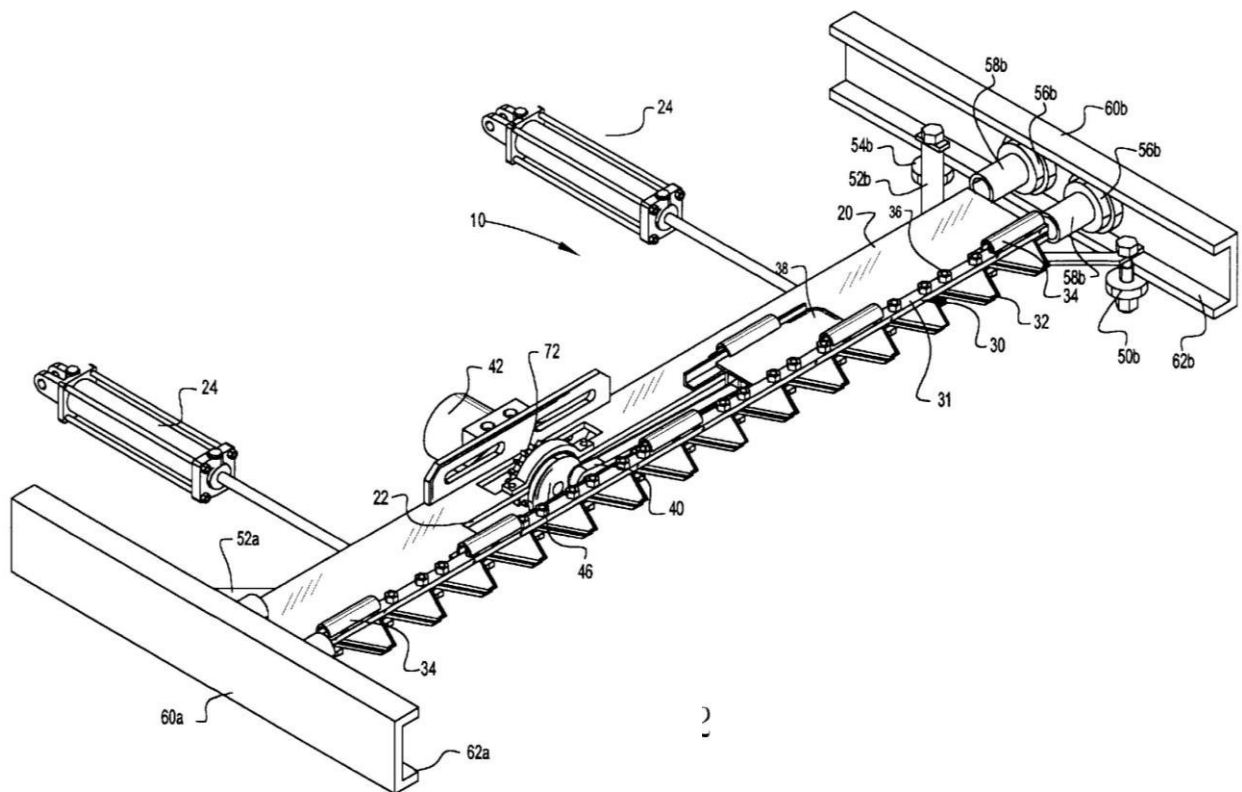


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд системи для видалення рослинної маси

Верхній рухомий ріжучий елемент 30 розміщений на передньому краї несучої плити 20. Верхній рухомий ріжучий елемент складається із смуги жатки 31 з множиною сегментних лез 32 жатки, які кріпляться до смуги жатки 31 болтами 36. Сегментні леза жатки 32 мають стандартну будову, і широко використовуються у сільськогосподарському машинобудуванні.

Дуги захисту жатки 34 приєднані до несучої плити 20 і зберігають верхній ріжучий елемент 30 в межах бажаного положення при здійсненні зворотно-поступального руху.

Двигун 42 та проміжні елементи забезпечують зворотно-поступальний рух верхнього ріжучого елемента 30 на несучій плиті 20. Верхній ріжучий елемент 30 переміщується паралельно щодо несучої плити 20 і живильних валів 14a-b. Двигун 42 приєднаний до несучої плити 20 (рис. 2.4). Маховик 46 приєднаний до приводу вала двигуна 42 і обертається разом з ним (рис. 2.5).

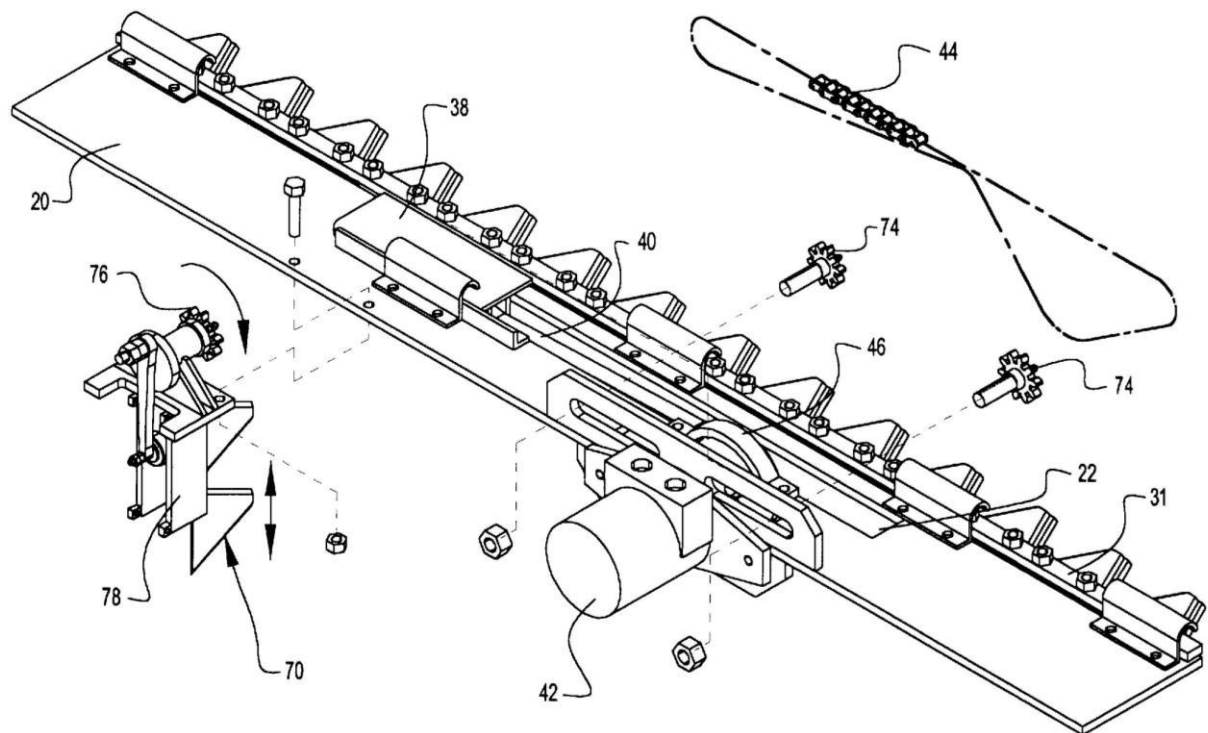


Рисунок 2.4 – Розміщення механізму зворотно-поступального руху

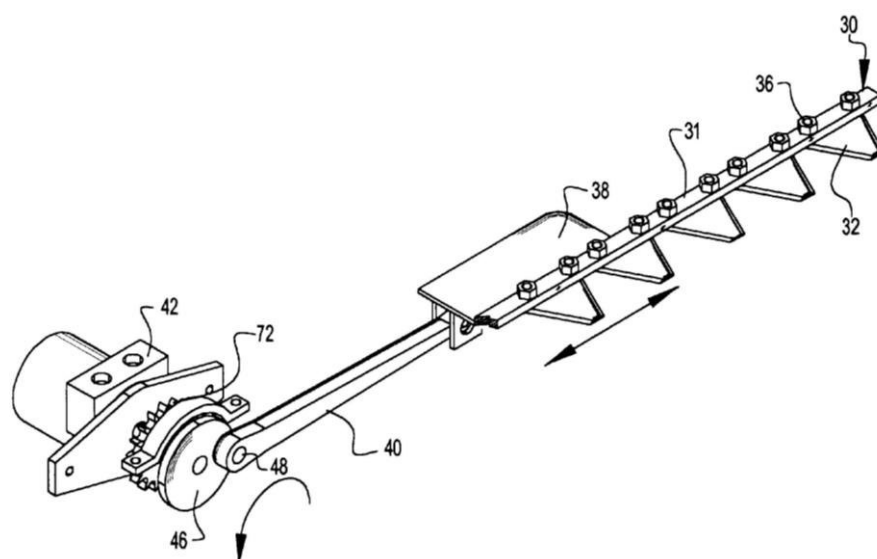


Рисунок 2.5 – Механізм зворотно-поступального руху жатки

Зворотно-поступальний рух передається на леза жатки за допомогою кронштейна 40, приєднаного до маховика 46 віссю 48.

Інший кінець кронштейна 40 приєднаний до кріпильного кронштейна жатки 38, який, в свою чергу, приєднано до верхнього ріжучого елемента 30. Кріпильний кронштейн жатки 38 переміщається в межах прорізу 22 в несучій плиті 20 (рис. 2.6). Оскільки маховик 46 обертається двигуном 42, верхній ріжучий елемент 30 здійснює зворотно-поступальний рух вздовж несучої плити 20.

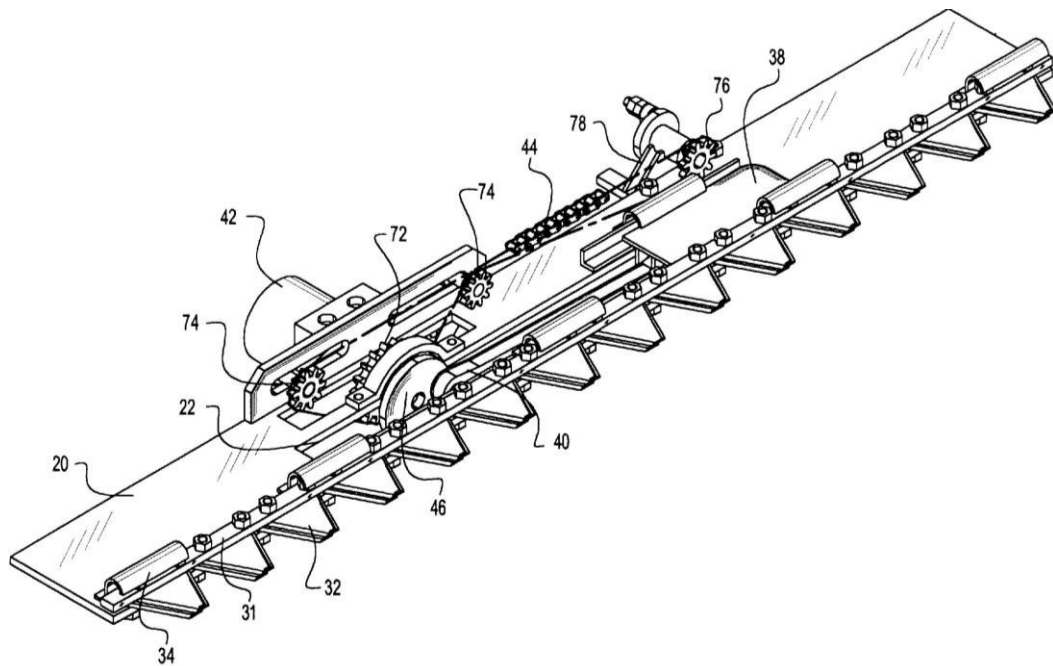


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд несучої плити з верхнім ріжучим елементом

Як і верхній ріжучий елемент 30, нижній ріжучий елемент 70 також переміщується відносно несучої плити 20. Як показано на рис. 2.7, привідне зубчате колесо 72 приєднано до двигуна 42 і механічно сполучено із зубчатим колесом регулятора 76 ланцюгом 44. Пара натяжних зубчатих коліс 74 приєднана до несучої плити 20 для підтримки ланцюга 44 в бажаному стані та положенні. Несуча рамка 78 приєднана до несучої плити 20 для підтримки зубчатого колеса регулятора 76 і нижнього ріжучого елемента 70. Зубчате колесо регулятора 76 механічно з'єднується з нижнім ріжучим елементом 70, що забезпечує його переміщення відносно несучої плити 20.

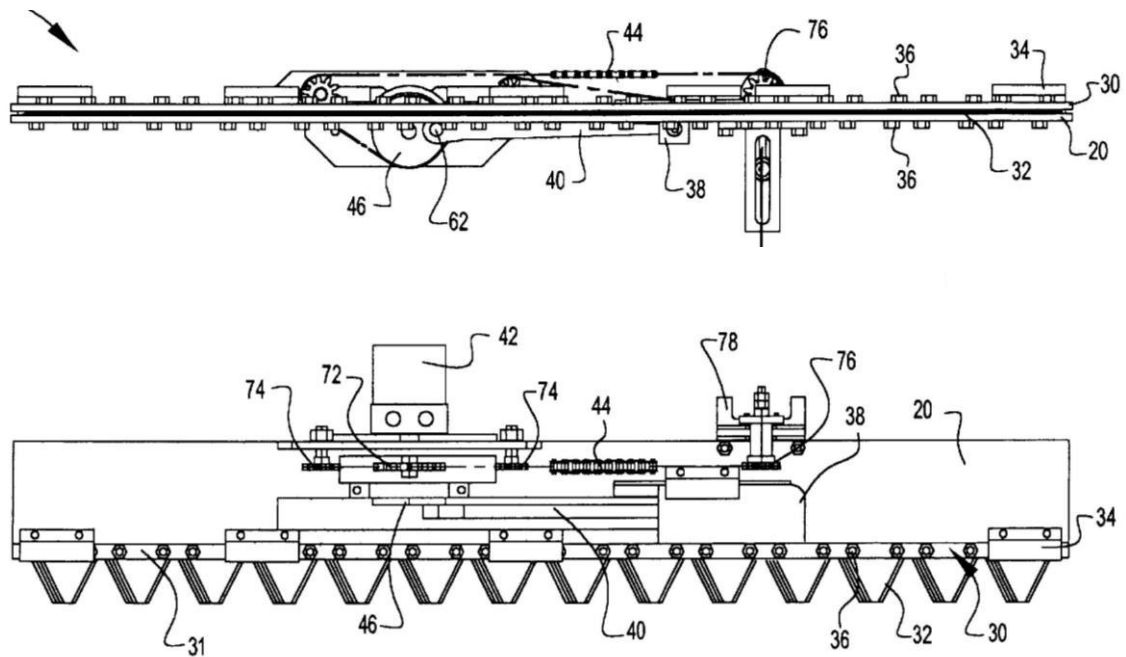


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд несучої плити з ріжучим механізмом

Як показано на рис. 2.3, осі 58a-b, на яких кріпляться обертові ролики 56a-b, приєднані до боків несучої плити 20. Ролики 56a-b поміщені в направляючих 60a-b і таким чином переміщують несучу плиту 20 та ріжучі елементи до валів живлення 14a-b для видалення закупореного сіна.

Як показано на рис. 2.3, пара передніх роликів 50a-b встановлені під полицю 62a-b направляючого швелера 60a-b і таким чином направляють несучу плиту 20 та запобігають пошкодженням коліс 56a-b при дії екстремальних сил, прикладених до несучої плити 20 гідравлічними циліндрами 24. Крім того, передні ролики 50a-b запобігають заклинюванню несучої плити 20 між направляючими 60a-b при дії нерівномірно розподілених сил.

Підсилювальні планки 52a-b встановлюються на деякій відстані від задньої кромки несучої плити 20 у напрямку направляючих 60a-b. Пари задніх роликів 54a-b приєднані до підсилювальних планок 52a-b і підтискаються із зовнішнього боку кромки 62a-b направляючих 60a-b.

Задні підшипники 54 запобігають боковим переміщенням несучої плити, так само як і передні підшипники 50. Таким чином забезпечується прямолінійне, без перекосів, переміщення несучої плити 20 при видаленні рослинної маси між живильними валами 14 ріжучим елементом 30.

Як показано на рис. 2.3, гідравлічні циліндри 24 приєднані до пари кріпильних скоб, які приєднані до несучої плити 20. Живлення гідравлічних циліндрів 24 забезпечується від гідравлічної (виносної двосторонньої дії) системи трактора, який транспортує прес-підбирач. Принципова гідравлічна схема подана на рис. 2.8.

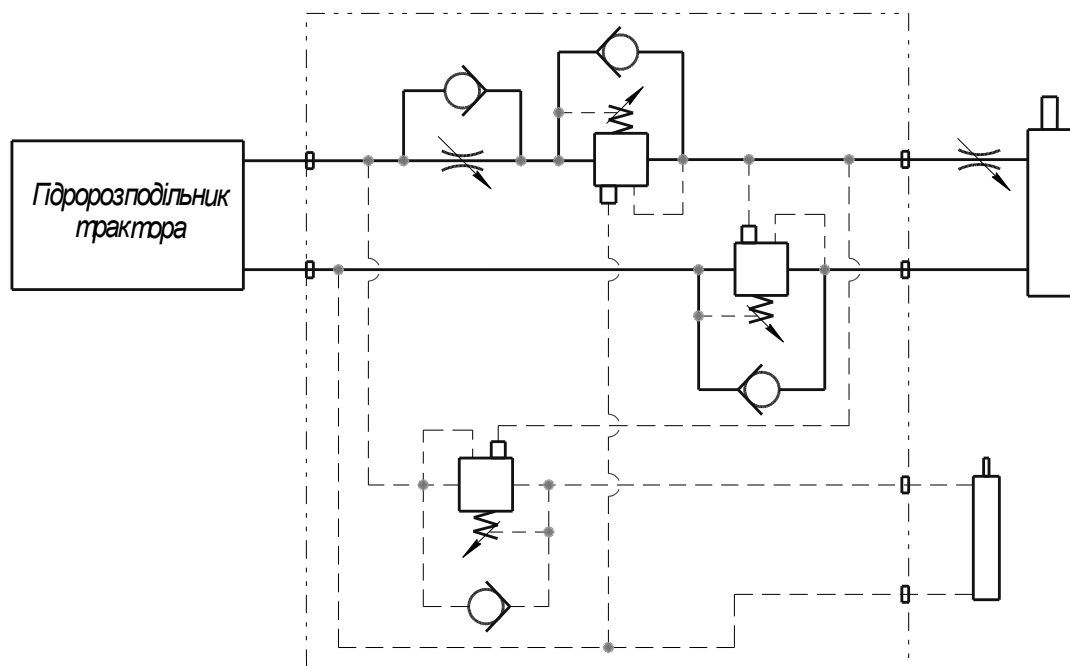


Рисунок 2.8 – Принципова гідравлічна схема вдосконаленого прес-підбирача

При виконанні технологічного процесу підбирання рослинної маси з валків штоки гідроциліндрів несучої плити 20 знаходяться у втягнутому положенні, щоб не заважати надходженню сіна в підбираючий пристрій 12. Коли сіно закупорює вали живлення 14а-б або підбираючий пристрій 16 прес-підбирача 12, тракторист зупиняє трактор, але підтримує енергетичне забезпечення прес-підбирача 12; приводить в дію пару гідравлічних циліндрів 24 таким чином, що вони переміщують несучу плиту 20 і ріжучі елементи до валів живлення 14а-б та підбираючого пристрою 16. Приводиться в дію двигун, який забезпечує взаємний зворотньо-поступальний рух верхнього ріжучого елемента 30 та нижнього ріжучого елемента 70 відносно несучої плити 20.

Верхній рухомий ріжучий елемент 30 фізично не контактує з живильними валами 14a-b, але перебуває дуже близько до них, і таким чином видаляє рослинну масу з простору між живильними валами. Нижній ріжучий елемент 70 видаляє сіно, яке накопичилось на підбираючому пристрої 16 прес-підбирача

Після того, як штоки гідроциліндрів 24 повністю висуваються, користувач приводить в дію гідроциліндри 24, щоб відвести несучу плиту 20 і ріжучі елементи 30 та 70 від валів живлення і підбираючого пристрою. Якщо рослинна маса все ще залишається у живильних вальцях, користувач повторюватиме описаний вище процес до того часу, аж поки прес-підбирач 12 зможе знову працювати в нормальному режимі.

2.4. Розрахунок потужності прес-підбирача

Пресування – дуже енергоємний процес. Потужність, потрібна на пресування, залежить від інтенсивності подачі рослинної маси за одиницю часу, від її вологості та густини спресованих рулонів.

В залежності від подачі рослинної маси, потужність (кВт) на пресування сіна і соломи визначається залежністю:

$$N = 3,6 \cdot \varepsilon \cdot q, \quad (2.1)$$

де ε – коефіцієнт, який виражає енерговитрати в кіловат-годинах на 1 г спресованого сіна.

При пресуванні сіна коефіцієнт ε змінюється від 0,1 до 0,85 кВт-год при вологості сіна 18–25%. Менші значення відповідають щільності спресованого рулону 150 кг/м³, а більші – 250 кг/м³. Із збільшенням вологості пресованої маси при однаковій щільності енерговитрати зменшуються. Так, наприклад, для сіна вологістю 23% ε на 50% менше, ніж при вологості 13%. Тому з метою зменшення енерговитрат важливо проводити пресування при вологості сіна 18–

25%. Витрати енергії на пресування соломи на 20–35% вищі, ніж на пресування сіна такої ж вологості.

Оскільки подача залежить від ваги q_B валка на довжині 1 м і швидкості v руху машини, тобто:

$$q = q_B \cdot v, \quad (2.2)$$

то

$$N = 3,6 \cdot \varepsilon \cdot q_B \cdot v. \quad (2.3)$$

Залежно від ваги валка на 1 м довжини підбирають оптимальну швидкість, при якій максимально використовується пропускна спроможність прес-підбирача при стійкій роботі двигуна трактора.

Беручи до уваги, що прес-підбирачі працюють на валках з вагою рослинної маси 10–25 г на сантиметр довжини валка [24], визначаємо максимальну споживану потужність існуючого прес-підбирача ПРП – 1.6 при масі 1 м валка 2,5 кг:

$$N = 3,6 \cdot 0,25 \cdot 2,5 \cdot 9 = 20,25 \text{ кВт.}$$

Враховуючи збільшення питомих енерговитрат на грам пресованого сіна, визначаємо споживану потужність вдосконаленого прес-підбирача:

$$N = 3,6 \cdot 0,32 \cdot 2,5 \cdot 9 = 25,92 \text{ кВт.}$$

Як бачимо з розрахунків, споживана потужність вдосконаленого прес-підбирача на $\approx 22\%$ вища, ніж прес-підбирача існуючої конструкції.

2.5. Розрахунок продуктивності прес-підбирача

Основні показники якості роботи машин для заготівлі розсипаного сіна – ширина захвату, енергетичні показники (швидкість руху, тяговий опір, потужність на привід та інші), втрати сіна (соломи), продуктивність (т/год або га/год), розміри, маса, густина та міцність формованих рулонів, забрудненість рулонів ґрунтом [**Error! Reference source not found.**].

Продуктивність машин для заготівлі розсипаного сіна (т/год) визначають за формулою:

$$Q = \frac{3,6 \cdot G}{t}, \quad (2.4)$$

де G – маса сіна (соломи), кг, маса рулону $G=300$ кг;

t – середня тривалість робочого циклу, с, $t \approx 4 \text{ хв} = 240$ с.

Продуктивність машин для заготівлі розсипаного сіна у га/год визначають за формулою:

$$W = 0.36 \cdot b \cdot v_M, \quad (2.5)$$

де b – фактична ширина захвату машини, м;

v_M – швидкість руху машини, м/с.

Розрахована за формулами (2.4) та (2.5) продуктивність існуючого прес-підбирача складає:

$$Q = \frac{3,6 \cdot 300}{240} = 4,5 \text{ т/год.}$$

$$W = 0.36 \cdot 1,6 \cdot 2,5 = 1,44 \text{ га/год.}$$

Визначаємо оптимальну поступальну робочу швидкість руху вдосконаленого рулонного прес-підбирача з формули (3.9), приймаючи рекомендоване значення кінематичного параметру $\lambda = 1,4$ об/м. Значення колової швидкості руху пальця $u=250$ об/хв.

$$v_M = \frac{u}{\lambda} = \frac{250}{1,4} = 178,57 \text{ м/хв} = 10,7 \text{ км/год.}$$

За формулами (2.4) та (2.5) визначаємо продуктивність вдосконаленого прес-підбирача, враховуючи, що $t \approx 200$ с:

$$Q = \frac{3,6 \cdot 300}{200} = 5,4 \text{ т/год.}$$

$$W = 0,36 \cdot 1,6 \cdot 3 = 1,73 \text{ га/год.}$$

Отже, продуктивність удосконаленого прес-підбирача на ≈ 17 % вища, ніж у прес-підбирача базової конструкції.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Кінематичний аналіз підбираючого пристрою

В процесі роботи пальці підбирача здійснюють складний рух. Вони переміщуються в напрямку переносної швидкості, обертаються навколо осі барабана і повертаються на деякий кут разом з трубчастими валами. Такий складний рух забезпечує необхідну якість роботи підбирача, яка оцінюється чистотою підбору валу, безперервністю подачі рослинної маси на подальші робочі органи, вільним виходом пальців з маси без затягування її під барабан.

Чистота підбору рослин залежить від параметрів і режимів роботи підбирача. В процесі підбору ролик кривошипа перекочується по направляючій доріжці. При русі роликів по дузі abc кола (рис. 3.1) кінці пальців рухаються по траєкторіях, що характеризуються рівняннями:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_M t + r \cdot \sin \omega t \\ y &= r \cdot \cos \omega t \end{aligned} \right\}, \quad (3.1)$$

де r – радіус обертання кінця пальця, м.

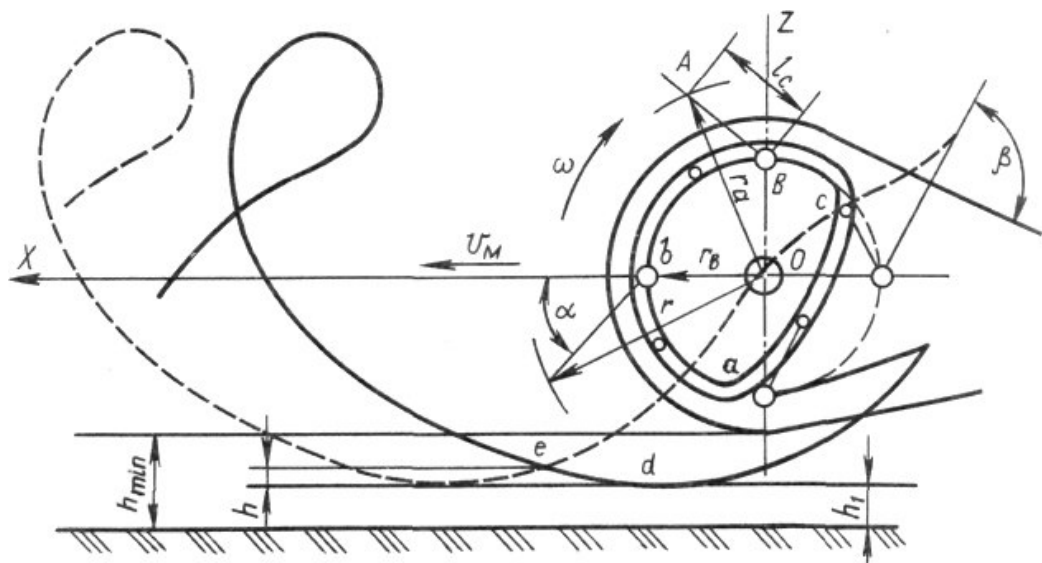


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення режиму роботи підбираючого пристрою

Пальці сусідніх трубчастих валів описують аналогічні траєкторії. Ці траєкторії перетинаються в точці e . Висота гребеня h від нижньої точки d траєкторії до точки e по вертикалі визначає чистоту підбору рослин. Для забезпечення підбору рослинної маси без втрат та виключення поломок пальців підбирача необхідно дотримуватись умови:

$$h_1 + h \leq h_{\min}, \quad (3.2)$$

де h_1 – мінімальна відстань між поверхнею ґрунту і траєкторією руху кінців пальців, м;

$h_{\min}$ – мінімальна відстань між поверхнею ґрунту та кожухом, м.

Підбирач працює без нагромадження і розтягування валка в тому випадку, якщо горизонтальна складова абсолютної швидкості точки A – середини виступаючої за кожух частини пальця, що знаходиться у верхньому положенні, рівна нулю, тобто, коли

$$\frac{dx}{dt} = v_M + \omega \cdot r_a \cdot \sin \omega t, \quad (3.3)$$

$$v_M = -\omega \cdot r_a \cdot \sin \omega t, \quad (3.4)$$

де r_a – відстань між осями валу барабана і трубчастого валу пальців, м;

В конструкціях підбирачів пружинні пальці BA (рис. 3.1) в період підгрібання рослинної маси відхиляються від радіального напрямку OB на деякий кут α . Тому величина радіусу-вектора $r_a = OA$ визначається з трикутника OBA :

$$r_a = \sqrt{r_B^2 + l_C^2 + 2r_B l_C \cos \alpha}, \quad (3.5)$$

де r_B – радіус обертання трубчастих валів, м;

l_C – відстань від трубчастого вала до середини виступаючої за кожух частини пальця, м;

α – кут відхилення пальця від радіального положення.

Вільний вихід пальців з підбируваної рослинної маси без затягування її в барабан відбувається у тому випадку, коли кут β між пальцями і площиною кожуха більший суми кутів тертя стебел об пальці та кожух. Потрібний кут виходу пальців забезпечується відповідним профілем направляючої доріжки.

Підставляючи вираз (3.5) у залежність (3.4), отримаємо:

$$v_M = -\omega \sin \omega t \sqrt{r_B^2 + l_C^2 + 2r_B l_C \cos \alpha} . \quad (3.6)$$

Для середини пальця:

$$v_M = -\omega \sin \omega t \sqrt{r_B^2 + \frac{l_C^2}{4} + r_B l_C \cos \alpha} . \quad (3.7)$$

Для положення пальця, яке відповідає куту повороту $\omega t = 3\pi/2$:

$$v_M = \omega \sqrt{r_B^2 + l^2 + 2r_B l_C \cos \alpha} \quad (3.8)$$

де l – довжина пальця, м.

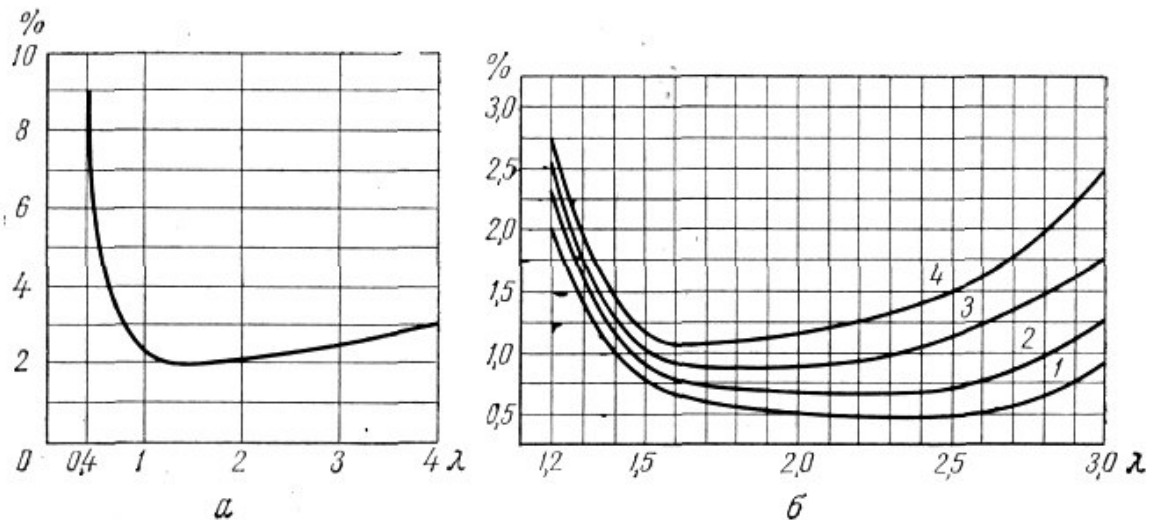
Співвідношення колової та поступальної швидкостей кінця пальця, який знаходиться у верхньому положенні:

$$\lambda = \frac{u}{v_M} = \frac{\sqrt{r_B^2 + l^2 + 2r_B l \cos \alpha}}{\sqrt{r_B^2 + l_C^2 + 2r_B l_C \cos \alpha}} . \quad (3.9)$$

З виразу (3.9) випливає, що для отримання меншої висоти h гребня необхідно збільшити показник кінематичного режиму роботи λ .

Проте збільшення відношення λ приводить до погіршення якості підбирання рослинної маси (розрив валка) і до шкідливих механічних впливів на підбирувану масу. Крім того, при збільшенні λ відбувається зменшення поступальної швидкості прес-підбирача, що негативно впливає на продуктивність роботи машини.

Із зменшенням відношення λ поступальна швидкість машини зростає, але при цьому валок нагромаджується перед підбирачем і втрати рослинної маси зростають. За експериментальними даними [Error! Reference source not found.] на рис. 3.2 бачимо, що із збільшенням поступальної швидкості при одних і тих же значеннях λ втрати зростають, але для кожної поступальної швидкості при певних значеннях λ вони мають свої мінімальні величини.



а – втрати сіна при підбиранні (вага 1 м валка 2 кг);

б – втрати пшениці при підбиранні (вага 1 м валка 2,1 кг);

1 – $v_M=3,9$ км/год; 2 – $v_M=5$ км/год; 3 – $v_M=6,1$ км/год; 4 – $v_M=7$ км/год.

Рисунок 3.2 – Втрати підбирачів в залежності від кінематичного показника λ

Отже, виходячи із вище сказаного, можна зробити висновок, що оптимізувати процес підбирання рослинної маси з валка досить важко, бо при зростанні поступальної швидкості зростають втрати рослинної маси, а зменшення швидкості приводить до зниження продуктивності машини.

3.2. Розрахунок параметрів різального апарату

Основними параметрами різальних апаратів є швидкість різання та крок розстановки різальних елементів – сегментів і протирізальних пластинок (вкладишів) – t і t_0 і хід ножа S .

В апаратах нормального різання з одинарним пробігом ножа всі три згаданих параметри рівняються між собою $t = t_0 = S$.

Різання рослин різальним апаратом з поворотно-поступальним рухом відбувається за принципом ножиць. Різальну пару створюють сегмент і вкладиш (протирізальна пластинка). Якість різання залежить від багатьох факторів: розміщення пальців, гостроти леза, кутів нахилу лез сегмента і пальця до лінії руху, площини прилягання сегмента до опорної площини пальця, швидкості руху ножа тощо.

Експериментальні дослідження показують, що технологічна швидкість різання v_T , тобто швидкість, що забезпечує чистий зріз рослин з мінімальним опором, при зрізанні трав не перевищує 1,0 - 1,2 м/с [5].

Для якісного зрізання рослин ножом необхідно виконати умову:

$$v \geq v_T, \quad (3.10)$$

де v – швидкість ножа.

Привод ножа у різальному апараті з поворотно-поступальним рухом здійснюється кривошипно-шатунним механізмом. Розрізняють два типи кривошипно-шатунних механізмів: центральний (аксіальний), коли вісь кривошипного вала лежить на лінії переміщення ножа, і зміщений (дезаксіальний) (рис. 3.3), коли вісь кривошипного вала лежить вище лінії переміщення ножа на деякій відстані H . Здебільшого застосовується другий тип механізму – дезаксіальний [5].



Хід ножа S можна визначити із виразу (рис. 3.3)

Якщо позначити кут повороту кривошипного вала, який відраховується від горизонтального діаметра через $\varphi = \omega t$ (рис. 3.3), а кут між шатуном і горизонтальною віссю через β , то вираз для переміщення x можна записати:

51

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{h + r \cdot \sin \varphi}{l} \right)^2}. \quad (3.14)$$

Беручи до уваги умову $h/l \ll 1$ та $r/l \ll 1$ та обмежуючись першими двома членами розкладу в ряд виразу (3.14) отримаємо вираз, що описує переміщення ножа [5]:

$$x = \sqrt{(l + r)^2 - h^2} - r \cdot \cos \varphi - l + \frac{h^2}{2l} + \frac{h \cdot r}{l} \cdot \sin \omega t + \frac{r^2}{2l} \sin^2 \omega t. \quad (3.15)$$

Взявши від (3.15) похідну за часом, одержимо вираз для швидкості руху ножа

$$v = \frac{dx}{dt} = r \omega \left(\sin \omega t + \frac{h}{l} \cos \omega t + \frac{r}{2l} \sin 2\omega t + \dots \right). \quad (3.16)$$

Взявши від (3.16) похідну за часом, одержимо вираз для прискорення ножа

$$a = \frac{dv}{dt} = r \omega^2 \left(\cos \omega t - \frac{h}{l} \sin \omega t + \frac{r}{l} \cos 2\omega t + \dots \right). \quad (3.17)$$

Прийнявши в рівняннях (3.15) – (3.17) $h = 0$, одержимо наближені формули переміщення, швидкості і прискорення для ножа центрального кривошипного механізму:

$$x = r(1 - \cos \omega t) + \frac{r^2}{2l} \sin^2 \omega t; \quad (3.18)$$

$$v = r \omega \left(\sin \omega t + \frac{r}{2l} \sin 2\omega t \right); \quad (3.19)$$

$$a = r \omega^2 \left(\cos \omega t + \frac{r}{l} \cos 2\omega t \right). \quad (3.20)$$

Як правило, відношення r/l порівняно мале і коливається в границях від 0,1 до 0,04 [5], а тому останніми членами в рівняннях (3.17) – (3.20) можна нехтувати і ці рівняння приймають вигляд гармонічного коливального руху, який визначається рухом проекції пальця кривошипа на лінію ножа:

$$x = r(1 - \cos \omega t); \quad (3.21)$$

$$v = r\omega \sin \omega t; \quad (3.22)$$

$$a = r\omega^2 \cos \omega t. \quad (3.23)$$

Для аналізу кінематичного режиму і встановлення зв'язку з основними параметрами різальних апаратів різних типів використовують вирази для швидкості і прискорення ножа як функції переміщення ножа.

Виключивши із рівнянь (3.21) і (3.22) кут повороту, одержимо

$$\left(\frac{r-x}{r}\right)^2 + \left(\frac{v}{r \cdot \omega}\right)^2 = 1. \quad (3.24)$$

Розв'язуючи рівняння (3.21) і (3.23), можна записати:

$$a = \omega^2(r - x). \quad (3.25)$$

У крайніх положеннях, при $x = 0$ і $x = 2r$, швидкість ножа рівна нулю, а його прискорення приймає максимальне значення $a_{\max} = \omega^2 r$. При $x=r$ швидкість ножа буде мати максимальне значення $v_{\max} = \omega \cdot r$, а прискорення буде рівне нулю $a = 0$ [5].

Перетворивши формулу (3.24), одержимо вираз для визначення швидкості ножа у вигляді [5]:

$$v = r\omega \sqrt{\frac{x}{r} \left(2 - \frac{x}{r}\right)}. \quad (3.26)$$

або

$$\frac{v}{\omega} = \sqrt{x(2r-x)}. \quad (3.27)$$

За графіком функції (3.27) можна визначити швидкість для довільного положення x кривошипа (рис. 3.4) [5].

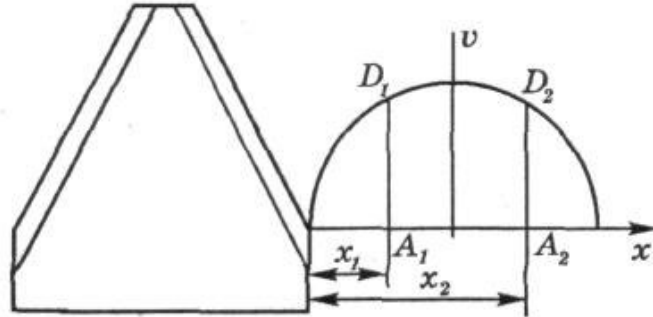


Рисунок 3.4 – Графік швидкостей ножа в залежності від переміщення

Формули (3.21) – (3.23) для більшості кривошипно-шатунних механізмів мають достатню точність. Однак при порівняно великих значеннях відношення r/l або при великому зміщенні осі кривошипного вала від лінії руху ножа помилка формули (3.21) дорівнює різниці між ходом ножа S і діаметром кола радіуса кривошипа. Тому формулами (3.21) - (3.23) необхідно користуватися із заміною радіуса кривошипа r на $0,5S$.

Зважаючи на те, що в косарках хід ножа рівний $S=76,2\text{мм}$ [5], з формули (3.11) визначаємо необхідну величину зміщення осі кривошипного вала відносно лінії переміщення ножа h при наступних параметрах механізму: довжина шатуна $l=0,330\text{ м}$; радіус кривошипа $r = 0,038\text{ м}$:

$$h = \frac{\sqrt{(4l^2 - S^2)(-4r^2 + S^2)}}{2S} = \frac{\sqrt{(4 \cdot 330^2 - 76.2^2)(-4 \cdot 38^2 + 76.2^2)}}{2 \cdot 76.2} = 23.7\text{ мм}.$$

Приймаємо $h=25\text{мм}$ і уточнюємо величину переміщення ножа:

$$S = \sqrt{(330 + 38)^2 - 25^2} - \sqrt{(330 - 38)^2 - 25^2} = 76.22 \text{ мм.}$$

Враховуючи умову (3.10), із залежності (3.27) визначаємо мінімально необхідну кутову швидкість руху кривошипа при $x = 0,5S$:

$$\omega \geq \frac{v}{\sqrt{x(2r-x)}} = \frac{v}{\sqrt{0.5S(2r-0.5S)}} = 31.58 \text{ с}^{-1}.$$

Мінімальна частота обертання кривошипного валу становитиме

$$n = \omega/2\pi = 31.58/2 \cdot 3.14 = 301.6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання кривошипного вала $n=360$ об/хв, при якій кутова швидкість кривошипа $\omega=37,7 \text{ с}^{-1}$ та максимальна лінійна швидкість руху ножа $v=1,43$ м/с.

3.3. Розрахунок сил, що діють на ніж

При русі сегментного ножа механізму обрізання сіно-соломистої маси на нього будуть діяти сила опору різання R , сила інерції маси ножа P_J та сила тертя ножа P (рис. 3.5) [5].

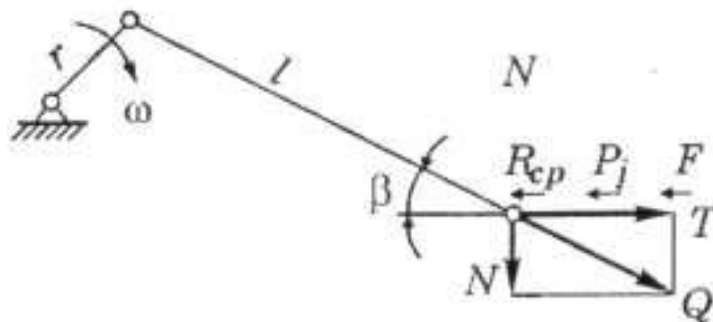


Рисунок 3.5 – Сили, які діють на ніж

Сила T , що рухає ніж, повинна бути рівна або більша суми сил опору, які діють на ніж (рис. 3.5):

$$T = R_{cp} + P_J + F, \quad (3.28)$$

де R_{cp} – середнє значення сили опору різання;

P_J – сила інерції маси ножа;

P – сила тертя ножа.

Встановлено, що сила опору різання зростає пропорційно збільшенню кількості рослин, що одночасно зрізуються. Якщо прийняти, що стеблини розподілені рівномірно, то кількість зрізаних рослин γ' залежить від площі навантаження і густини рослинної маси [5]:

$$\gamma' = \gamma \cdot f_H,$$

де γ - кількість стеблин на одиниці площі;

f_H – площа навантаження.

Число стеблин γ – величина стала: для трав $\gamma = 1,2-2,0$ стеблин/см², а для злакових рослин $\gamma = 0,2-0,8$ стеблин/см².

Опір різання залежить не тільки від кількості стеблин, що зрізаються, але й від біологічного виду рослини, розвитку стеблин, від морфологічних особливостей, метеорологічних умов тощо.

Встановлено, що робота, яка витрачається на різання рослин з 1 см², може бути приблизно прийнята: $\varepsilon = (2 - 3) \cdot 10^{-2}$ Дж/см² для трав і $\varepsilon = (1 - 2)$ Дж/см² для зернових культур. Коефіцієнт ε враховує як кількість стеблин на 1 см², так і їх фізичні особливості [5].

Середнє значення сили опору різання для апарата нормального різання з одинарним пробігом визначається з виразу [5]:

$$R_{cp} = \frac{\varepsilon \cdot f_H \cdot z}{x_p}, \quad (3.29)$$

де z – кількість сегментних ножів, $z = 14$;

x_p – переміщення ножа від початку до кінця різання $x_p = S = 0,0762$ м.

Приймаємо $\epsilon = 300$ Дж/м², а площу f_H визначали як добуток ширини захвату обрізаючого механізму (1460 мм) на товщину сінного матеріалу між валками (20 мм):

$$R_{cp} = \frac{300 \cdot 1.460 \cdot 0.02 \cdot 14}{0.07622} = 1598 \text{ Н},$$

Сила інерції визначається добутком маси ножа $m_H = 60$ г на його прискорення a_H . Взявши другу похідну від (3.21) за часом, одержимо:

$$P_J = m_H \cdot r \cdot \omega^2 \left(1 - \frac{x}{r} \right). \quad (3.30)$$

Очевидно, що при $x=r$ матимемо $P_J = 0$, а максимуми абсолютного значення $P_{j\max}$ відповідають початку і кінцю ходу ножа при $x=0$:

$$P_{j\max} = m_H \omega^2 r = 0.060 \cdot 37.7^2 \cdot 0.038 = 3.25 \text{ Н}.$$

Сила тертя ножа по елементах пальцевого бруса складається із сили тертя F_1 , яка викликана дією сили ножа, і сили F_2 , яка виникає від дії шатуна, тобто $F = F_1 + F_2$ [5].

Силу тертя від сили ваги ножа визначають за формулою [5]:

$$F_1 = f \cdot G, \quad (3.31)$$

де f – коефіцієнт тертя. Приймають $f = 0,25 - 0,3$, тому що ніж в пальцевому брусі переміщується в абразивному середовищі без змащування;

G – сила тяжіння ножа, Н. Погонний метр жатки має вагу $\approx 20\text{-}22 \text{ Н/м}$ [5].

$$F_1 = 0.3 \cdot 20 \cdot 1.460 = 9.64 \text{ Н}.$$

Сила F_2 є наслідком дії нормальної реакції шатуна на ніж.

Як видно з рис. 3.5, вираз для сили нормального тиску буде [5]:

$$N = T \operatorname{tg} \beta = (R_{CP} + P_J + F) \operatorname{tg} \beta, \quad (3.32)$$

або

$$N = \frac{(R_{CP} + P_J + fG) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta}. \quad (3.33)$$

Тоді рівняння сили тертя F_2 матиме такий вигляд:

$$F_2 = \frac{(R_{CP} + P_J + fG) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta} f, \quad (3.34)$$

$$F_2 = \frac{(1598 + 3.25 + 9.64) \operatorname{tg} 11^\circ}{1 - 0.3 \operatorname{tg} 11^\circ} 0.3 = 99.81 \text{ Н},$$

де кут β визначали з рис. 3.5: $\beta_{\max} = \arcsin\left(\frac{r+h}{l}\right) = 11^\circ$.

Рушійну силу T визначаємо як алгебраїчну суму сил:

$$T = R_{CP} + P_J + fG + F_2 = 1598 + 3.25 + 9.64 + 99.81 \approx 1711 \text{ Н}.$$

Знаючи силу T , можна накреслити діаграми сил і крутних моментів, що діють на палець кривошипа, розрахувати момент інерції маховика, параметри деталей механізму передач, а також визначити потужність, яка потрібна на привід ножа.

Потужність, що необхідна для подолання сил опору ножа його переміщенню, визначають за формулою [5]:

$$A = T \cdot v_H, \quad (3.35)$$

$$A = 1711 \cdot 1.43 = 2.45 \text{ кВт}.$$

Отже, для приводу кривошипно-шатунного механізму необхідно забезпечити потужність $A=2.45$ кВт.

Потужність для приводу ножа зростає пропорційно збільшенню подачі. При сталій подачі апарат нормального різання з подвійним пробігом ножа на 30 – 40 % менш енергоємний, ніж інші апарати. Порівняно більша потужність необхідна для різального апарата низького різання, який має малі швидкості різання біля середнього пальця, через що збільшуються сили опору різання. Окрім того, щоб позбавитись забивання апарата, домагаються більш точного прилягання сегмента до протирізальної пластинки і притискним лапкам, що збільшує тертя в різальній парі. На значення величини потужності значний вплив має гострота леза. При гострих лезах необхідна менша потужність, ніж при тупих. Так, при затупленні гладких лез від 30 до 130 мкм, потужність на привод ножа збільшується на 20 - 50 % .

3.4. Дослідження напружено-деформованого стану шатуна

Перевіримо на міцність найбільш навантажений елемент приводу механізму обрізання сіно-соломистої маси – шатун, який забезпечує зворотньо-поступальний рух жатки.

Розрахунок на міцність проводимо за допомогою спеціалізованої програми Simulation, яка входить до системи автоматичного проектування тривимірних тіл SolidWorks. Тривимірна модель шатуна показана на рис. 3.6.

Розрахунок шатуна на міцність проводимо у наступній послідовності. Створюємо кінцево-елементну сітку на тілі моделі (рис. 3.7).

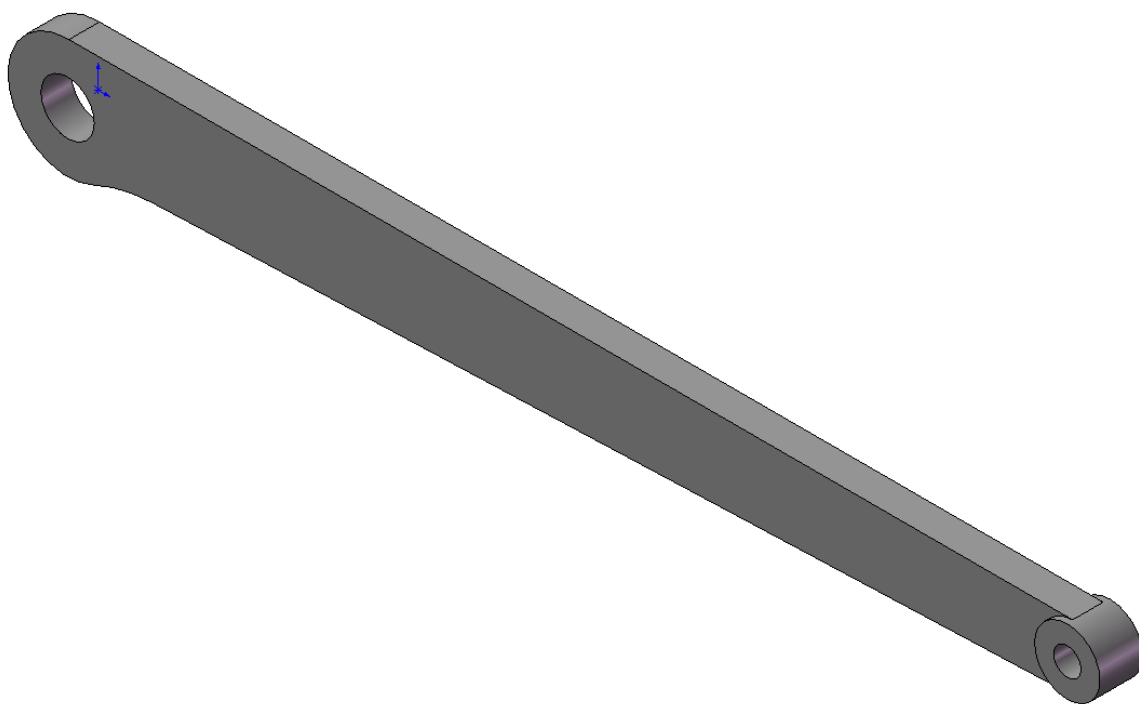


Рисунок 3.6 – Тривимірна модель шатуна приводу механізму обрізання

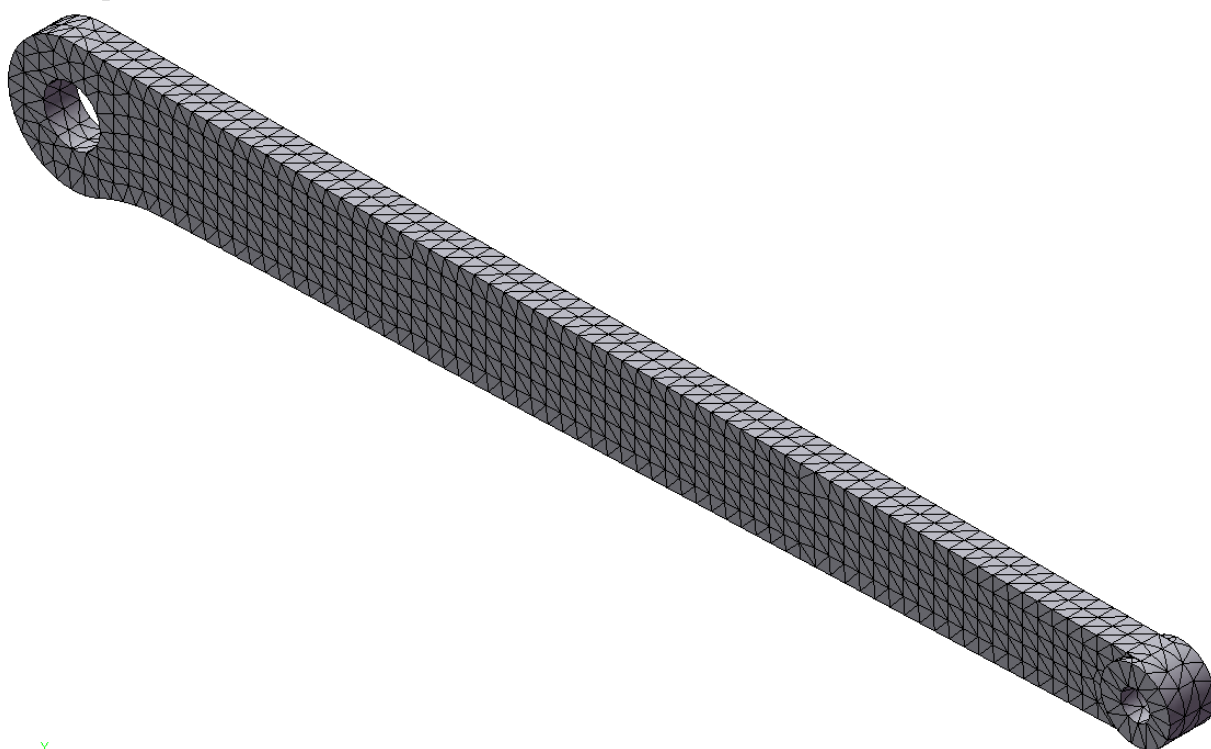


Рисунок 3.7 – Кінцево-елементна сітка на твердо тілній моделі шатуна

Відтворюємо умови закріплення шатуна. В реальній конструкції приводу шатун з обох кінців закріплений шарнірно. В моделі лівий край шатуна закріплюємо нерухомо, а правий залишаємо вільним (рис. 3.8).

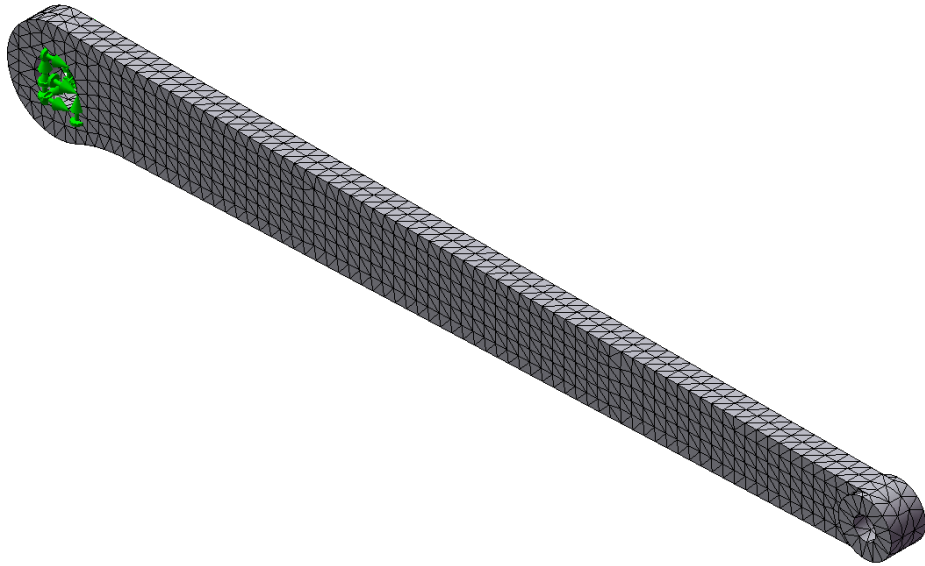


Рисунок 3.8 – Умови закріплення шатуна

Відтворюємо умови навантаження шатуна. Оскільки в реальній конструкції приводу шатун з обох кінців закріплений шарнірно і передає зворотно-поступальний рух, то очевидно, що працювати він буде на розтяг-стиск. Тому задаємо розтягуючу силу $P=1711\text{Н}$ на правому кінці шатуна (рис. 3.9) та зусилля від власної маси шатуна ($0,76\text{ кг}$).

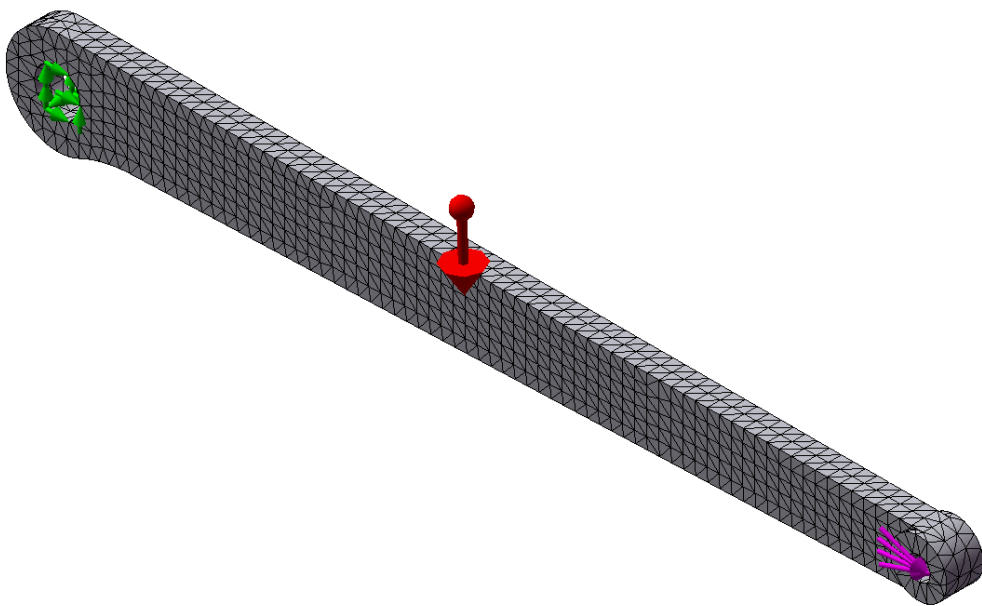
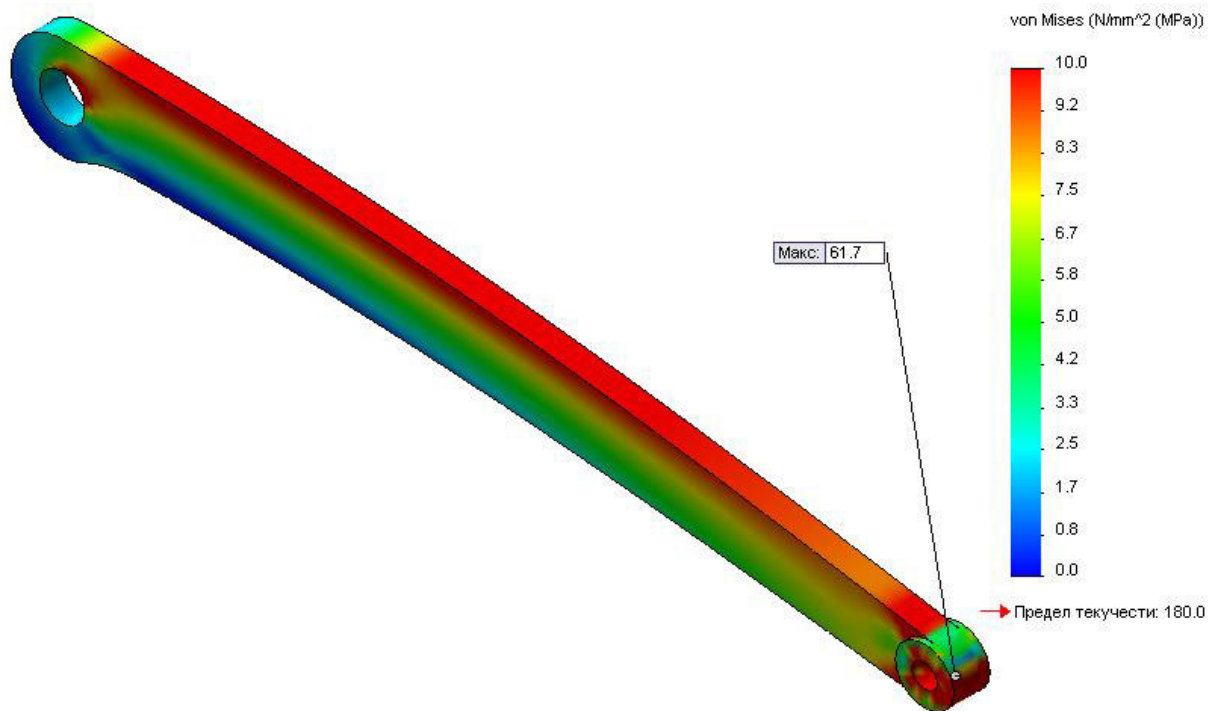
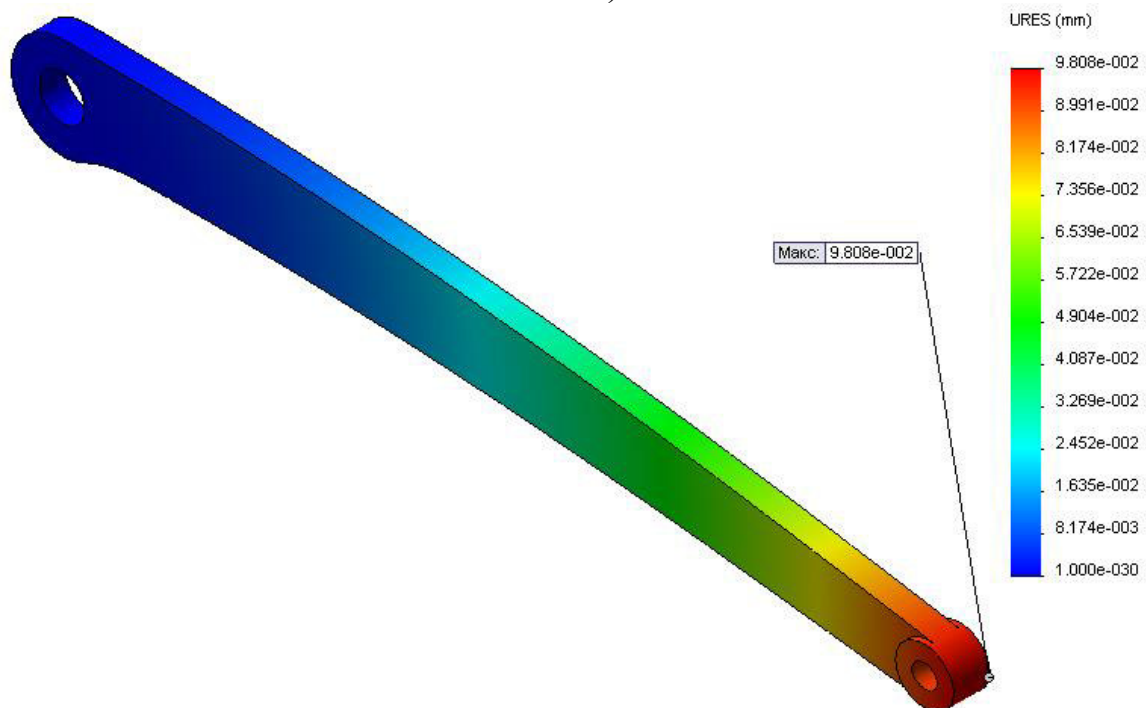


Рисунок 3.9 – Умови навантаження шатуна

Аналіз напружено-деформованого стану шатуна проводимо методом кінцевих елементів за допомогою пакету Simulation (рис. 3.10).



а)



б)

Рисунок 3.10 – Результати розрахунку 3D-моделі шатуна:

а – напруження, МПа; б – переміщення, мм.

Як бачимо з рис. 3.10, максимальними будуть контактні напруження у місцях прикладання розтягуючих сил $\sigma \approx 62$ МПа. Переміщення вільного кінця шатуна не перевищують 0,1 мм.

Розподіл запасу міцності у моделі шатуна подано на рис. 3.10.

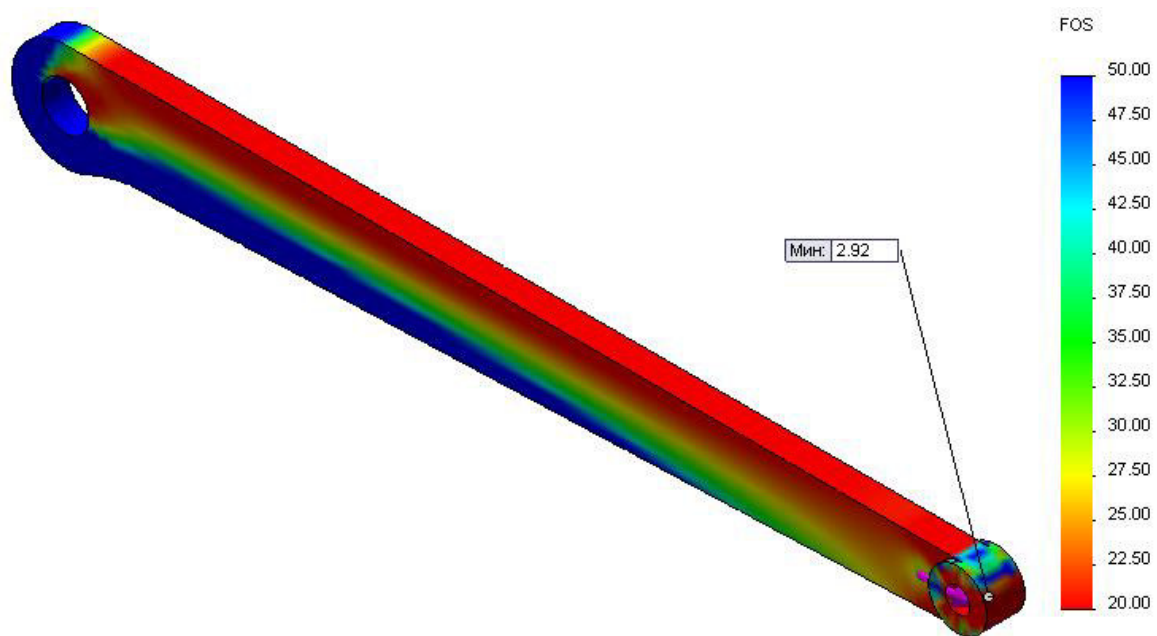


Рисунок 3.11 – Розподіл запасу міцності в 3D-моделі шатуна

Як бачимо з рис. 3.11, мінімальний запас міцності шатуна ≈ 3 .

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ. ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Керування безпекою життєдіяльності

Основною задачею керування безпекою життєдіяльності є підвищення рівня безпеки об'єкту чи системи об'єктів. Правильна постановка задачі при розробці проектів вимагає, щоб уже на стадіях проектування об'єкта чи системи були включені елементи, які виключають реалізацію небезпеки. Однак це не завжди можливо. У тому випадку, якщо виявлену небезпеку неможливо виключити цілком, необхідно знизити можливість ризику до припустимого рівня, тобто мінімізувати імовірність появи небезпеки. Досягти цього можливо різними шляхами. Так, наприклад, реальними шляхами керування безпекою життєдіяльності є введення мір таких напрямів:

- організаційно-управлінського характеру (контроль за рівнем безпеки);
- навчання людей з питань безпеки;
- стимулювання безпечної роботи і відповідного поведіння;
- удосконалювання технічних систем і об'єктів;
- розробка і використання спеціальних засобів захисту;
- заміна небезпечних операцій іншими – менш небезпечними.

Кожен з перерахованих напрямків має свої переваги і недоліки. Тому на практиці, як правило, для підвищення рівня безпеки об'єкта завжди використовується комплекс цих заходів. Вибір заходів виконується з використанням порівняльного аналізу витрат на заходи й ефектом від рівня зниження збитку, що очікується в результаті їхнього введення.

Такий підхід до рішення задачі зменшення ризику прояви небезпеки називається *керуванням ризиком*.

Слід зазначити, що описаний підхід до керування ризиком через економічний показник, як і метод установлення гранично допустимих рівнів негативних з урахуванням економічних показників факторів є недостатньо повним.

Важливу роль у цьому випадку грає оцінка ступеня небезпеки процесу, пов'язана з визначенням і контролем ризику в процесі існування об'єкта, роботи виробництва. Виявлену об'єктивну можливість впливу конкретного блоку, технологічної операції на рівень безпеки систем чи об'єктів висувають на перший план при розробці методів і засобів керування безпекою.

Під керуванням БЖД розуміють організований вплив на систему «людина – середовище існування» з метою досягнення заданих позитивних результатів. Керувати БЖД – це значить практично реалізувати можливість перевodu об'єкта з одного небезпечного стану в інший – менш небезпечний. При цьому повинні дотримуватися об'єктивної умови економічної і технічної доцільності такої операції.

Задача керування безпекою є багатокомпонентною. У зв'язку з цим для її успішного рішення необхідний системний підхід. У даному випадку вимоги системності полягають у виборі необхідного і достатнього числа компонентів, якими визначається безпека об'єкта.

Принципи *системного аналізу* полягають у дотриманні наступних основних положень:

Постановка задачі – повинна починатися з виявлення і чіткого формулювання кінцевих цілей. При цьому проблему необхідно розглядати як єдине ціле.

Аналіз альтернативних шляхів досягнення цілей. Вибір найбільш раціонального шляху з технічних, екологічних, економічних і др. позицій.

Аналіз сполучності основної та другорядних цілей. Основним положення, яке повинно виконуватися при цьому є умова, щоб другорядні цілі не знаходились в конфлікті із загальною метою. При цьому мета повинна задовольняти вимогам реальності, предметності, кількісній визначеності, адекватності, необхідній ефективності та ступеню контрольованості.

Перший етап – постановка задачі (*етап формувань цілей*) є найбільш складним у керуванні безпекою. Він повинний реалізовуватися з використанням принципів системного аналізу. Ціль необхідно розглядати як

ієрархічне явище, яке підкоряється конкретній кінцевій меті. Вона підрозділяється на підцілі, що ранжуються по ступені важливості, ступеню впливу на рівень безпеки.

Вимоги безпеки, повинні враховуватися на всіх стадіях циклу, а саме: при науково-дослідній роботі над проектом, розробці наукового проекту, на етапі дослідно-конструкторської роботи, на етапі реалізації проекту, при його іспитах, на стадії виробництва, транспортування, експлуатації, при модернізації і реконструкції об'єкта, його консервації і ліквідації.

4.2. Правове і нормативне регулювання охорони праці в Україні

Законодавство України про охорону праці становить систему взаємопов'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини в галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних і лікувально-професійних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є: Конституція України (стаття 45 проголошує: „Кожен має право на відпочинок. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права визначаються законом”; стаття 43: „Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижче визначеної законом”; стаття 50: „Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди”), Закони України „Про охорону праці”, „Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності”, „Про охорону здоров'я”, „Про пожежну безпеку”, „Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”, „Про використання ядерної енергії та радіаційний

захист”, „Про охорону навколишнього природного середовища”, „Про колективні договори і угоди”, "Про дорожній рух", "Про поводження з радіоактивними відходами", Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Положення вказаних законів конкретизуються у відповідних правилах, стандартах, нормах, положеннях, інструкціях та інших нормативно-правових актах, перелік яких наведений в „Державному реєстрі нормативних актів з охорони праці” (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Нормативно-правові акти України з охорони праці

Охорона праці становить систему правових актів, а також певний комплекс економічних, організаційно-технічних та інших заходів і засобів, що спрямовані на збереження здоров'я та працездатності працюючих при

виконанні ними технологічних операцій трудового процесу в умовах виробництва.

Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, які приймаються кабінетом Міністрів України, Державною службою України з питань праці, Міністерством охорони здоров'я України та ін.

Загальними законами України, що визначають основні положення з охорони праці, є Конституція України, Кодекс законів про працю України та Закони України "Про охорону праці", "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та ін. Спеціальними законодавчими актами є міжгалузеві та галузеві акти з охорони праці.

Основоположним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України "Про охорону праці" (Відомості Верховної Ради (ВВР). - 2003 - №2), дія якого поширюється на всі підприємства, установи та організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності. Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

У законі враховано основні вимоги конвенцій і рекомендацій Міжнародної організації праці (МОП) щодо безпеки і гігієни праці та виробничого середовища, регулювання відносин охорони праці в передових країнах, досвід охорони праці в Україні в попередні роки.

ВИСНОВКИ

Агропромисловий комплекс нашої країни потребує ефективної сільськогосподарської техніки, яка б відрізнялась надійністю та довговічністю, високою продуктивністю та безпекою експлуатації.

У тваринництві одним з основних видів корму в зимових раціонах худоби є сіно, в якому містяться всі поживні речовини, необхідні для повноцінного відгодовування тварин. Найпрогресивнішою технологією заготівлі сіна, при якій зводяться до мінімуму втрати пресованої рослинної маси і забезпечується можливість зберігання її в приміщеннях, є технологія заготівлі сіна в рулонах за допомогою прес – підбирачів.

Тенденції подальшого розвитку прес-підбирачів направлені на підвищення їх надійності, автоматизацію технологічних операцій, покращення експлуатаційних показників і зручності обслуговування.

У кваліфікаційній роботі запропоновано до існуючої конструкції пальцевого підбираючого пристрою прес-підбирача рулонного додати механізм автоматичного регулювання висоти підбирання валка, який забезпечує достатньо точне копіювання рельєфу поля, а відповідно і зменшення втрат сіно-соломистого матеріалу та пошкоджень пальців підбираючого пристрою.

Запропоновано також обладнати прес-підбирач системою видалення сіна при закупорюванні рослинною масою підбираючого пристрою прес-підбирача, яка забезпечує автоматичне очищення валків живильного транспортера від рослинної маси, що зменшує небезпеку травмування людини при виконанні такої процедури вручну.

Обладнання конструкції прес-підбирача додатковими механізмами збільшить його споживану потужність на 22% (з 20 кВт до 26 кВт). При цьому продуктивність удосконаленого рулонного прес-підбирача підвищиться на 17% (з 1,44 га/год до 1,73 га/год).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
2. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
3. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП ПаляницяВ.А.,2022. 220 с.
4. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Том 2: Машини для заготівлі кормів. – Харків: Око, 2003.– 360 с.
6. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
7. Компанія ТМ «ДТЗ». <https://dtz.ua/o-kompanii>
8. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. - № 2. – С. 92 – 108.
9. Машини для заготівлі та приготування кормів: Посібник / За ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. 136 с.
10. Машини для збирання врожаю сільськогосподарських культур: методичні вказівки до виконання практичної роботи з навчальної дисципліни

«Сфера діяльності інженера-механіка з агроінженерії» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої спеціальності 208 «Агроінженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад. А.Д. Михайлов – Харків: [б. в.], 2023. – 27 с.

11. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. – 47 с.
12. Підгурський М. Особливості дослідження напружено-деформівного стану будівельних сталевих перфорованих балок методом скінчених елементів / М. Підгурський, І. Підгурський, М. Сташків, В. Ігнат'єва, С. Данильченко, Д. Биків, О. Підлужний // Вісник ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – Том 111. – № 3. – С. 126 – 138.
13. Підгурський М., Сташків М.. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 4. – С. 78 – 86.
14. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
15. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
16. Прес-підбирач для мінітрактора в Україні. Вигідне рішення для збирання трав'яних кормів на зиму. Режим доступу <https://dtz.ua/navesnoe-oboruduvaniye/press-podborshchiki>
17. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
18. Рибак Т., Підгурський М., Сташків М.. Проблеми пошукового конструювання сільськогосподарських машин // Техніка АПК, 2007.- №11-12. – С. 6-9.

19. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. 332 с.
20. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
21. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
22. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
23. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
24. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
25. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
26. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. – Т.8. – №3. – С. 32 – 38.
27. Філоненко Л. Сучасна техніка для заготівлі кормів / Л. Філоненко, О. Тихоненко // Агробізнес сьогодні. <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2054-suchasna-tekhnika-dlia-zahotivli-kormiv.html>
28. Хомик Н.І. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дослідження зміни кінематичного параметру λ від кількості пальців на диску підбирача

$$\lambda := \frac{\frac{\pi}{z} - \text{ArcSin}[A]}{A}$$

$$A := \sqrt{\frac{2h}{R} - \frac{h^2}{R^2}}$$

λ

$$\frac{\frac{\pi}{z} - \text{ArcSin}\left[\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}\right]}{\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}}$$

$$\lambda = \frac{\frac{\pi}{z} - \text{ArcSin}\left[\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}\right]}{\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}}$$

$$\frac{\frac{\pi}{z} - \text{ArcSin}\left[\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}\right]}{\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}} - \lambda = 0$$

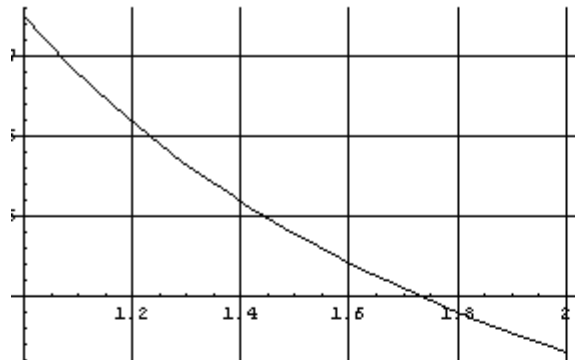
$$\text{Simplify}\left[\text{Solve}\left[\frac{\frac{\pi}{z} - \sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}}{\sqrt{-\frac{h^2}{R^2} + \frac{2h}{R}}} - \lambda == 0, h\right]\right]$$

$$\left\{\left\{h \rightarrow \frac{R z^2 + 2 R z^2 \lambda + R z^2 \lambda^2 - \sqrt{R^2 z^2 (1 + \lambda)^2 (-\pi^2 + z^2 (1 + \lambda)^2)}}{z^2 (1 + \lambda)^2}\right\},\right.$$

$$\left.\left\{h \rightarrow \frac{R z^2 + 2 R z^2 \lambda + R z^2 \lambda^2 + \sqrt{R^2 z^2 (1 + \lambda)^2 (-\pi^2 + z^2 (1 + \lambda)^2)}}{z^2 (1 + \lambda)^2}\right\}\right\}$$

$$h := \frac{R z^2 + 2 R z^2 \lambda + R z^2 \lambda^2 - \sqrt{R^2 z^2 (1 + \lambda)^2 (-\pi^2 + z^2 (1 + \lambda)^2)}}{z^2 (1 + \lambda)^2}$$

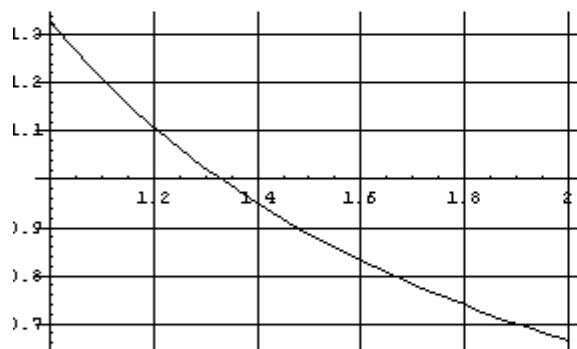
Plot[h, {λ, 1, 2}, GridLines -> Automatic]



- Graphics -

$$V_m := \frac{\sqrt{R b^2 + 1^2 + 2 R b 1 \cos[\alpha]}}{\lambda}$$

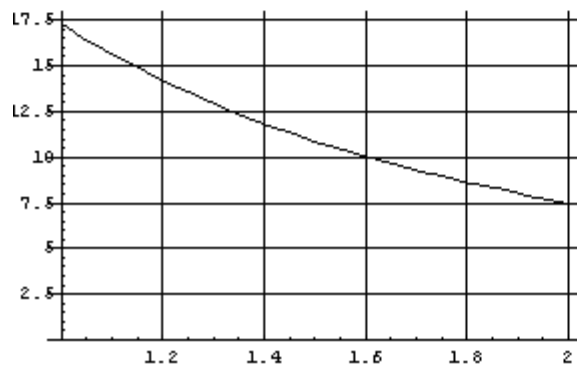
Plot[Vm $\frac{3600}{10^6}$, {λ, 1, 2}, GridLines -> Automatic]



- Graphics -

Show[Plot[Vm $\frac{60}{10^6}$, {λ, 1, 2}, PlotRange -> {0, 18}, GridLines -> Automatic],

Plot[h, {λ, 1, 2}, PlotRange -> {0, 18}, GridLines -> Automatic]



- Graphics -