Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:
Підвищення ефективності технічного засобу для внесення солом’яної підстилки у корівник

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Чернявський Євген Віталійович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2023

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ІТС .
(назва кафедри)
доцент .
(вчене звання)
_____ Дудін В.Ю. _
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Чернявському Євгену Віталійовичу .
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності технічного засобу для внесення солом'яної підстилки у корівник _____

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старший дослідник _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
«____» _____ 20__ року № _____
2. Строк подання студентом роботи _____.
3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації тваринництва та існуючих технічних засобів для внесення солом'яної підстилки. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасного стану проблеми та визначення напрямків досліджень. 2. Теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів машини для внесення солом'яної підстилки. 3. Програма і методика проведення експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання машини для внесення солом'яної підстилки. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень (2 аркуша, А4). 2. Аналіз адаптивних доїльних апаратів (3 аркуша, А4). 3. Аналітичні дослідження (1 аркушів, А4). 4 Експериментальні дослідження (4 аркуша, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 аркуша, А4)_

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алієв Е. Б., професор		
2	Алієв Е. Б., професор		
3	Алієв Е. Б., професор		
4	Алієв Е. Б., професор		
5	Алієв Е. Б., професор		
6	Алієв Е. Б., професор		
Нормоконтроль	Івлєв В. В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент _____ Чернявський Є. В. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Алієв Е. Б. .
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	46ДР069000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	78		
			Демонстраційні матеріали			
2	А4		Тема. Мета і задачі досліджень	2	1-2	
3	А4		Аналіз конструкцій	3	3-5	
4	А4		Аналітичні дослідження	1	6	
5	А4		Експериментальні дослідження	4	7-10	
6	А4		Економічні показники	1	11	
7	А4		Висновки	2	12-13	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	46ДР069000.000 ПЗ		
Розробив		Чернявський			Відомість дипломної роботи	літер	аркуш	аркуші
Перевірив		Алієв					4	78
Т. контр						ДДАЕУ МгАІ-1-22		
Н. контр.		Івлєв						
Затверд.		Дудін						

Чернявський Є. В. Підвищення ефективності технічного засобу для внесення солом’яної підстилки у корівник. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

В першому розділі обґрунтовано зоотехнологічні аспекти внесення підстилки на фермах великої рогатої худоби; технологічний процес зберіганні, подрібнення та внесення солом’яної підстилки; проведено аналіз сучасного технологічного обладнання для внесення солом’яної підстилки і обґрунтовано конструктивно-технологічну схему роздавача підстилки з роторно-пальцевим органом. В другому розділі встановлені енергетичні показники роботи розкидача солом’яної підстилки, оснащеного ущільнюючим щитком, які залежить від фізико-механічних параметрів ущільнюваного матеріалу та визначені параметри кидання при розподілі підстилки по поверхні стійла. Третій розділ присвячено програмі та методиці експериментальних досліджень. В четвертому розділі приведені результати дослідження динаміки зміни деформації ущільнення зволоженої солом’яної підстилки і результати експериментальних досліджень конструктивно-технологічних параметрів робочих органів машини для внесення солом’яної підстилки. Частина з охорони праці, розглядає питання з удосконалення організаційної та технічної сторони охорони праці при роботі на розробленій машині. В розділі 6 приведена техніко-економічна оцінка та показана економічна доцільність прийнятих рішень.

Ключові слова: солома, внесення, корівник, машина, ефективність, фактор досліджень, параметри

ЗМІСТ

Вступ ……... 9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ……...…….. 10
1.1 Обсяги виробництва соломи в Україні ……..…..... 10
1.2 Зоотехнологічні аспекти внесення підстилки на фермах великої рогатої худоби ……..…….. 12
1.3 Технологічний процес зберіганні, подрібнення та внесення солом'яної підстилки 16
1.4 Аналіз сучасного технологічного обладнання для внесення солом'яної підстилки …… 21
1.5 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роздавача підстилки з роторно-пальцевим органом ……. 26
1.6 Мета і завдання досліджень …….…… 28
1.7 Висновки з розділу…..…….. 29
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ …….……..... 30
2.1 Параметри стружки, розташованої на пальці ..……..... 30
2.2 Взаємопов'язання параметрів розподільника підстилки ..…… 33
2.3 Рух частки по пальцю роторного розкидача ……. 35
2.4 Визначення параметрів кидання при розподілі підстилки по поверхні стійла …… 40
2.7 Висновки з розділу…..…….. 45
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ..……. 46
3.1 Мета, завдання і програма експериментальних досліджень..…… 46

3.2 Методика експериментальних досліджень конструктивно-технологічних параметрів робочих органів машини для внесення солом'яної підстилки 46
3.3 Висновки з розділу..... 52
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 53
4.1 Результати експериментальних досліджень конструктивно-технологічних параметрів робочих органів машини для внесення солом'яної підстилки 53
4.4 Дороблена конструктивна схема технічного засобу підготовки та внесення підстилки 58
4.5 Висновки з розділу..... 60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 61
5.1 Вимоги безпеки при роботі на мобільній машині для внесення солом'яної підстилки 61
5.2 Розробка інженерно-технічного засобу безпеки для зниження травмонебезпечності мобільної машини для внесення солом'яної підстилки 64
5.4 Висновки з розділу..... 66
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ 67
6.1 Вихідні дані..... 67
6.2 Питомі експлуатаційні витрати 67
6.3 Розрахунок строку окупності 70
6.4 Висновки з розділу..... 71
ВИСНОВКИ 72
БІБЛІОГРАФІЯ 74

ВСТУП

Перехід до ринкових умов господарювання в сільськогосподарському секторі, включаючи галузь тваринництва, вимагає не лише збільшення обсягу виробництва, але й зниження собівартості продукції при забезпеченні її якістю, що відповідає загальнодержавним та світовим стандартам. Основними умовами для розвитку цієї галузі, поряд із посиленням кормової бази, є впровадження технологічних процесів з використанням сучасних, високопродуктивних, надійних та легкообслуговуємих засобів механізації та автоматизації.

В Україні сільськогосподарську техніку розробляють на основі рекомендацій, що включаються до системи машин, розробляється протягом певного періоду спільними зусиллями науково-дослідних та проектно-технологічних інститутів, конструкторських бюро і машинобудівельних відомств, з урахуванням потреб виробництва. При розробці машин передбачається врахування основних напрямів науково-технічного прогресу, таких як дотримання технологічних вимог, значне підвищення продуктивності праці, впровадження сучасних методів механізованих процесів, об'єднання декількох операцій в одному агрегаті, універсальність машин та обладнання, а також розробка засобів механізації на основі нових технічних рішень.

На сьогоднішній день існують різні засоби для подрібнення, завантаження та розподілу солом'яної підстилки. Однак, як практика показує, їхня робота на фермах ВРХ з безприв'язним утриманням має значні недоліки. По-перше, більшість засобів використовують повітряний потік для розкидання солом'яної підстилки, що призводить до значного запилення корівника (30 мг/м3 і більше) з наступними негативними наслідками. По-друге, багато з цих машин вимагають великої кількості енергії (50-55 кВт). По-третє, через їх великі габарити та вагу, багато з них (міксери об'ємом 9-12 м3 і більше) обмежено використовувати лише при глибокій підстилці.

Отже, на сьогоднішній день питання вибору ефективних існуючих засобів або розробки нових засобів механізації для роздавання соломи на фермах ВРХ з безприв'язним утриманням є дуже актуальним.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Обсяги виробництва соломи в Україні

В Україні кожного року виробляється близько 25 млн. т соломи, але вважається, що 20 % не використовується не в якості підстилкового матеріалу, не для годівлі тварин. На жаль, у період з 1999 р. по 2016 р. заготівля соломи зменшилася з 8,2 млн. т до 5,3 млн. т. За даними 2016 р. виробництво соломи в областях України та її можливий потенціал для використання розподілявся наступним чином (рис. 1), згідно до співвідношення між зерновою та незерновою частиною рослин та оцінок коефіцієнтів доступності [1].

Разом з тим, відомо, солома вважається одним з найкращих покриттів для стійла великої рогатої худоби, екологічно безпечною для тварин, має велику вологопоглинальність: 1 кг соломи може поглинати до 3-4 кг рідких елементів, зокрема, солома у розсипному вигляді – від 220 % , подрібнена – до 398 % . До того ж вона здатна поглинати шкідливі гази, які присутні у корівнику (аміак, сірководень), має теплоізоляційні властивості - зменшувати витрати тепла ВРХ на 12-14 %.

Як показує практика, існуюче обладнання має свої певні обмеження для використання, а також зоотехнічні і технологічні недоліки, які повинні враховуватися при обґрунтуванні технологічного процесу роздачі солом’яної підстилки.

Безприв’язний спосіб утримання корів забезпечує реалізацію прогресивних технологій, високу продуктивність праці і мінімальні витрати ресурсів. На безприв’язній технології утримання в Україні обслуговується всього 3-5% корів, в той час як в європейських країнах - 68¬70%, США - 84-85%, доїння корів в доїльних залах відповідно 1%, 25-30% і 84¬85%. Таке утримання корів забезпечує зниження витрат праці на виробництво молока в 1,7 разу в порівнянні з прив’язним утриманням і доїнням в молокопровід [2].

Рисунок 1.1 – Фактичний і потенційний збір соломи в Україні

Застосування безприв’язного способу утримання корів дозволить зменшити витрати праці на обслуговування однієї корови до 60-80 люд./год на рік. Прогнозується підвищити питомий рівень безприв’язного утримання корів до 13-15%, комбінованого - до 9-10%. При такому утриманні необхідно приділяти особливу увагу простору приміщення і покриттю, на якому лежить корова.

Тепловитрати через підлогу у тварин складають до 400 ккал/м за годину поверхні тулуба. Для виробництва такої кількості теплової енергії потрібні значні затрати енергії корму. Через підлогу втрачається до 12-14% тепла від загальної кількості.

Солом'яна підстилка є універсальним покриттям, вона зручна і екологічно безпечна для здоров'я тварин, здатна поглинати шкідливі гази - аміак, сірководень, і є економічно доцільною.

При утриманні телят на солом’яній підстилці знижується захворюваність пневмонією на 25-30 % і вимушений забій з 6 до 1 % в порівнянні з безпідстилковим способом утримання.

Доведено, що брудне і сире лігво приводить до:

- зниженню продуктивності на 25-35 %;
- зменшенню молочної продуктивності на 10-15 %;
- збільшенню витрат кормів на 20-33 %;
- збільшенню захворюваності корів маститами [3].

Один кілограм солом'яної підстилки може зберігати в собі від 3 до 4 кілограмів вологи. Вологопоглинальність соломи залежить від якості збору та методу її використання: подрібнена солома має вологопоглинальність на рівні 398 %, пресована – 323 %, а розсипна – 220 %. Солома озимих культур є найбільш вологопоглинальною і багата на калій, азот та фосфор, що сприяє підвищенню якості отриманого компосту. У такому компостному матеріалі міститься 45 % азоту, 0,23 % фосфору, 0,50 % калію, 0,40 % кальцію та 0,11 % магнію. Важливою характеристикою солом'яної підстилки є її здатність поглинати шкідливі гази, такі як аміак, сірководень і інші [5, 6, 7, 8].

1.2 Зоотехнологічні аспекти внесення підстилки на фермах великої рогатої худоби

Переваги використання соломи як підстилкового матеріалу у виробництві тваринницької галузі включають:

1. Зниження витрат на обігрів та теплопостачання для тварин (ВРХ) на рівні 12-14 %.
2. Зменшення випадків захворювань тварин на запалення легенів на 25-30 %.
3. Підвищення молочної продуктивності на 10-15 %.
4. Зменшення витрат на корми на 23 %.
5. Зменшення випадків захворювань корів на мастит.

6. Висока здатність до поглинання вологи (1 кг солом'яної підстилки на 3-4 кг вологи).

7. Можливість поглинати шкідливі гази, такі як аміак, сірководень та інші.

Солому вважають одним з най кращих природних підстилкових матеріалів (рис. 1.2).

Рисунок 1.2 – Варіанти використання соломи

На ряду з великою кількістю переваг застосування соломи як підстилкового матеріалу є і недоліки які виникають у процесі її внесення, а саме запиленість приміщення (рис. 1.3).

Час находження в повітрі пилової інфекції 4-5 годин, крапельної інфекції від 5-6 годин до 3 діб.

Підстилка із соломи для великої рогатої худоби і шар підстилкового матеріалу, використовуваного для створення тваринам м’якого, сухого, чистого і зручного лігва повинна бути високої вологоємності, газо вбираючої здібності, теплоємності, бактерицидності. Підстилка не повинна прилипати до шкіри і волосяного покрову тварин, вміщувати великих механічних домішок, плісені. Кращою рахують підстилку із соломи озимих злаків.

Проведені білоруськими вченими дослідження по визначенню оптимальних норм внесення соломи як підстилки з використанням різної кількості підстилки

(соломи) в розрахунку на 1 голову в літній і зимовий періоди становить 4,6 і 8 кг відповідно [8].

Рисунок 1.3 – Запиленість повітря

Встановлено, що зі зміною норм внесення підстилки змінюється температурний режим лігва.

Технологічні вимоги до внесення підстилки

- внесення сухої та подрібненої соломи;
- довжина часток 6 - 15 см.;
- вологість подрібненої соломи 14 - 16 %;
- запиленість повітря при внесенні підстилки при безприв'язно-боксовому утриманні:

в холодний період року 0,8 - 1 мг/м

в теплий період 1,2 - 1,5 мг/м

Зоотехнічні вимоги до підстилки

- м’ягке та чисте місце відпочинку тварин;
- відсутність вологи на поверхні та середині підстилки;
- створення на поверхні зони відпочинку +8 - +10 °С (у зим. період);
- вологопоглинання, теплоємність та бактеріцидність підстилки;

Згідно ВНТП-АПК-01.05 рекомендовані норми солом’яної підстилки при безприв’язному утриманні тварин (табл. 1.1).

Таблиця 1.1– Рекомендовані норми підстилки

Вид підстилки	Спосіб утримання тварин	Періодичність зміни підстилки	Первісний шар підстилки, см	Норми потреби підстилки на одну голову, кг/добу					
				корови молочних порід	корови м’ясних порід з телятами	відгодівельне поголів’я	молодняк	телята	
								індивідуальних клітках	в групових клітках
Солома	Безприв’язний в боксах	Один раз на 10 днів	5,0	0,5	-	-	0,5	-	1,0
	Безприв’язний на глибокій підстилці	Один раз на рік або періодично в міру необхідності	30,0	5,0	5,0	3,0	3,0	1,5	1,5
	Безприв’язний в боксах з підлогою із тюків соломи	Один раз на рік або періодично в міру необхідності	50,0	0,5	-	0,5	0,5	-	-

Вологості в сухій соломі не повинно перевищувати 14-16 %. Подробні фізичні властивості соломи наведені в таблиці 1.2.

Аналізуючи потенціал використання соломи в Україні можна зробити висновок, що його достатньо для повного забезпечення тваринницьких ферм підстилкою. В результаті проведених досліджень нами було визначено, що солома має значні переваги над іншими підстилковими матеріалами згідно з зоотехнологічними вимогами до внесення та використання підстилки.

Таблиця 1.2 – Фізичні характеристики соломи

Вид соломи	Об'ємна маса, кг/м^3	Довжина часток, см	Питомий об'єм, м^3/т	Питома енергетична цінність, МВт/м^3
Звичайна солома - ворох	20-50	6-10	20-50	0,07-0,16
Подрібнена	40-60	3-6	16-25	0,13-0,19
Тюки прямокутні	70-130		7,7-14	0,23-0,43
Тюки циліндричні	60-90		11-16	0,19-0,29

На ряду з цим існує технологічна проблема при її внесенні, а саме запиленість повітря. Тому нами поставлена задача для подальших досліджень створити технічний засіб, який би усував вказані недоліки.

1.3 Технологічний процес зберіганні, подрібнення та внесення солом'яної підстилки

Технологічні вимоги до солом'яної маси при зберіганні, подрібнення та завантаженні:

- відсутність атмосферних опадів при подрібненні та завантаженні солом'яної маси;
- стан солом'яної маси при завантаженні роздавача – подрібнена;
- ступінь подрібненості 6-15 см;
- щільність – 55 кг/м^3.

Солома безпосередньо подрібнюється у зернозбиральних комбайнах, завантажується у самоскидні причепи і транспортується до місць, де відбувається її скиртування (рис. 1.4).

Солому складають у скирти при вологості не вище 17 %. Закладена на зберігання солома при більшій вологості пліснявіє, набуває неприємного запаху. Скирту формують такого розміру і конфігурації, щоб ставлення площі її поверхні до маси було б мінімальним. Для зменшення втрат соломи на псування від землі висоту скирт доцільно збільшувати. Для півдня України рекомендуються наступні

розміри скирт: ширина 4,5-5,0 м , висота 6,0-6,5 м й довжина 25-30 м. Довжиною скирти орієнтують вздовж переважаючих в даній місцевості вітрів.

Рисунок 1.4 – Транспортування соломи до корівника

У господарстві скирти складають наступних розмірів : ширина 8-10, висота 6-7 й довжиною 40-70 м.

З міркувань пожежної безпеки між скиртами дотримуються просторового віддалення не менше 30-40 м.

У теперішній час набирає все подальшого поширення – скошена солом'яна маса пресується в малі, циліндричні або великі тюки. При пресуванні солома може подрібнюватися, для того, щоб тюки легко роз'єднувалися на частини при використанні в якості підстилки для тварин.

Методи зберігання соломи, залежно від їх вартості, можуть бути розміщені у наступній послідовності: зберігання в закритих складах, під навісом (конструкція з дахом на опорах), під брезентом, під полімерною плівкою та під відкритим небом. Треба зазначити, що спосіб зберігання суттєво впливає на якість соломи. Наприклад, при зберіганні під відкритим небом значна частина соломи може намокати, що потребує додаткових витрат на її сушіння (див. рисунок 1.5). Зберігання під брезентом або плівкою не рекомендується в областях з сильними вітрами. Використання навісів також може призвести до погіршання якості соломи через підвищену вологість зовнішнього шару товщиною до 0,5 м, яка може досягати 20-25 % (див. рисунок 1.6). Для запобігання намоканню соломи під навісами важливо забезпечити належний нахил даху та великі виступи, щоб дощова вода не

потрапляла на солому. Крім того, важливо забезпечити вільний доступ до соломи, щоб полегшити процес її зберігання та завантаження-розвантаження.

Рисунок 1.5 – Зберігання соломи відкритим способом, біля корівників

Рисунок 1.6 – Зберігання соломи на майданчику з дахом, встановленому на опорах

Подрібнення солом’яної маси відбувається у кормороздавачі-змішувачі, який розташовується в приміщенні стаціонарного пункту. Біля вивантажувального вікна змішувача розташовується похилий транспортер скребкового типу. За його допомогою подрібнена солома завантажується у роздавач підстилки. Тюки соломи у кормороздавач-змішувач подаються за допомогою талі електричної Гарт серія РА05452А вантажопідйомністю 300 кг. Ріжучі шнеки, які знаходяться в бункері кормороздавача – змішувача, приводяться в рух за допомогою електродвигуна АИР200 МВ N=18,5 кВт, n =750 об/хв. (рис. 1.7).

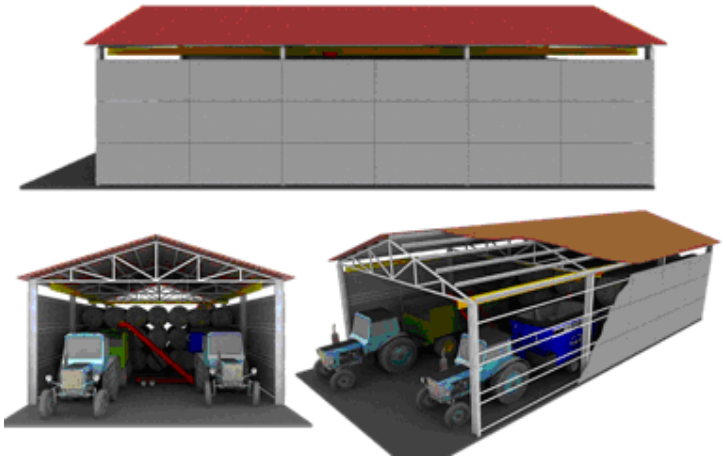


Рисунок 1.7 – Стаціонарний пункт подрібнення соломи та завантаження соломи

Більш оптимальною є технологічна схема для зберігання, подрібнення і роздавання солом'яної підстилки, яка використовує наявний на молочній фермі кормороздавач-змішувач для подрібнення соломи, сполучений з похилим транспортером (з довжиною 4-5 метрів) і одноопераційним кормороздавачем типу КТУ-10 для транспортування та розподілу соломи. При цьому використовується приставка для механічного вивантаження соломи у бокси, наприклад, з роторно-пальцевим робочим органом. Кормороздавач-змішувач встановлений на майданчику з твердим покриттям і приводом від електричного мотора-редуктора. Для завантаження роздавача підстилки використовується похилий транспортер, який встановлений біля кормороздавача-змішувача. При необхідності кормороздавач-змішувач використовується за основним своїм призначенням (рис. 1.8).

Габаритні розміри одноопераційних кормороздавачів (типу КТУ) дозволяють їх використання у всіх технологічних проїздах сучасного корівника. А процес роздавання підстилки більш відповідає санітарним та зоотехнічним вимогам – не створюється велика запиленість повітря, можливе дозоване внесення підстилки у бокс та її раціональне розподілення там.

Рисунок 1.8 – Пропонована схема зберігання, транспортування та роздавання соломи в бокси

Зоотехнічними та технологічними перевагами роздавача підстилки на базі кормороздавача типу КТУ-10 є наступні :

- можливість локального і дозованого внесення підстилки у бокси;
- дотримання нормативу з запиленості повітря у корівнику при розкиданні підстилки (не більш 6 мг/м^3);
- дотримання нормативу з вмісту вологи соломи при її внесенні (не більш 16 %);
- можливість роботи розкидача підстилки як у нових корівниках павільйонного типу, так і у реконструйованих корівниках.

Якщо в господарстві немає проблем з соломою, фахівці рекомендують влаштовувати бокси з підстилкою з соломи, крейди або вапна. Органічна підстилка (солома) підвищує комфорт тварини. Але також забезпечує живлення і вологу для природних бактерій. Щоб знайти унікальний баланс, який би з одного боку забезпечував максимальний комфорт тварині, а з іншого - знижував інтенсивність розмножування бактерій. Дослідження, проведене канадськими ученими, показали, що додаванням гашеного вапна в підстилку підвищує pH і знижує вміст вологи. Це, в свою чергу, знижує інтенсивність розмноження бактерій. Така підстилка не дорожче гумових матраців, але набагато екологічніша і сприятлива для тварини, правда, вимагає трохи більше часу на догляд.

Подрібнену солому, крейду або вапно потрібно змішати з водою в кормороздавачу-змішувачу, отриману щільну масу укласти в бокс, а потім

регулярно підкидати трохи свіжої подрібненої соломи. Для обладнання одного скотомісця потрібно приблизно по 40-50 кг соломи та крейди, якщо гумовий килимок коштує в середньому 89 євро, то обладнання такого натурального матраца обійдеться десь в 83-84 євро. В господарстві з гумовими килимками на догляд за одним боксом потрібно близько 2,3 робочих години на рік, з солом'яною підстилкою - близько 2,5-2,6 години на рік.

1.4 Аналіз сучасного технологічного обладнання для внесення солом'яної підстилки

Існуюче сучасне обладнання для розкидання солом'яної підстилки умовно можна класифікувати [9] за основними технологічними ознаками (рис. 1.9):

Технічні характеристики деяких машин цього класу представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики кормороздавачів-змішувачів

Технічні характеристики				
Марка	SILOKING	ГОСПОДАР	BELMIX	Euromix
Потужність, кВт (к.с.)	58 (80)	44 (60)	60 (83)	44 (60)
Габаритні розміри, м	5,3x2,6x2,5	5,0x2,5x2,7	5,37x2,6x2,5	4,3x2,3x2,4
Маса, кг	5500	3900	до 4050	3000

За технологічною зоною внесення підстилки для ВРХ роздавачі поділяються на: обладнання для внесення підстилки; обладнання для внесення підстилки по площі (клітки, загони); на машини для локального внесення підстилки (бокси). Для внесення підстилки у клітки та загони використовуються роздавачі з вентиляторно-видувним органом, які мають можливість розкидання підстилки на 8-20 м, для безпосереднього розкидання підстилки у бокси використовуються роздавачі з механічною подачею солом'яної маси (див. вище), на мах. відстань 2-2,5 м.

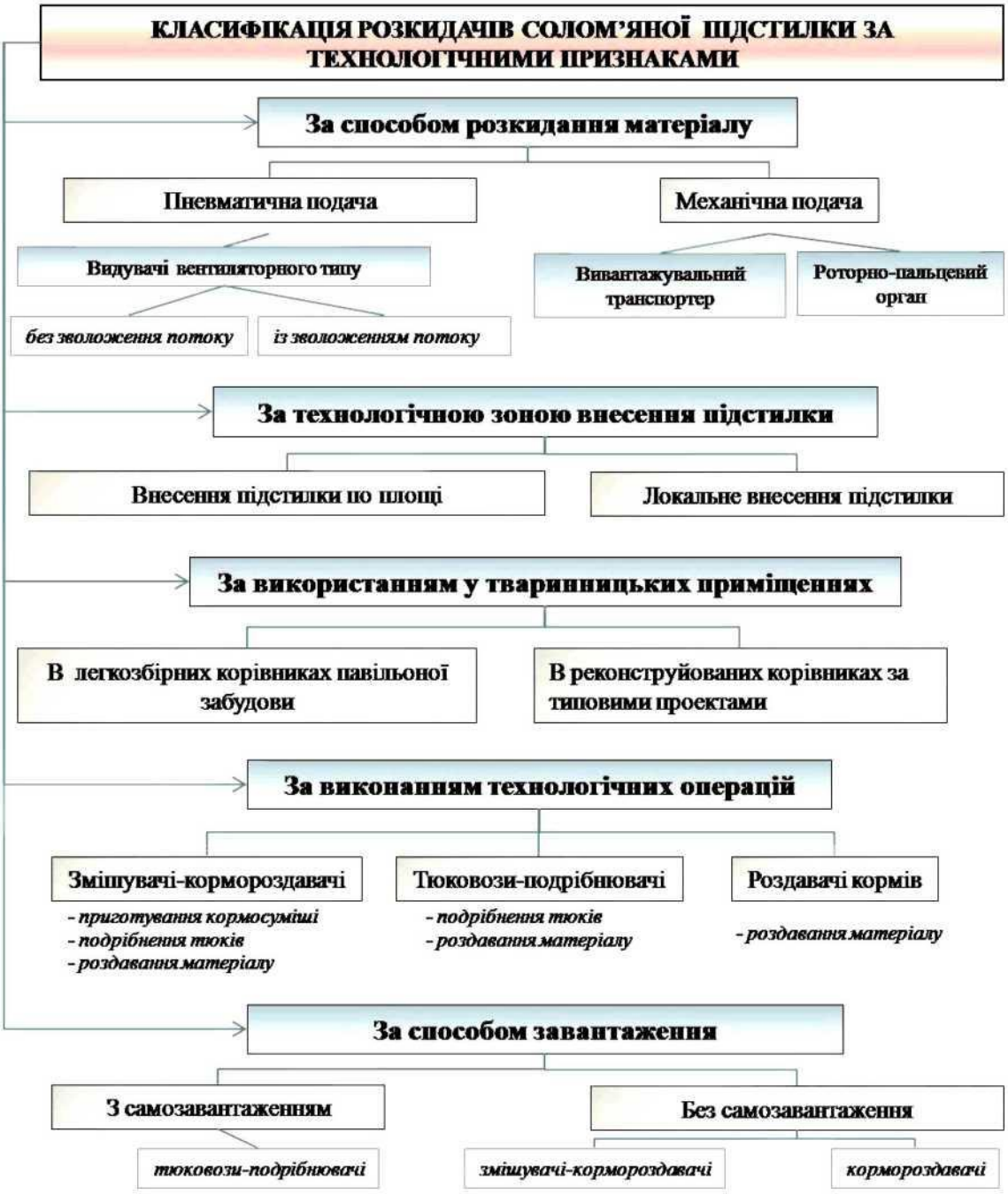


Рисунок 1.9 – Класифікація розкидачів підстилки

За використанням у тваринницьких приміщеннях розкидачі підстилки можна поділити на машини, які можна використовувати в наслідок їх великих габаритів (висота 2,6-3 м, колія 1,8-2,4 м) тільки у сучасних корівниках повільоного типу, кормовим столом - шириною 4-4,5 метри із в'їзними воротами (висота 3 м., ширина 4 м.), та машини (висота 2,2-2,4 м, колія 1500 мм), які можна використовувати також

у типових реконструйованих корівниках (ТП 801-369, 801-476 їз кормовим столом 3,5-4 м і в'їзними воротами розміром (висота 2,5 м, ширина 3 м) [10, 11].

За виконанням технологічних операцій обладнання можна поділити на:

- кормороздавачі-змішувачі (типу ИСРК-12, СРК-14В, SOLOMIX) - приготування кормосумішей з декількох кормових компонентів, подрібнення тюків та рулонів соломи, роздавання кормосуміші, розкидання солом'яної підстилки;
- тюковози-подрібнювачі (типу Castor, Tomahawk, Primor) - подрібнення рулонів соломи (діаметром 1-2 м. і діаметром 1,5-1,8 м), роздавання силосу або солом’яної підстилки);
- роздавачі кормів («ВНИИПТИМЗСХ» (Росія), «Білоруська с\г Академія», «ВНИПТИОУ» (Росія), «ВНИИЖИВМАШ» (Україна) - роздавання стебельчатої кормової маси та роздавання солом’яної підстилки.

За способом завантаження роздавачі підстилки можна поділити на ма-шини без самозавантаження (більшість машин), до яких відносяться кормороздавачі-змішувачі та кормороздавачі, машини з самозавантажуванням – тюковози-подрібнювачі, які мають для самозавантаження самовідкідний борт (відкідний клапан), який приводиться в дію гідроциліндрами [13, 14].

Технічні характеристики деяких машин цього класу представлено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики подрібнювачів рулонів

Технічні характеристики				
Марка	РММОЯ 2060	Ludar 1800	Tomahawk 8080	KR.UK H-186
Потужність, кВт (к.с.)	65 (90)	50 (70)	45 (62)	40 (55)
Габаритні розміри, м	1,35x1,4x1,1	3,3x2,0x2,5	1,7x1,2x2,9	3,4x2,0x1,8
Маса, кг	1400	1130	2200	1200

Але, як показує практика, обладнання, яке пропонують виробники техніки, при його використанні мають місце певні зоотехнічні і технологічні обмеження,

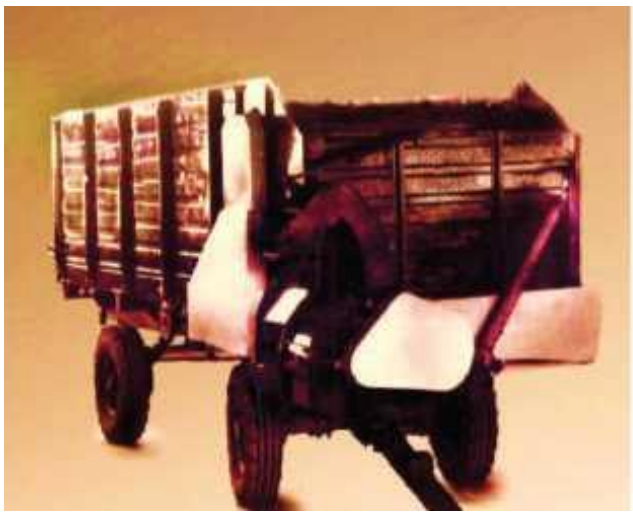
особливо для корівників з найбільш сучасною технологією - безприв'язно-боксовим утриманням ВРХ.

Технологічні обмеження. В першу чергу слід враховувати архітектурно-будівельні особливості приміщень для утримання ВРХ, та пов'язані з цим технологічні обмеження при використанні роздавачів підстилки [14].

Внаслідок великих габаритів, зокрема ширини обладнання (2,32,6 м), кормороздавачі -змішувачі з вентиляторною приставкою для видування соломи неможливо використовувати в гнойових (2,2-2,5м) і кормо-гнойових проїздах (2,8-3,4 м) як реконструйованих, так і нових корівників. Тому їх робота можлива в основному через проїзд центрального кормового столу приміщення, який має розміри 4-5,5 м. Але при відстані розташування боксів від центрального кормового проїзду для реконструйованих корівників (2,8-11,6 м) та нових (3,5 - 13,4м), вже неможливо досягти точного внесення підстилки у бокси. До того слід враховувати, що деякі машини цього класу мають значну висоту (2,5-3 м), що робить проблематичним їх застосування в реконструйованих тваринницьких приміщеннях. Тому це обладнання більш доцільно застосовувати при внесенні солом'яної підстилки по площі при утриманні худоби в загонах на глибокій підстилці, а також у нових корівниках павільйонної забудови.

Більш маневреними мобільними засобами для видування солом'яної підстилки є подрібнювачі - роздавачі рулонів. Внаслідок відносно невеликої ширини цих машин (1,25-2 м) їх робота вже можлива у кормо-гнойових та гнойових проходах корівника для безпосереднього вивантаження солом'яної маси у бокси.

Слід зазначити, що в Інституті механізації тваринництва (м. Запоріжжя) для ферм великої рогатої худоби вже розроблявся розкидач солом'яної підстилки вентиляторного типу. Пристрій для розкидання підстилки являв собою приставку вентиляторного типу для видування соломи, яка монтувалася на одноопераційному кормороздавачі типу КТУ-10 (рис. 1.10), аналогічно з сучасними приставками для видування соломи до кормороздавачів-змішувачів [15, 16].



а

б

Рисунок 1.10 – Розкидач підстилки вентиляторного типу на базі КТУ-10

Технічна характеристика роздавача: продуктивність - 5-10 т/ год; дальність розкидання підстилки - 8-10 м, габаритні розміри - 6700х2350х2500 мм.

Досвід експлуатації зазначеного розкидача виявив наступні недоліки робочого органу вентиляторного типу:

- нестійка робота обладнання при підвищенні вологості соломи (понад 18 %);
- висока запиленість повітря тваринницького приміщення (30 мг/м3).

Слід враховувати, що зберігання соломи у господарствах відбувається в основному на відкритих майданчиках, що призводить до погіршення технологічної якості соломи, оскільки вологість зовнішнього шару товщиною 0,5 м при цьому зростає до 20-25%.

В останній час виробники сільськогосподарської техніки для тваринництва пропонують додаткові пристрої для попереднього зволоження соломи перед її видуванням, що, на їхню думку, зменшує концентрацію пилу у повітрі. Разом з тим, це має іншу негативну дію - зменшує комфорт (час) знаходження тварини у боксі, створює умови для розмноження мікроорганізмів, захворювання шкіри та кінцівок та можливого виникнення інфекційної форми маститу.

1.5 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роздавача підстилки з роторно-пальцевим органом

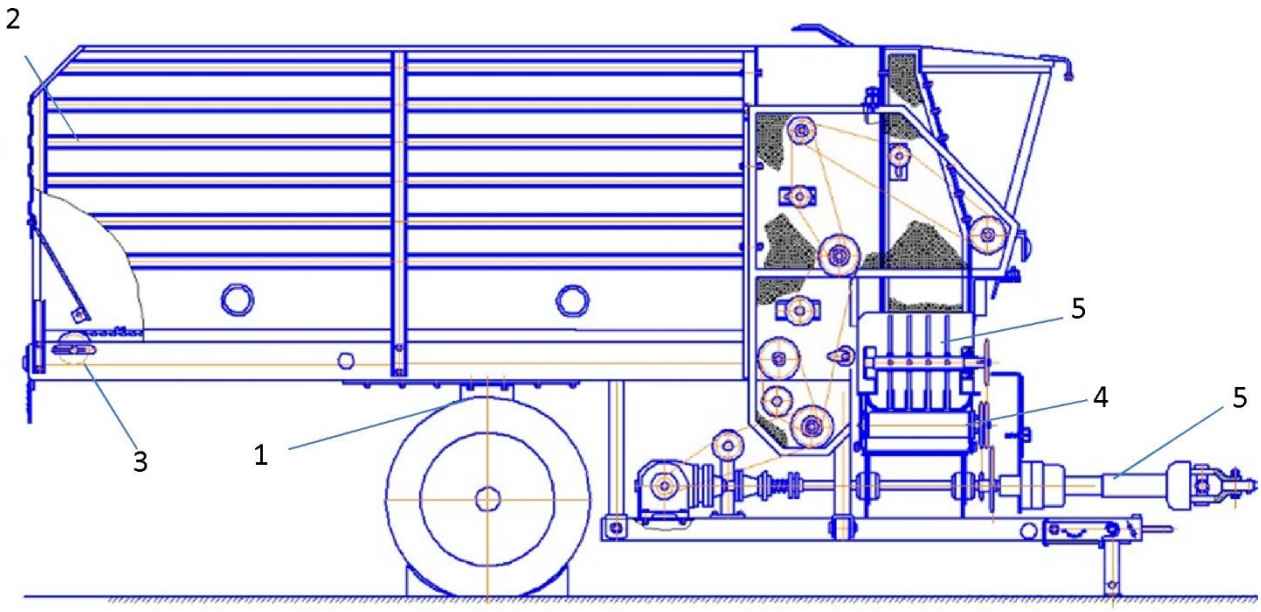
Нова конструкція розкидача підстилки, що наразі розробляється, буде використовувати одновісний кормороздавач як основу. Кормороздавач агрегатується з легким колісним трактором класу 0,4 тс (типу Т-020) і який є аналогом однооперацийного кормороздавача, типу КТУ.

Технічна характеристика пропонованого роздавача підстилки: місткість з бункера - 3,5 м , продуктивність на видачі стеблового матеріалу - 3-25 т/год., висота вивантажування матеріалу - 550 мм, висота завантажування - 2200 мм, вантажопідйомність - 1000 кГс, швидкість на роздачі матеріалу - 1,5-3 км/год., маса роздавача - 850 кг.

Принцип роботи розкидача ґрунтується на механічному подаванні солом'яної підстилки з бункера-накопичувача за допомогою роторно-пальцевого робочого пристрою. Цей робочий пристрій представляє собою обертальний вал з рядами пальців, які розташовані радіально і встановлені у вивантажувальному вікні. Основні параметри конструкції робочого органу включають зовнішній діаметр ротора (змінний) від 400 до 700 мм, кількість рядів пальців (змінна) від 2 до 6 і відстань між пальцями ротора (змінна) від 25 до 100 мм.

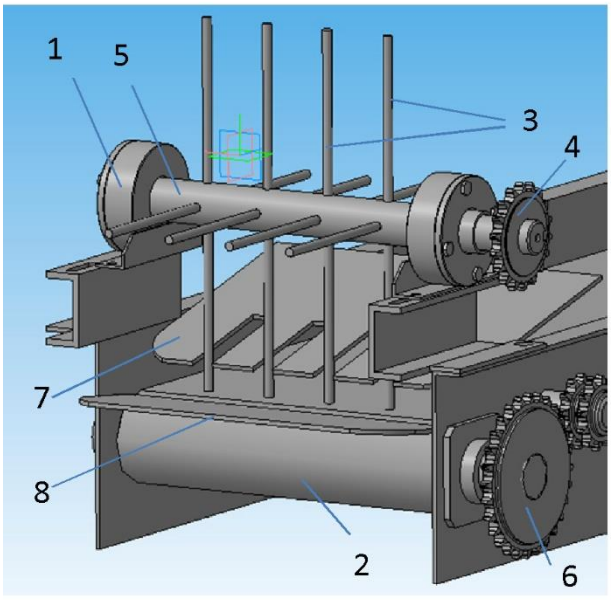
Привід роторно-пальцевого робочого пристрою розкидача здійснюється від ВВП (вал відбору потужності) трактора та ланцюгової передачі від поперечного транспортера роздавача. Також можливий варіант приводу роторно-пальцевого робочого пристрою за допомогою гідромотора і гідравлічної системи трактора. Конструкційно роторно-пальцевий робочий пристрій виконаний у формі приставки до кормороздавача з можливістю швидкого монтажу та демонтажу.

Конструктивна відмінність робочого органу розкидача полягає у встановлені двох пластин (щитків) – ущільнююча і направляюча (рис. 1.11-1.12).



1 – ходова частина; 2 – бункер; 3 – повздовжній транспортер; 4 – поперечний стрічковий транспортер; 5 – розкидач роторного типу; 6 – карданний привод

Рисунок 1.11 – Конструктивно-технологічна схема роторного розкидача



1 – обертальний вал; 2 – транспортер кормороздавача, розташований поперечно; 3 – металеві пальці; 4 – зірочка для передачі обертання; 5 – вал обертального механізму; 6 – ведуча зірочка; 7 – налаштовуваний кутовий відсік; 8 – напрямний щит

Рисунок 1.12 – Схема робочих елементів роторного розкидача з ущільнюючими та направляючими пластинами (щитками) з точки зору конструкції та технології

Використання для розкидання підстилки замість повітряного потоку, який утворюється вентилятором, механічної подачі солом’яного матеріалу з його порційним відокремленням, дозволить вивантажувати солому з підвищеною вологістю (понад 14-16 %), забезпечити надійну роботу мобільного засобу і можливість зміни продуктивності робочого органу для дозованого внесення підстилки.

1.6 Мета і завдання досліджень

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності технологічного процесу внесення солом’яної підстилки шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів машини для його здійснення.

Основні задачі досліджень полягають в наступному:

1. На основі аналізу сучасного технологічного обладнання для внесення солом’яної підстилки запропонувати конструктивно-технологічну схему нової машини.

2. Теоретично дослідити та встановити закономірності впливу конструктивно-технологических параметрів машини для внесення солом’яної підстилки на кількісні, якісні та енергетичні показники його роботи.

3. На основі експериментальних досліджень встановити оптимальні конструктивно-режимні параметри машини для внесення солом’яної підстилки за енергетичними та якісними показниками роботи

Об’єкт дослідження: процес взаємодії робочого органу машини для внесення солом’яної підстилки з підстилковим матеріалом при розподілі його по площі стійла.

Предмет досліджень: закономірності впливу конструктивно-технологічних параметрів машини для внесення солом’яної підстилки на якісні та енергетичні показники його роботи.

1.7 Висновки з розділу

1. Аналізуючи потенціал використання соломи в Україні можна зробити висновок, що його достатньо для повного забезпечення тваринницьких ферм підстилкою. В результаті проведених досліджень нами було визначено, що солома має значні переваги над іншими підстилковими матеріалами згідно з зоотехнологічними вимогами до внесення та використання підстилки. На ряду з цим існує технологічна проблема при її внесенні, а саме запиленість повітря. Тому нами поставлена задача для подальших досліджень створити технічний засіб, який би усував вказані недоліки.

2. Аналіз сучасного обладнання для роздачі солом'яної підстилки показав, що воно має технологічні і зоотехнічні обмеження, зв'язку з чим, його доцільно використовувати при утриманні худоби на глибокій підстилці, коли виникає потреба при розкиданні підстилки по великих площах загонів. При розробці обладнання для внесення підстилки при безприв'язно-боксовому утриманні великої рогатої худоби, слід було б дотримуватися наступних зоотехнічних і технологічних вимог: можливість локального і дозованого внесення підстилки у бокси; зменшення запиленості повітря у корівнику при розкиданні під-стилки відповідно до зоотехнічних норм (не більш 6 мг/м^3); відсутність додаткового зволоження соломи при її внесенні у бокси (за зоотехнічними нормативами – 14-16 %); можливість роботи розкидача підстилки як у нових корівниках павільйонного типу, так і у реконструйованих корівниках; зменшення витрат пального на процес розкидання підстилки через зменшення потужності трактора, з яким агрегатується роздавач підстилки; використання для процесу подрібнення соломи (фракція 6-10 см) замість рідкого палива електроенергії.

3. Розроблена конструктивно-технологічна схема робочих органів роторного розкидача із ущільнюючою і направляючою пластинами (щитками), використання якого дозволить вивантажувати солому з підвищеною вологістю (понад 14-16 %), забезпечити надійну роботу мобільного засобу і можливість зміни продуктивності робочого органу для дозованого внесення підстилки.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ

2.1 Параметри стружки, розташованої на пальці

При визначені продуктивності розподілу підстилки по поверхні стійла слід виходити з величини її маси m_c, яка завантажується на 1 м^2 стійла.

У процесі роботи кормороздавач, оснащений розкидачем агрегатується трактором зі швидкістю $\mathbf{V_к}$, укриває стійло глибиною $\mathbf{L_c}$ і шириною $\mathbf{B_c}$. Таким чином він повинен мати теоретичну продуктивність $Q_к$ кидання

$$\mathbf{Q_ę = m_c \cdot V_ę \cdot L_c}. \qquad (2.1)$$

Підстилковий матеріал до барабана кидальника подається поперечним стрічковим транспортером кормороздавача шириною $\mathbf{B_{тр}}$, стрічки якого рухається зі швидкістю $\mathbf{V_т}$, подаючи підстилковий матеріал з щільністю ρ_o.

Виходячи з отриманої за вираз ом (2.1) продуктивності розкидача, конструктивних параметрів кормороздавача і цільності маси на стрічці поперечного транспортера визначається товщина $\mathbf{H_п}$ шару підстилкового матеріалу, який подається цим транспортером

$$\mathbf{H_ï = \frac{Q}{\rho_o V_{òð} B_{òð}}}. \qquad (2.2)$$

Відстань між двома суміжними траєкторіями кінця пальця по шляху подачі маси до ротора, яка представляє собою максимальну товщину t стружки, становить

$$\mathbf{t = 2\pi \frac{R}{z \cdot \lambda}}, \qquad (2.3)$$

де **R** – фізичний радіус ротора — відстань від осі обертання до кінця пальця;

z – кількість пальців, встановлених по перетину кола ротора;

λ – показник кінематичного режиму фрезерування, $\lambda = \mathbf{V/V_{тр}}$;

V – лінійна швидкість обертання кінця пальця, **V =ωR**;

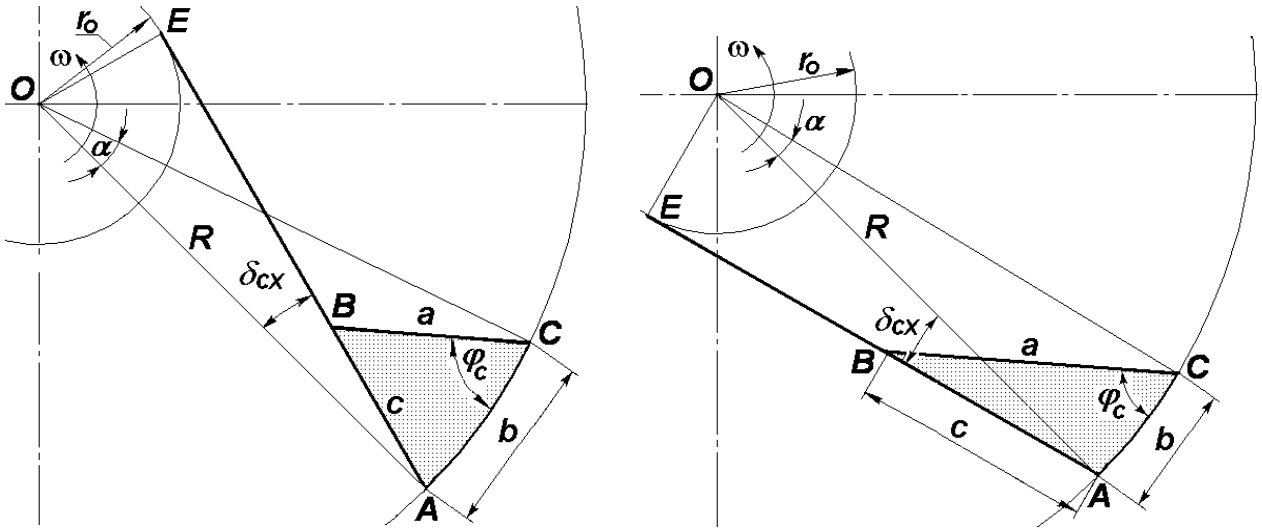
ω – кутова швидкість обертання ротора.

Об'єм транспортованої маси, розташованої на пальці і сформований у призму волочіння, яка знаходиться під дією ряду сил у досить складних умовах [25, 26]. Допускаючи, що маса займає всю ширину пальця, має постійну щільність і не пружна [26], знаходимо площу S_c перетину стружки (призми волочіння), у проекції, нормальній осі обертання ротора

$$\mathbf{S_c = t \cdot H_ï \cdot \frac{\rho_o}{\rho_{ñò}}}, \qquad (2.4)$$

де $\rho_{ст}$ – щільність стружки на пальці.

Переріз призми волочіння у дещо спрощеному вигляді порівняно з [28] (лінія призми, який примикає до моноліту виражена прямою, а не циклоїдою), як є насправді, представлено на рис. 2.1.



а) б)

Рисунок 2.1 – Розташування відокремленої маси на пальці при відхиленні назад (а) і вперед (б)

На ньому схематично показано перетини призми волочіння АВС, яка формується на пальці АЕ, нахиленому назад (рис. 2.4 а) і нахиленому вперед (рис. 2.1 б).

Відповідно до трикутників АВС (не беручи до уваги індекси при А і С) залежності між сторонами **a, b** і **c** призми волочіння представлені у вигляді

$$\mathbf{a = b \cdot \frac{\sin A}{\sin B}}, \qquad \mathbf{c = b \cdot \frac{\sin C}{\sin B}}. \tag{2.5}$$

Звідки за формулою Герона для трикутника ABC, представленого на рис. 2.1, отримуємо

$$\mathbf{S_c = \frac{b^2}{4} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{\sin A}{\sin B} + \frac{\sin C}{\sin B}\right)\left(1 - \frac{\sin A}{\sin B} + \frac{\sin C}{\sin B}\right)} \times}$$

$$\mathbf{\times \sqrt{\left(1 + \frac{\sin A}{\sin B} - \frac{\sin C}{\sin B}\right)\left(\frac{\sin A}{\sin B} + \frac{\sin C}{\sin B} - 1\right)}}. \tag{2.6}$$

У виразі (2.6) представлено, що кути C і A відповідно становлять $\mathbf{\angle C = \varphi_c}$ і $\mathbf{\angle A = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} \mp \delta_{cx}}$, де φ_c — кут укосу призми волочіння; α — центральний кут, який охоплює хорду, представлену стороною **b**, і становить $\mathbf{\alpha = 2 \arcsin \frac{b}{2R}}$, δ_{cx} — кут між пальцем і радіусом ротора, а кут B знаходиться як $\mathbf{\angle B = \frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{2} - \varphi_c \pm \delta_{cx}}$. Виходячи з цього за виразом (2.6) визначається неявно задана сторона призми волочіння **b** і далі використовуючи (2.5) знаходиться величина c сторони призми волочіння стружки, розташована вздовж пальця. Тут і далі верхній знак вживається при відхиленні пальця назад, нижній — вперед.

З рис. 2.1, де перетини ABC на обох зображеннях мають однакову площу, видно що сторона призми волочіння, яка знаходиться на пальці, нахиленому назад менше за сторону, розташовану на пальці, нахиленому вперед. Це проілюстровано також на рис. 2.2, де представлено залежність відношення довжини стружки з постійною площею перетину, розташованої на нахиленому пальці $\mathbf{l_\varphi}$ до її довжини $\mathbf{l_r}$ при розташуванню на, пальці, установленому радіально, від кута установки пальця, розраховану з використанням виразу (2.6).

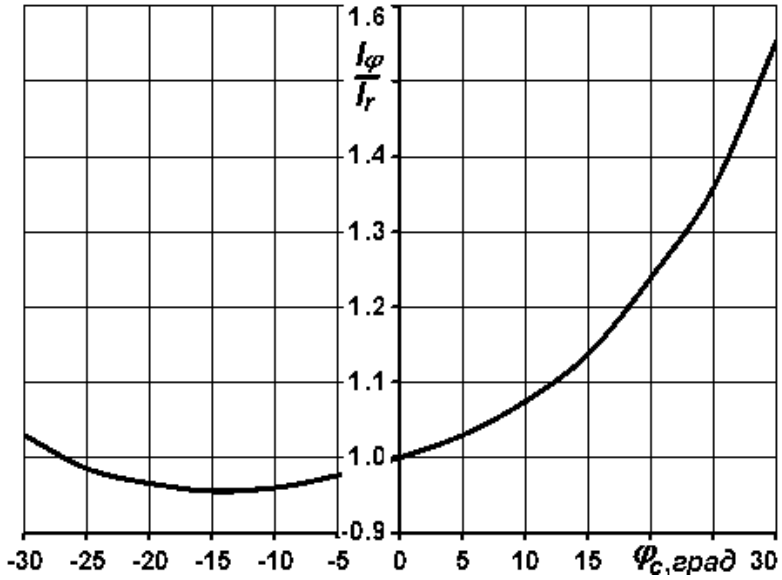


Рисунок 2.2 – Залеж ність відношення довжини стружки, розташованій на похилій лопаті до її довжини, розташованій на радіальній

Таким чином що величина сторони призми волочіння, розташована вздовж пальця залежить від конструкційно-технологічних параметрів і режими роботи ротора та параметрів і фізичних властивостей моноліту і відокремленої маси. Цей показник відіграє одне з вирішальних значень процесу фрезерування, так у відповідності з теорією пружності за принципом Сен–Венана [27] заповняти простір відокремленою масою перед стружкою не можливо і тому довжина стружки повинна бути не більше довжини пальця.

2.2 Взаємопов’язання параметрів розподільника підстилки

На основі аналізу конструкційної схеми розподільника (рис. 2.3), яка представляє собою проекцію механізму на площину, нормальну осі обертання ротора, виходячи з умови транспортування відокремленої маси, за якою кут α між площиною щитка (лінія АВ) і вектором $\overline{V}_{a_в}$ абсолютної швидкості стружки на виході маси з–під нього не перевищує величини $\pi/2-\varphi_{тщ}$, тобто $\alpha<\pi/2-\varphi_{тщ}$, де $\varphi_{тщ}$ — кут тертя руху підстилкового матеріалу по площині щітка. У свою чергу

$tg\varphi_{тщ} = f_{тщ}$, де $f_{тщ}$ — коефіцієнт тертя руху підстилкового матеріалу по площині щітка, який представляє собою чисто оброблену сталеву поверхню.

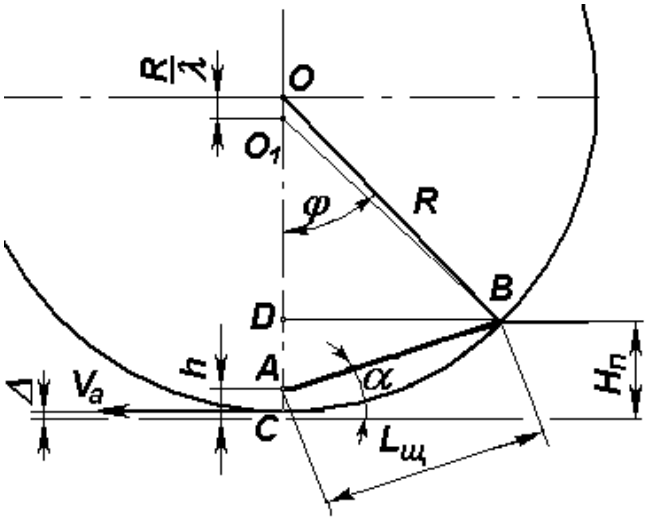


Рисунок 2.3 – Схема визначення геометричних параметрів розподільника

Таким чином можна записати залежності

$$\sin\frac{\varphi}{2} = \frac{CB}{2R} \qquad \text{і} \qquad \cos\varphi = 1 - \frac{H_{d'} - \Delta}{R}, \tag{2.7}$$

де Δ – зазор між пальцями ротора і поперечним транспортером;

$L_{щ}$ – довжина щитка;

φ – кут початку контакту пальця з шаром підстилкового матеріалу.

Об'єднавши обидва рівняння (2.7) маємо вираз для визначення найменшого радіуса барабана кидальника

$$R = \frac{(CB)^2}{2(H_{d'} - \Delta)}. \tag{2.8}$$

Беручи до уваги, що $CB = \sqrt{(H_{d'} - \Delta)^2 + (H_{d'} - h)^2 \operatorname{ctg}^2\alpha}$ і приймаючи $\varepsilon = H_п/h$, де ε — ступінь ущільнення стружки, отримуємо

$$R = \frac{(H_{d'} - \Delta)^2 + [H_{d'}(1 - 1/\varepsilon)]^2 \operatorname{ctg}^2\alpha}{2(H_{d'} - \Delta)}, \tag{2.9}$$

де h – кінцевий зазор між щитком і поперечним транспортером кормороздавача.

При цьому слід брати до уваги, що додаткового ущільнення стружки на виході через кінцевий зазор між пластиною і поперечним транспортером корморoздавача повинна виконуватися умова $h < c \cdot \cos\delta_{cx} + \Delta$.

Після уточнення величини R активна довжина щитка і кут його нахилу α становлять

$$l_{щ} = \sqrt{R^2 - (R + \Delta - H_{d'})^2 + H_{d'}^2 (1 - 1/\varepsilon)^2}, \qquad (2.10)$$

$$\alpha = \arcsin\left[\frac{H_{п}}{L_{щ}}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)\right]. \qquad (2.11)$$

де $L_{щ}$ – довжина щитка.

Таким отримуємо вирази (2.9)–(2.11), які пов’язують між собою геометричні та кінематичні параметри ротора розподільника з технологічними властивостями маси.

2.3 Рух частки по пальцю роторного розкидача

Після закінчення відокремлення маси починається робота пальця в режимі кидання, тобто відбувається транспортування розташованої на ньому стружки під дією інерційних сил, яке завершується її сходом з пальця.

Так як маса на пальці, сформована у призму волочіння, яка знаходиться у складних умовах, та при вивченні закономірностей її руху по пальцю слід розглядати ізольовану частку маси, визначити закони її руху, а потім узагальнити їх для всього об'єму.

При аналізі руху частки по пальці приймаємо її не пружною і нехтуємо силою тяжіння (через її незначущість порівняно з діючими на неї силами) та впливом повітряного потоку [28-31].

Вихідними даними до розрахунку параметрів кидання є кутова швидкість обертання, радіус, кут установки пальця до радіуса ротора, початкове положення стружки, сформованої у призму волочіння, одна із граней якої саме і розташована на пальці.

Умова рівноваги частки, що рухається на пальцю у площині, нормальній до осі ротора, (рис. 2.4), у векторній формі має вигляд:

$$\bar{P}_{ií} = \bar{F}_{âö} + \bar{F}_{ê} + \bar{F}_{f}, \qquad (2.12)$$

де $P_{ін}$ – сила інерції, направлена вздовж пальця, яка дорівнює $P_{ін}=ml''$;

$F_{вц}$ – відцентрова сила, направлена вздовж миттєвого радіуса положення частки, рівна за модулем $F_{вц}=m\rho\omega^2$;

$F_к$ – сила Коріоліса, направлена по нормалі до площини пальця в сторону протилежне обертання ротора, за модулем вона дорівнює $F_к=2m\omega l'$;

F_f – сила тертя, по напряму протилежну силі інерції, модуль якої становить $F_f=fN$;

f – коефіцієнт тертя руху підстилкового матеріалу по пальцю;

N – нормальне зусилля тиску частки на палець, $N = F_{ê} \mp F_{ií}\sin\delta$;

δ – кут між поточним радіусом положення частки і пальцем;

m – маса частки;

ρ – поточний радіус положення частки;

l, l', l'' – відповідно відносні шлях, швидкість та прискорення руху частки відносно пальця.

Таким чином виходячи з виразу (2.12) маємо

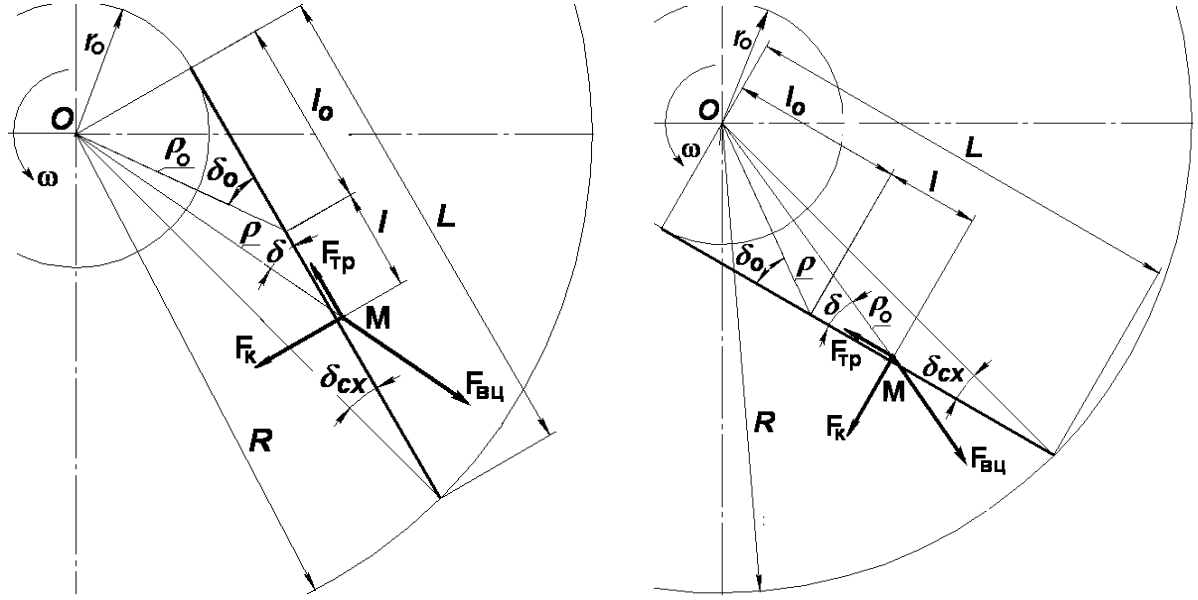
$$P_{ií} = F_{ö}\cos\delta - f(F_{ę} \mp F_{ö}\sin\delta), \qquad (2.13)$$

звідки одержуємо

$$l'' = \omega^2\rho\cos\delta - 2\omega l' f \pm \omega^2\rho f\sin\delta. \qquad (2.14)$$

З (рис. 2.4) також видно, що $\rho\cdot\cos\delta = l + l_o$ і $\rho\cdot\sin\delta = r_o$, де l_o і r_o – відповідно початкове положення частки і мінімальний радіус ротора кидальника. На основі цього маємо

$$l'' + 2l'\omega f - \omega^2 l = l_o\omega^2 \pm r_o f\omega^2. \qquad (2.15)$$



а) б)

Рисунок 2.4 – Схема сил, які діють на частку корму при переміщені по пальцю відхиленому назад (а) і вперед (б)

Загальне розв'язання цього рівняння до згідно з [32] представлене виразом

$$\mathbf{l = l_1 + l^*,} \tag{2.16}$$

де $\mathbf{l_1, l^*}$ – розв'язання рівняння відповідно без правої і з правою частиною.

Рівняння без правої частини має вигляд

$$\mathbf{l_1 = C_1 e^{\lambda_1 \psi} + C_2 e^{\lambda_2 \psi},} \tag{2.17}$$

де $\lambda_{1,2} = -\mathbf{f} \pm \sqrt{1 + \mathbf{f}^2}$;

ψ – поточний кут повороту пальця, відлічуваний від виходу з маси;

$\mathbf{C_1, C_2}$ – постійні інтегрування.

Рівняння з правою частиною представляє собою вираз

$$\mathbf{l^* = -(l_o \pm r_o f).} \tag{2.18}$$

З виразів (2.17) і (2.18) вираз (2.16) отримуємо у вигляді

$$\mathbf{l = C_1 e^{\lambda_1 \psi} + C_2 e^{\lambda_2 \psi} - (l_o \pm r_o f).} \tag{2.19}$$

Постійні інтегрування $\mathbf{C_1}$ і C_2 знаходиться з початкових умов, тобто початку сходу стружки з пальця, тобто у початковий момент обертання ротора $\mathbf{t_o = 0}$. У цей момент $\mathbf{l = 0}$, тоді з (2.19) маємо

$$C_1 + C_2 = l_o \pm r_o f. \tag{2.20}$$

Так як при цьому $t_o = 0$, то відносна швидкість відсутня, тобто $l' = 0$. Таким чином прийнявши до уваги що вона змінюється за виразом [33] отримуємо

$$l' = \omega(\lambda_1 \cdot C_1 e^{\lambda_1 \omega t} + \lambda_2 \cdot C_2 e^{\lambda_2 \omega t}), \tag{2.21}$$

звідки маємо $\lambda_1 \cdot C_1 = -\lambda_2 \cdot C_2$.

Знайшовши C_1 і C_2, які відповідно становлять $C_1 = \frac{l_o \pm r_o f}{1 - \lambda_1/\lambda_2}$ і $C_2 = \frac{l_o \pm r_o f}{1 - \lambda_2/\lambda_1}$, одержуємо значення шляху, пройденого часткою по пальцю

$$l = (l_o \pm r_o f)\left(\frac{\lambda_2 e^{\lambda_1 \psi} - \lambda_1 e^{\lambda_2 \psi}}{\lambda_2 - \lambda_1} - 1\right). \tag{2.22}$$

Диференціювання виразу (2.22) за часом, дає залежність (2.23) зміни відносної швидкості V_r частки по пальцю, подальше диференціювання виразу (2.23) також за часом дає відносне прискорення (2.24).

$$V_r = \lambda_1 \lambda_2 (l_o \pm r_o f)\left(\frac{e^{\lambda_1 \psi} - e^{\lambda_2 \psi}}{\lambda_2 - \lambda_1}\right)\omega; \tag{2.23}$$

$$a_r = \lambda_1 \lambda_2 (l_o \pm r_o f)\left(\frac{\lambda_1 e^{\lambda_1 \psi} - \lambda_2 e^{\lambda_2 \psi}}{\lambda_2 - \lambda_1}\right)\omega^2. \tag{2.24}$$

Абсолютна швидкість V_a частки визначається за виразом

$$V_a = \sqrt{V_e^2 + V_r^2 \mp 2V_e^2 V_r^2 \cos\delta}, \tag{2.25}$$

де V_e – переносна швидкість пальця, яка становить $V_e = \omega\sqrt{r^2 + (l_o + l)^2}$.

Кут γ сходу частки з пальця (кут між векторами $\overline{V}_a$ абсолютної і переносної $\overline{V}_e$ швидкості доповнений прямим кутом) становить

$$\gamma = \frac{\pi}{2} + \arcsin\left[\left(\frac{V_r}{V_a}\right)\cos\delta_{cx}\right]. \tag{2.26}$$

У зв'язку з тим, що $\mathbf{V_r = f(\psi)}$ і $\mathbf{V_a = f(\psi)}$ кут γ не постійний, а змінюється в процесі обертання ротора, точка сходу частки з пальця теж змінюється з поворотом ротора і траєкторії часток утворюють кут їх розкиду θ, який становить

$$\theta = \varphi - \gamma, \qquad (2.27)$$

де φ – кут повороту ротора при сході маси з пальця.

При визначенні величин $\mathbf{l, V_r, V_a, a_r}$ θ, γ застосовується метод геометричного моделювання з прийняттям довжини пальця ротора L і кутової швидкість його обертання ω рівними одиниці [34].

Нами пропонується використовувати коефіцієнт p визначення положення перетину призми волочіння стружки площиною, нормальною пальцю, представленого у частках довжини її сторони c, розташована вздовж пальця (див. (2.5), тобто $\mathbf{p = x/c}$, відстань від кінця пальця до даного перетину. Його положення відносно довжини пальця **L**, тобто коефіцієнт **k** вихідного положення частки становить $\mathbf{k = 1 - p \cdot c/L}$.

У момент сходу даного з пальця, розташування його на кінці пальця, коли виконується умова $\mathbf{p = 0}$, тобто при $\rho = \mathbf{R}$, маємо $\mathbf{k = 1}$ і $\mathbf{tg\delta_{cx} = r_o/L}$. та $\mathbf{L = R\cos\delta_{cx}}$.

Таким чином, вирази (2.22)–(2.23) набувають відповідно вигляду

$$\mathbf{k} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2(e^{\lambda_1\psi} - 1) - \lambda_1(e^{\lambda_2\psi} - 1)} \pm \mathbf{f} \cdot \mathbf{tg\delta_{cx}}; \qquad (2.28)$$

$$\mathbf{V_r} = \lambda_1\lambda_2\left(\mathbf{k} \pm \mathbf{f} \cdot \mathbf{tg\delta_{cx}}\right)\left(\frac{e^{\lambda_1\psi} - e^{\lambda_2\psi}}{\lambda_2 - \lambda_1}\right)\mathbf{L}\omega; \qquad (2.29)$$

$$\mathbf{a_r} = \lambda_1\lambda_2\left(\mathbf{k} \pm \mathbf{f} \cdot \mathbf{tg\delta_{cx}}\right)\left(\frac{\lambda_1 e^{\lambda_1\psi} - \lambda_2 e^{\lambda_2\psi}}{\lambda_2 - \lambda_1}\right)\mathbf{L}\omega^2, \qquad (2.30)$$

а вирази (2.25)–(2.27) застосовуються без зміни.

2.4 Визначення параметрів кидання при розподілі підстилки по поверхні стійла

При укриванні стійла підстилковим матеріалом за допомогою кидальника, змонтованого на кормороздавачі КТУ–10А, маса, яка сходить з пальців його ротора і далі перебуває у вільному польоті, повинна рівномірно розподілятися по всій глибині стійла (рис. 2.5). При розподілі маси пальці ротора повинні забезпечувати подавання киданням розташованої на них стружки, відокремлюваної при дії на шар корму, який подається поперечним транспортером кормороздавача, у найвіддаленішу точку поверхні стійла.

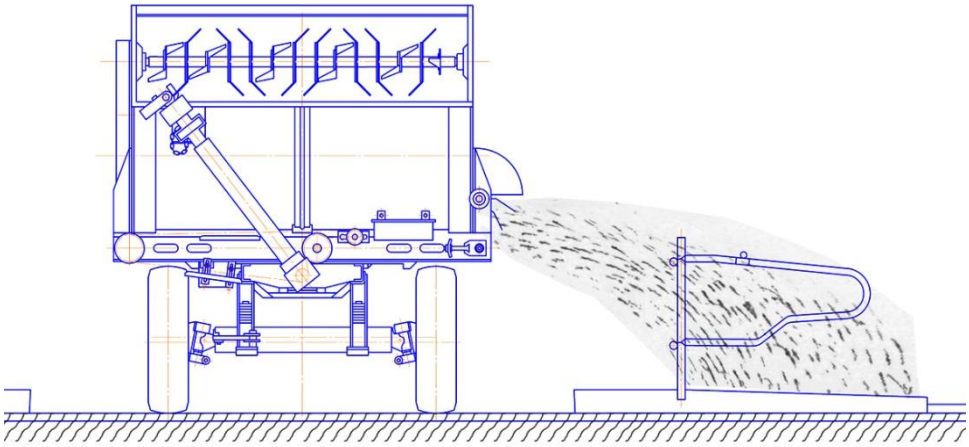


Рисунок 2.5 – Схема укривання стійла підстилкового матеріалом за допомогою кидальника, змонтованого на кормороздавачі КТУ–10А

Так як частка підстилкового матеріалу під час вільного польоту перебуває у складних умовах, приймаються допущення, аналогічні прийнятим у підрозділі 2.3.

Розглядаючи загальний закон зміни траєкторії вільного польоту частки, можемо встановити, що спочатку частка відокремлюється від ротора на певній висоті над поверхнею із початковою абсолютною горизонтальною швидкістю, яка дорівнює переносній швидкості V_{ec} (див. рис. 2.11). Під час подальшого обертання ротора, положення сходу частки по вертикалі та горизонталі постійно змінюється,

абсолютна швидкість V_{ac} її вільного польоту при виході з пальця та кут її напряму відносно горизонту $\varphi_г$ також змінюються.

У прямокутній системі координат, де центр знаходиться на поверхні стійла, а горизонтальна ось абсцис спрямована вліво і вгору вздовж осі ординат, ми можемо визначити координати точки початку польоту частки з пальця (позначено як точка C_1)

$$x_{C_1}=0 \quad і \quad y_{C_1}=h, \tag{2.31}$$

та кінця її сходу — (точка C_2) відповідно

$$x_{C_2}=R\cdot\sin\varphi_г \quad і \quad y_{C_2}=h+R(1-\cdot\cos\varphi_г). \tag{2.32}$$

При вирішенні задачі зовнішньої балістики польоту матеріальної частки нехтування опору повітря прийнятне лише при польоті об’єктів з малою парусністю і на невеликі відстані [35, 36]. Тому при виходячи з цього при знаходженні необхідної кутової швидкості обертання ротора нами прийнято, що сила опору повітря при польоті описується формулою Ньютона, яка справедлива для швидкості руху тіла зі швидкістю від 0.1 до 250 м/с [37]. Згідно формули Ньютона аеродинамічний опір R руху частки в повітряному середовищі пропорційний квадрату її швидкості і залежить від щільності середовища і площі поперечного перетину тіла.

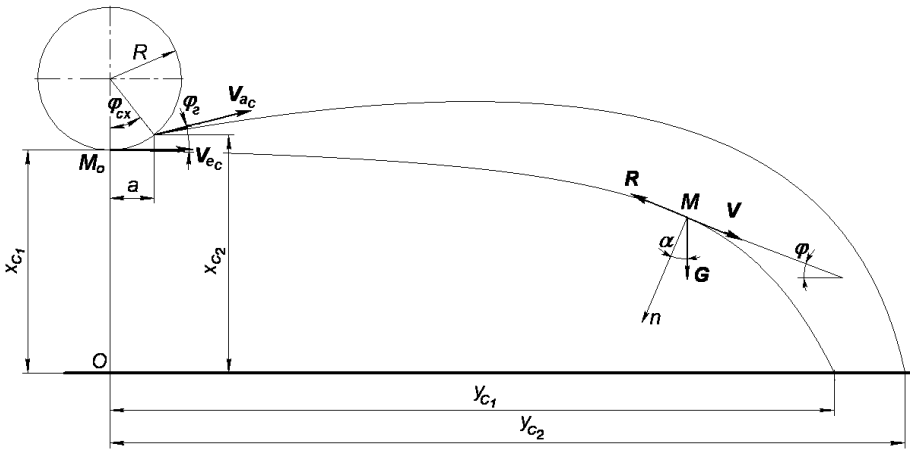


Рисунок 2.8 – Траєкторії вільного польоту часток після сходу з пальця ротора

У повітряному потоці на тіло (частку) крім сили R, спрямованої вгору, діє сила тяжіння G =mg (тут m — маса частки, g — прискорення вільного падіння). Залежно від співвідношення цих сил можливе рух тіла вниз при mg >R, рух вгору при mg <R і знаходження в підвішеному стані при mg =R і U =0. Швидкість $V_в$ повітряного потоку, при якій mg =R і U =0, називають критичною V_s (або швидкістю витання). З умови mg =R знаходимо

$$R = k\rho_п F V_s^2, \qquad (2.33)$$

де **k** – коефіцієнт опору повітря;

$\rho_п$ – густина повітря;

F – площа проекції тіла на площину, перпендикулярну напрямку повітряного потоку (міделевий перетин);

V_s – швидкість витання частки підстилкового матеріалу.

Таким чином при визначенні рівняння траєкторії частки підстилкового матеріалу, дальності польоту і швидкості в момент падіння на поверхню стійла приймаємо, що сила опору руху, пропорційною квадрату швидкості частки: R =$k_п$mV², де V — її швидкість в повітряному потоці, $k_п$ — постійний коефіцієнт (коефіцієнт парусності).

Швидкість витання V_s представляє собою швидкість повітряного потоку, при якій здійснюється умова перебування її на постійній висоті, тобто mg =R. З цієї умови маємо

$$V_s = \sqrt{\frac{mg}{k\rho_п F}}. \qquad (2.34)$$

Між величинами $k_п$, k і $V_{кр}$ існує залежність, яка власне і виражає зміну опору руху частки в повітряному середовищі пропорційною квадрату швидкості

$$k_д = g / V_s^2, \qquad \text{або} \quad k_д = k\rho_п F / m \qquad (2.35)$$

Складемо диференційні рівняння руху частки в проекціях на осі x і y:

$$my'' = -G \quad \text{або} \quad y'' = -g; \qquad (2.36)$$

$$R = -mk_д V^2. \qquad (2.37)$$

Векторне диференційне рівняння руху частки має вигляд

$$m\bar{w}'' = \bar{G} + \bar{R}, \quad \text{або} \quad \bar{r}'' = \bar{g} + k_d V \bar{V}, \tag{2.38}$$

де **w** – прискорення частки;

r – радіус–вектор положення частки;

g – прискорення земного тяжіння.

Проектуючи на осі x і y отримаємо:

$$x'' = -k_d V x' \cdot \cos\varphi_{\check{a}} \quad \text{і} \quad y'' = -g - k_d V y' \cdot \sin\varphi_{\check{a}}. \tag{2.39}$$

Після відділення змінних отримаємо:

$$\frac{dx'}{x'} = -k_d \cos\varphi_{\check{a}} \cdot d\sigma, \tag{2.40}$$

звідки після інтегрування отримаємо

$$\ln(x') = -k_d \sigma \cdot \cos\varphi_{\check{a}} + C. \tag{2.41}$$

Підставивши отримане значення **C** в рівняння (2.41), знаходимо

$$\ln\frac{x'}{V_o \cdot \cos\varphi_{\check{a}}} = -k_d \sigma \cdot \cos\varphi_{\check{a}}, \text{ тобто } x' = V_o e^{-k_d \sigma \cdot \cos\varphi_{\check{a}}} \cdot \cos\varphi_{\check{a}}. \tag{2.42}$$

Проекція сили опору R на головну нормаль дорівнює нулю

$$m\frac{V^2}{\rho_{ę}} = G\cos\alpha, \tag{2.43}$$

де $\rho_к$ – радіус кривини траєкторії точки.

Так як $\alpha = 2\pi - \varphi$, де φ — кут між віссю абсцис і дотичною до траєкторії точки, то $\cos\alpha = \cos\varphi$, тобто

$$\frac{V^2}{\rho_{ę}} = g\cos\varphi. \tag{2.44}$$

Як відомо, кривина k траєкторії в даній точці становить

$$k = \frac{1}{\rho_{ę}} = -\frac{d\varphi}{d\sigma}, \tag{2.45}$$

знак мінус узятий тому, що зі зростанням σ кут φ убуває. Так як $tg\varphi = y'_x$, то $\varphi = arctg\, y'_x$.

Таким чином отримуємо

$$\frac{d\varphi}{d\sigma} = \frac{d}{d\sigma}(\operatorname{arctg} y'_x) = \frac{1}{1+y'^{\,2}_x} \cdot y''_x \cdot \frac{dx}{d\sigma}. \qquad (2.46)$$

Враховуючи, що, $d\sigma = \sqrt{1+y'^{\,2}_x}\,dx$ знаходимо $\frac{d\varphi}{d\sigma} = \frac{y''_x}{\left(1+y'^{\,2}_x\right)^{3/2}}$ вираз, який представляє кривину кривої.

Підставивши отримане значення $\frac{d\sigma}{dx}$ в формулу (2.46), маємо

$$\frac{1}{\rho_ę} = -\frac{y''_x}{\left(1+y'^{\,2}_x\right)^{3/2}} = -\frac{y''_x}{(1+tg^2\varphi)^{3/2}}, \text{ тобто } \frac{1}{\rho_ę} = -y''_x \cos^3\varphi. \qquad (2.47)$$

Скориставшись формулою (2.47), перепишемо рівняння (2.57) у вигляді:

$$\frac{d^2y}{dx^2} V^2 \cos^2\varphi = -g. \qquad (2.47)$$

Враховуючи, що V·cosφ=x', а також формулу (2.47), отримаємо

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{g}{V_o^2 \cos^2\varphi_ã} e^{2k_ï \sigma \cdot \cos\varphi_ã}. \qquad (2.48)$$

Диференційне рівняння (2.62) набуде вигляду

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{g}{V_o^2 \cos^2\varphi_ã} e^{2k_ï x \cdot \cos\varphi_ã}. \qquad (2.49)$$

Після інтегрування цього наближеного диференційного рівняння маємо

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{g}{2kV_o^2 \cos^2\varphi_ã} e^{2k_ï x \cdot \cos\varphi_ã} + C_1. \qquad (2.50)$$

Рівняння (2.50) набуває вигляду

$$\frac{dy}{dx} = \frac{g}{2k_ï V_o^2 \cos^2\varphi_ã} - \frac{g}{2k_ï V_o^2 \cos^2\varphi_ã} e^{2k_ï x \cdot \cos\varphi_ã} + x \cdot tg\,\varphi_ã. \qquad (2.51)$$

Інтегруванням диференційного рівняння (2.65), отримуємо:

$$y = \frac{g}{2k_{ï} V_o^2 \cos^2 \varphi_{ã}} x - \frac{g}{4k_{ï}^2 V_o^2 \cos^2 \varphi_{ã}} e^{2k_{ï} x \cdot \cos\varphi_{ã}} + C_2 . \qquad (2.52)$$

Так як при $x=0$ $y=h_c$, то $C_2 = h + \frac{g}{4k_{d'} V_o^2}$ і рівняння (2.53) представляється виразом

$$y = h_c + \left(\frac{g}{2k_{ï} V_o^2 \cos^2 \varphi_{ã}} + tg\, \varphi_{ã} \right) x + \frac{g}{4k_{ï}^2 V_o^2 \cos^2 \varphi_{ã}} (1 - e^{2k_{ï} x \cdot \cos\varphi_{ã}}) . \qquad (2.53)$$

$$\frac{g}{2k_{d'} V_{î}^2} (1 - e^{2k_{d'} x}) + ctg\, \varphi_{ã} = 0 . \qquad (2.54)$$

2.5 Висновки з розділу

В результаті теоретичних досліджень визначна величина сторони призми волочіння соломистого матеріалу, розташована вздовж пальця, який залежить від конструкційно-технологічних параметрів і режими роботи ротора та фізичних властивостей солом’яної підстилки. Встановлені енергетичні показники роботи розкидача солом’яної підстилки, оснащеного ущільнюючим щитком, які залежить від фізико–механічних параметрів ущільнюваного матеріалу (С, а і $\rho_{пт}$), його взаємодії з площинами тертя ($f_{тщ}$ і $f_{тс}$), конструктивних параметрів розкидача та розташування щитка (b та α, а відповідно і ε), його режиму роботи ($H_п$ і t) та положення елемента маси х. Визначені параметри кидання при розподілі підстилки по поверхні стійла.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета, завдання і програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є підтвердження теоретичних передумов механізованого процесу внесення солом'яної підстилки, визначення фізико-механічних характеристик солом'яної підстилки з урахуванням її технологічних властивостей та визначення оптимальних конструктивно-режимних параметрів засобів з підготовки і внесення підстилки у відповідності з зоотехнічними та технологічними особливостями безприв'язного утримання великої рогатої худоби.

Відповідно до поставлених задач загальна програма досліджень містить наступні етапи:

1. Розробити й створити установку для проведення лабораторних досліджень.
2. Провести лабораторні дослідження та аналіз їх результатів.
3. Провести підготовку, розробку та створення експериментального зразка робочого органу машини для внесення солом'яної підстилки.
4. Провести експериментальні дослідження робочого органу машини для внесення солом'яної підстилки та визначити його оптимальні параметри.

3.2 Методика експериментальних досліджень конструктивно-технологічних параметрів робочих органів машини для внесення солом'яної підстилки

Для механізації процесу внесення підстилки розроблено розкидач, який призначений для роздавання солом'яної підстилки при безприв'язному утриманні ВРХ в бокси.

Базою для технічних засобів з підготовки та внесення підстилки обрано одновісний вузькогабаритний кормороздавач, який агрегатується з легким колісним трактором класу 0,4 тс (типу Т-020), що є аналогом одноопераційного кормороздавача типу КТУ та призначений для роздавання подрібненої (6-15 см) солом'яної підстилки при безприв'язному утриманні ВРХ в боксах, з максимальним покриттям підстилкою боксів по площині 1,95×1,3м. Загальний вигляд роздавача підстилки показано на рис. 3.1.

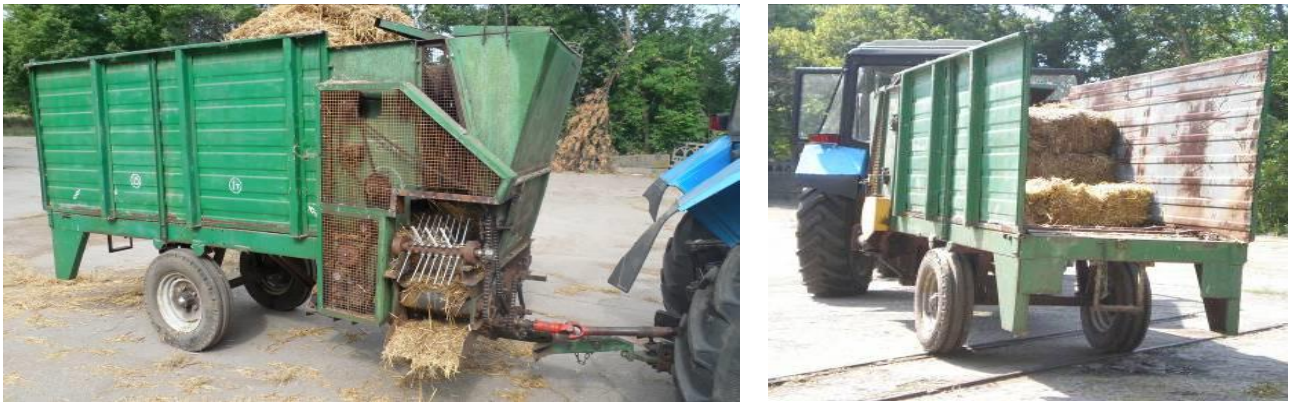


Рисунок 3.1 – Загальний вид розкидача підстилки

Для розподілу підстилки використовується робочий елемент - ротор із чотирма рядами пальців. В одному з варіантів ці пальці прямі (рис. 3.2).

Рисунок 3.2 – Конструктивна модель і загальний вид робочого органу роторно-пальцевого типу

Технологічний процес розкидання підстилки пристроєм відбувається таким чином.

Солома подається повздовжнім подавальним транспортером до бітерів, якими розрівнюється і подається на поперечний вивантажувальний транспортер і яким вже подається під ущільнюючу пластину до ротору. На виході з поперечного вивантажувального транспортеру встановлена направляюча пластина, при обертанні ротору підстилковий матеріал захоплюється і скидається пальцями з поперечного вивантажувального транспортеру на підлогу боксу.

Пальці ротору одного ряду, що встановлені радіально відносно вала ротору, зрізують солом’яну масу, яка подається поперечним вивантажувальним транспортером, і кидають її у розпушеному вигляді на підлогу боксу. У другому ряду пальці спочатку компресують масу соломи, а потім викидають її у вигляді стиснутої порції, яка летить далі за рахунок зменшення обертової енергії і меншого опору повітря, ніж розкидана попереднім рядом солома. Це означає, що за незмінної швидкості обертання валу ротора, солом'яна маса викидається пальцями ротора на різну відстань, що призводить до розширення області розподілу маси і досягнення необхідного розподілу підстилки по всій довжині боксу. До того ж, ущільнена маса при викиданні з поперечного транспортеру залишає після себе меншу кількість пилу у порівнянні ніж розпушена. Таким чином знижується загальна кількість пилу, яка викидається у повітря.

Загальна кінематична схема приводу роторно-пальцевого робочого органу роздавача від приводного ланцюгового контуру представлено на рис. 3.3, а безпосередньо привод ротору від приводного ланцюгового контуру вивантажувального (поперечного) транспортеру, за допомогою проміжної зірочки, яка забезпечує реверсивний напрямок ланцюга для приводу ротора у потрібному напрямку на рис. 3.4-3.5.

Схема приводу роторно-пальцевого робочого органу від приводного ланцюгового контуру вивантажувального (поперечного) транспортеру показано па рис. 3.6.

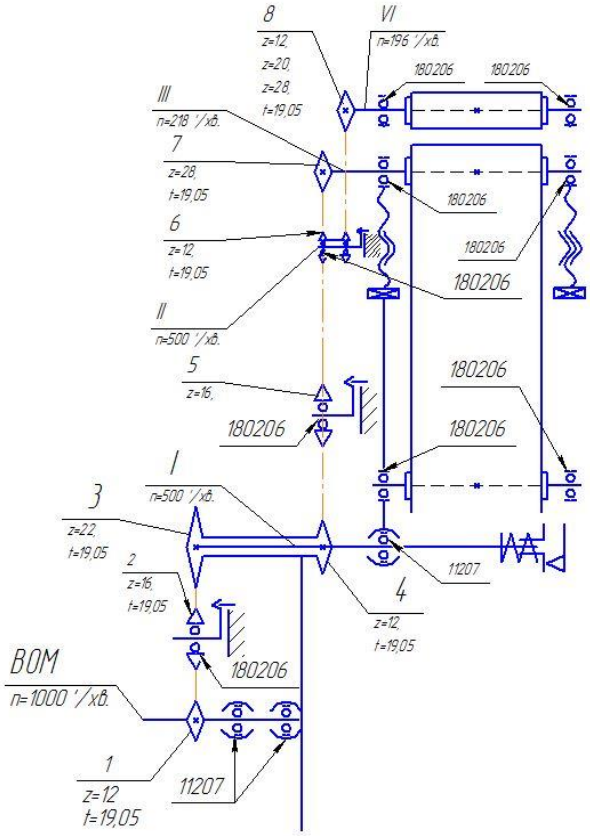


Рисунок 3.3 – Кінематична схема приводу роторно-пальцевого робочого органу

Рисунок 3.4 – Загальний вигляд пальцевого ротору з його приводом

Рисунок 3.5 – Загальний вигляд приводу ротора

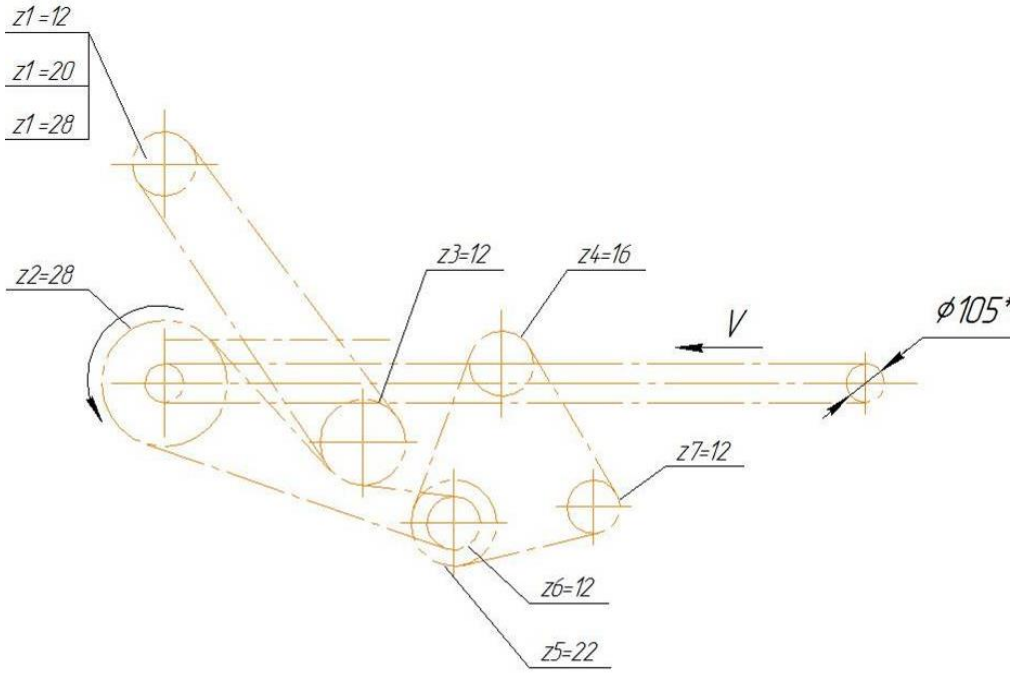


Рисунок 3.6 – Схема приводу роторно-пальцевого робочого органу від приводного ланцюгового контуру вивантажувального (поперечного) транспортеру

Заявлена технічна характеристика роздавача підстилки представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика роздавача підстилки

Продуктивність, т/год	0,5-2
Місткість кузова, м^3	3,5 (4,15)
Вантажопідйомність, кГс	1000
Габаритні розміри, мм	4200 х1300 х 2100
Маса роздавача, кг	850
Швидкість на роздачі матеріалу, км/год	2,5-3

Експерименти по визначенню раціональних конструктивно-технологічних параметрів робочого органу роздавача солом'яної підстилки проводились з використанням методики планування багатофакторного експерименту, яка дозволила визначити математичні моделі процесів у вигляді рівнянь регресії (полінома) другого порядку [39-42]:

$$y = в_o + \sum^{k} в_i \chi_i + \sum^{k} в_{ij} \chi_i \chi_j + \sum^{k} в_{ii} \chi_i^2 , \qquad (3.1)$$

де $в_o$, $в_i$, $в_{ij}$,$в_{ii}$ – коефіцієнти регресії;

χ_i, χ_j – незалежні змінні фактори.

В ході проведення експерименту визначалися раціональні конструктивні та режимні параметри робочого органу роздавача солом'яної підстилки. Рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу і споживана потужність приводу роторного робочого органу з фіксацією його конструктивно-режимних параметрів на різних рівнях варіювання факторів.

Інтервали і рівні варіювання факторів при проведені досліджень наведені у табл. 3.2.

Для визначення впливу кожного з факторів на критерії оптимізації процесу внесення солом'яної підстилки проведені дослідження за матрицею D-оптимального плану Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів. Матриця проведення досліджень процесу представлена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Інтервали і рівні варіювання факторів

Рівень варіації фактора	Фактор		
	Частота обертання ротора, хв$^{-1}$	Кут нахилу ущільнюючої пластини, град	Кут нахилу направляючої пластини, град
	n	α	β
Верхній рівень (+)	250	28	14
Основний рівень (0)	200	24	11
Нижній рівень (-)	150	20	8
Інтервал варіації	50	4	3

Обробка результатів проведених досліджень за методом факторного планування експерименту виконується за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica».

Таблиця 3.3 – Трирівнева матриця оптимального плану Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів

№ досліду	Фактори			Параметри		
	X_1	X_2	X_3	n, с$^{-1}$	b, мм	W, %
1	1	1	0	1,183	30	79
2	1	-1	0	1,183	10	79
3	-1	1	0	0,651	30	79
4	-1	-1	0	0,651	10	79
5	0	0	0	0,917	20	79
6	1	0	1	1,183	20	82
7	1	0	-1	1,183	20	76
8	-1	0	1	0,651	20	82
9	-1	0	-1	0,651	20	76
10	0	0	0	0,917	20	79
11	0	1	1	0,917	30	82
12	0	1	-1	0,917	30	76
13	0	-1	1	0,917	10	82
14	0	-1	-1	0,917	10	76
15	0	0	0	0,917	20	79

Математичні моделі відображують характер впливу факторів на кожний з критеріїв оптимізації. Коефіцієнти регресії математичних моделей розраховуються за формулами для D-оптимальних планів досліджень. Графічно, за цими рівняннями будуються поверхні відгуку.

За знайденим коефіцієнтам багатофакторного експерименту для кожного критерію складаються математичні моделі – рівняння регресії у кодованому вигляді поліномів другого порядку.

В якості критеріїв оцінки досліджень було обрано рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу δ і споживану потужність приводу роторного розкидача N.

3.3 Висновки з розділу

Розроблено методики визначення фізико-механічних характеристик солом'яної підстилки з урахуванням її технологічних властивостей та визначення оптимальних конструктивно-режимних параметрів засобів з підготовки і внесення підстилки у відповідності з зоотехнічними та технологічними особливостями безприв'язного утримання великої рогатої худоби.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати експериментальних досліджень конструктивно-технологічних параметрів робочих органів машини для внесення солом'яної підстилки

Середня маса тюка – 13 кг, вологістю – 33 %. Середня маса проби для визначення фракційного складу – 150 г.

Фракційний склад соломи: довжина часток 28-18см – 7 %, 18-10 см – 7,4 %, 10-6 см – 12,6 %, 6-2 см – 22 % і дріб'язок склав – 51 %.

Експериментальні дослідження розкидача підстилки проводились при обертах двигуна 1850 об/ хв, обертах ВОП 460 об/хв, швидкість трактора 2 км/год (рис. 4.5).

Експериментальними дослідженнями встановлювались: масова продуктивність розкидача, розподілення підстилки в боксі (довжина і ширина смуги розкидання), рівномірність розкиданої підстилки.

В результаті досліджень було встановлено масову продуктивність роздавача підстилки – 0,5-3,7 т/год.

Рисунок 4.5 – Розкидач підстилки в роботі і смуга розкидання

Приклади смуг розкидання підстилки, в залежності від частоти обертання ротора та його конструктивних особливостях (пальців) наведено на рис. 4.6, а в графічному варіанті (з координатною сіткою) – на рис. 4.7

Рисунок 4.6 – Смуга розкидання солом’яної підстилки

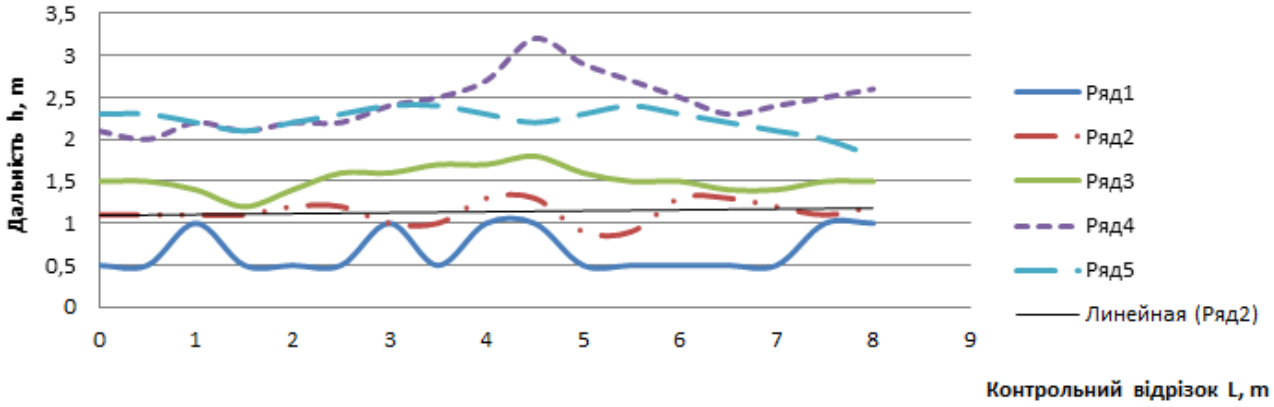


Рисунок 4.7 – Смуги розкидання в координатній сітці майданчика

Конструктивно-режимні параметри експериментального зразка розкидача підстилки в дослідах наведено в табл. 4.2

Таблиця 4.2 – Конструктивно-режимні параметри розкидача підстилки

Смуги розкидання	Оберти двигуна, об./хв.	Оберти ВВП об./хв.	Оберти ротора об./хв.	Швидкість вивантажувального транспортера, м/с	Швидкість повздовжнього транспортера, м/с	Вологість соломи, %
Смуга 1	1250	284	116	0,42	0,04	50,95
Смуга 2	1850	420	172	0,62	0,03	38,59
Смуга 3	1850	420	315	1,12	0,03	26,59
Смуга 4	1850	420	315	1,12	0,03	14,59
Смуга 5	1850	420	315	1,12	0,03	10,01

Максимальна висота солом'яного профілю становить від 4 до 10 метрів, а ширина профілю (вздовж смуги) – від 1,9 до 3,0 метрів. Основна маса

розподіляється по профілю першої третини від входу в бокс, починаючи з початку розкидання.

Визначено математичні моделі польоту часток солом'яної підстилки в залежності від частоти обертання ротору розкидача:

$$\mathbf{У = -0{,}00121x^2 + 0{,}55661x + 741{,}351} \quad (4.1)$$

$$\mathbf{У = - 0{,}00161x^2 + 0{,}26431x + 612{,}531} \quad (4.2)$$

Визначено траєкторію польоту пучка соломи (рис. 4.8). Вихідні дані: висота початку траєкторії польоту часток солом'яної підстилки – 600 мм; дальність польоту – 700-1050 мм.

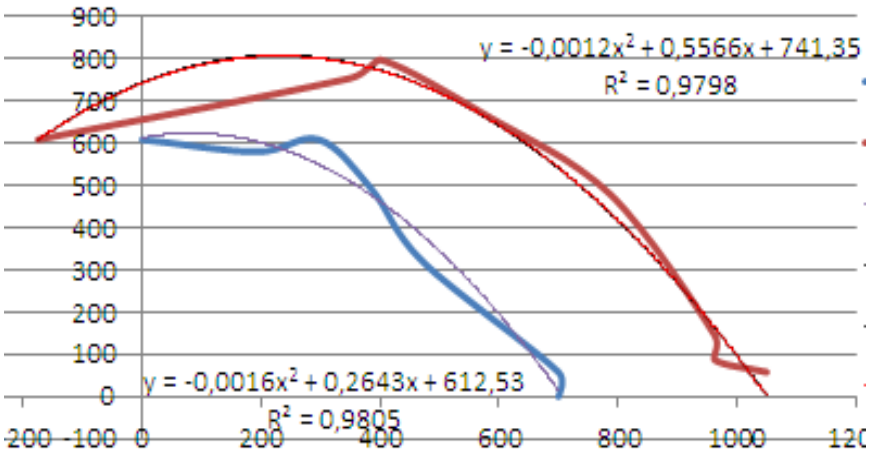


Рисунок 4.8 – Траєкторія польоту часток солом'яної підстилки

Для визначення впливу конструктивних та технологічних параметрів робочих органів розкидача солом'яної підстилки на ефективність зазначеного процесу було поставлено експеримент за D-оптимальним планом Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів (частота обертання ротора n, кут нахилу ущільнюючої пластини α та кут нахилу направляючої пластини β).

В результаті проведення експериментальних досліджень отримані дані зміни рівномірності розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу δ і споживаної потужності приводу роторного розкидача N від досліджуваних факторів на процес.

Аналіз даних, виконаний за критерієм Кохрена, показує, що на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, так як розрахункове значення критерію менше за табличне, тобто $G = 0,2353 < G_{0.05(2,13)} = 0,3731$.

Значення критерію Фішера F ($f_{lf} = 10$, $f_y = 50$) = 0,9002; моделі адекватні на будь-якому рівні довірчої ймовірності; множинний коефіцієнт регресії $R_{y.r} = 0,9937$.

В результаті обробки експериментальних даних одержано математичні моделі:

– рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу

$$\delta = -140,862 + 0,73837\,n - 0,00159131\,n^2 + 10,8899\,a - 0,253254\,a^2 + 6,9645\,b - 0,39571\,b^2, \quad (4.3)$$

– споживана потужність приводу роторного розкидача

$$N = 6964,33 - 12,24\,n + 0,0408\,n^2 - 357,0\,a + 6,375\,a^2 - 181,333\,b + 11,3333\,b^2. \quad (4.4)$$

Графічна інтерпретація рівнянь (4.3) і (4.4) представлено на рисунках 4.8 і 4.9 відповідно.

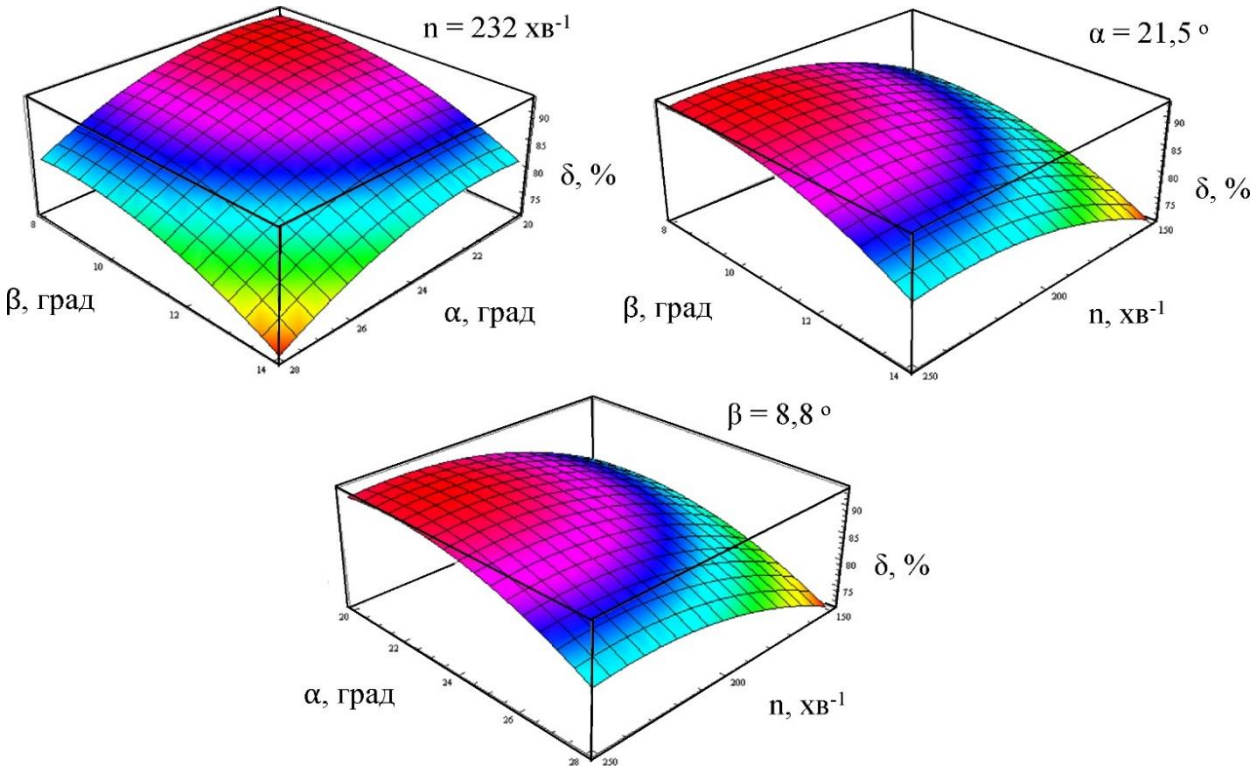


Рисунок 4.8 – Вплив частоти обертання ротора n, кута нахилу ущільнюючої пластини α та кута нахилу направляючої пластини β на рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу δ

Виходячи з технологічної задачі, а саме отримання максимальної рівномірності розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу і мінімальнох потужності приводу роторного розкидача отримуємо систему математичних нерівностей:

$$\begin{cases} \delta(n,\alpha,\beta) \to \max; \\ N(n,\alpha,\beta) \to \min; \\ 150 \le n \le 250; \\ 20 \le \alpha \le 28; \\ 8 \le \beta \le 14. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{N(n,\alpha,\beta)}{\delta(n,\alpha,\beta)} \to \min; \\ 150 \le n \le 250; \\ 20 \le \alpha \le 28; \\ 8 \le \beta \le 14. \end{cases} \qquad (4.5)$$

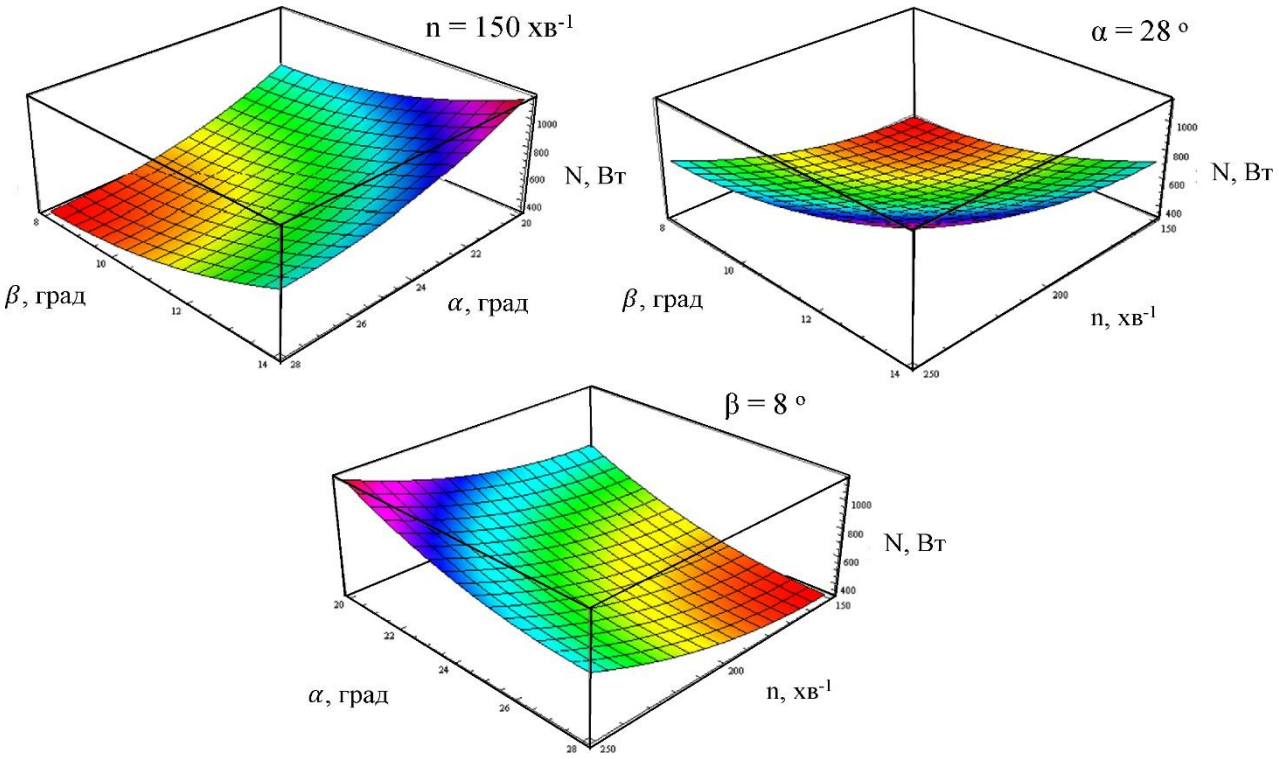


Рисунок 4.9 – Вплив частоти обертання ротора n, кута нахилу ущільнюючої пластини α та кута нахилу направляючої пластини β на споживану потужність приводу роторного розкидача N

Вирішуючи цю систему з використанням програмного пакету Mathematica маємо наступні раціональні конструктивно-технологічні параметри роторного розкидача солом'яної підстилки:

$$\mathbf{n = 196\ хв^{-1};\ \alpha = 23{,}5\ ^{o};\ \beta = 8{,}8\ ^{o};}$$
$$\mathbf{\delta = 89{,}4\ \%;\ N = 545\ Вт} \qquad (4.6)$$

Побудуємо двомірні залежності рівномірності та потужності від факторів (рис. 4.10).

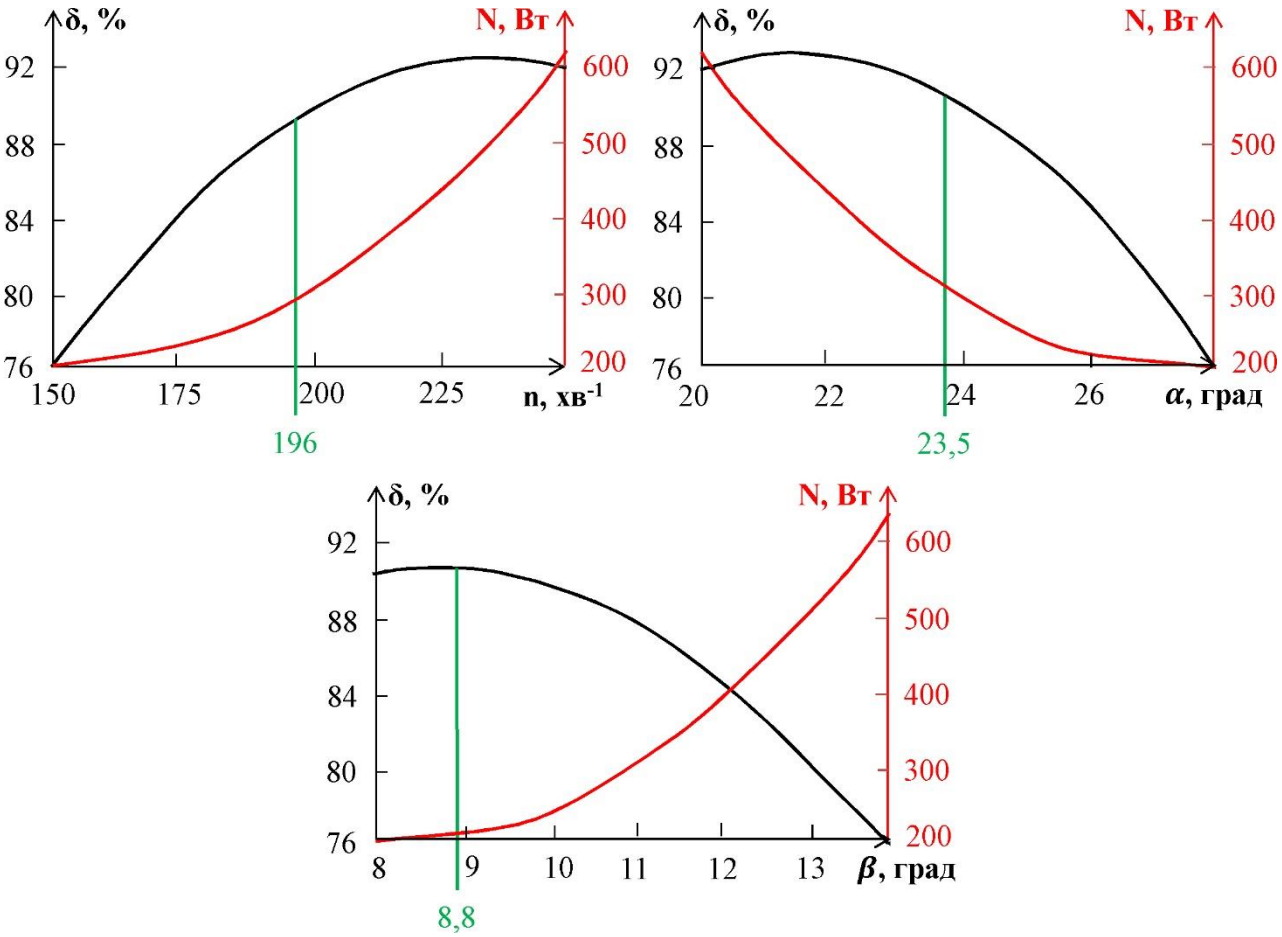


Рисунок 4.10 – Вплив частоти обертання ротора n, кута нахилу ущільнюючої пластини α та кута нахилу направляючої пластини β на споживану потужність приводу роторного розкидача N і рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу δ

В результаті дослідів визначено масову продуктивність експериментального зразка роздавача підстилки – 0,5-3,7 т/год. В ході проведення експериментальних досліджень розкидач підстилки показав стійку роботу не тільки на сухій соломі (10 %), але і також і на зволоженій соломі (30 %). В ході роботи розкидача утворення пилової маси не спостерігалося.

4.2 Дороблена конструктивна схема технічного засобу підготовки та внесення підстилки

За результатами досліджень дороблена конструкція комбінованого розкидач підстилки (рис. 4.11-4.13, табл. 4.3) з роторно-пальцевим органом, бункером для одночасного подавання та внесення антисептику, з робочим органом для самозавантаження подрібненої підстилки – ковшем з гідравлічним приводом.

Таблиця 4.3 – Технічна характеристика експериментального зразка комбінованого технічного засобу з внесення підстилки

Мобільний бункерний роздавач підстилки	
Місткість бункера, м^3	3,5 (4,15)
Робоча швидкість, км/год	0,4-3,5
Подавання підстилки, кг/с	до 2,0
Дальність розкидання підстилки, мм	500-2500
Ширина смуги розкидання підстилки (мах), м	3,2
Удосконалений робочий орган роторного типу	
Радіус кривизни пальців, ^{o}	115-135-155
Довжина пальців, мм	165-180
Частота обертання, об/хв	116-315
Бункер подавання і дозування антисептика	
Місткість бункера, м^3	0,2
Габаритні розміри, мм:	
ширина	460
довжина	1104
висота	723
Частота обертання шнеку, об/хв	0,8..1,6
Параметри вікна дозування, мм:	
ширина	30-80-120
довжина	150-200-250
Ківш самозавантаження	
Місткість ковша, м^3	0,8-1,2

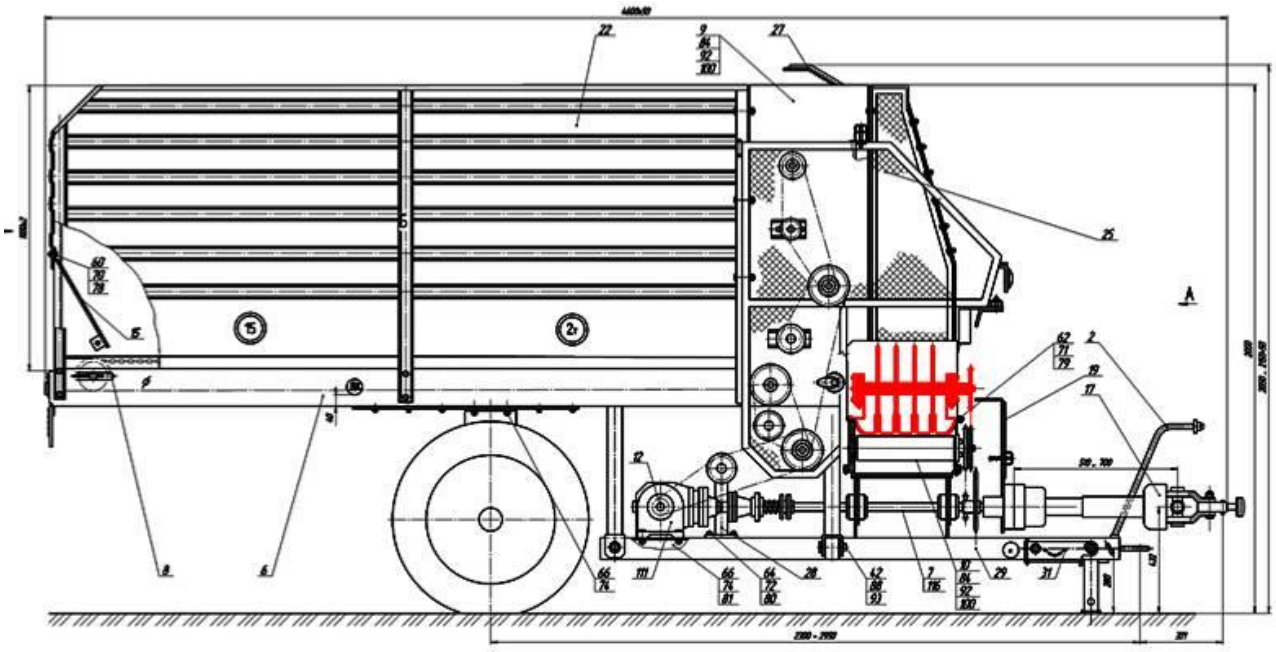


Рисунок 4.11 – Роздавач підстилки з удосконаленим робочим органом роторного типу

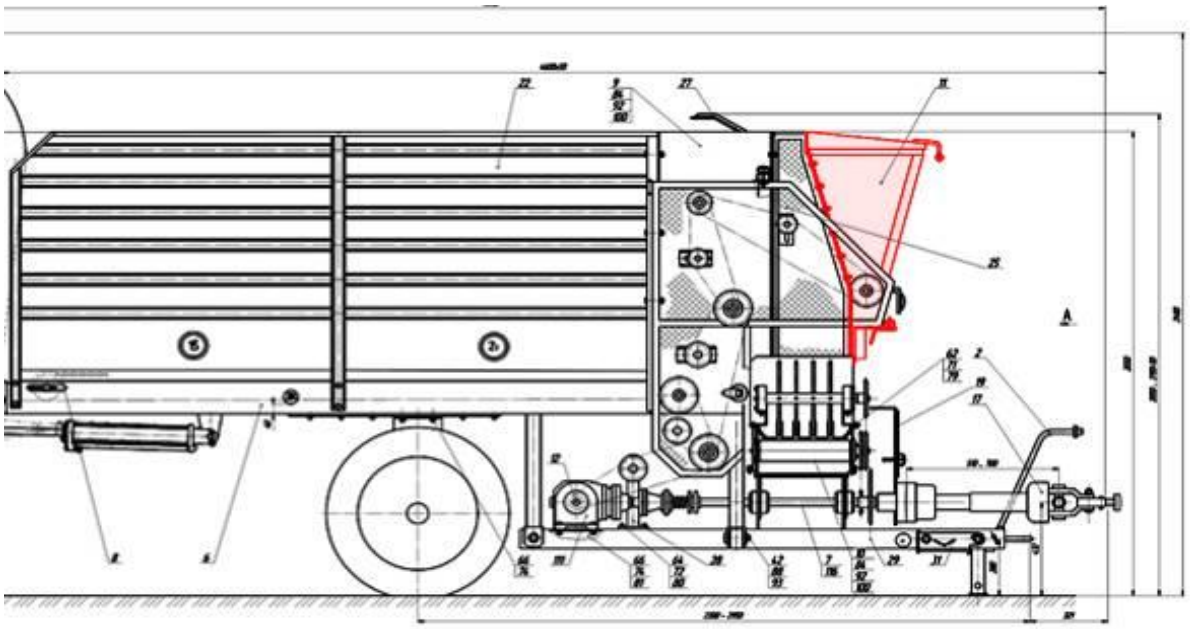


Рисунок 4.12 – Роздавач підстилки з бункером для внесення сипучого антисептика

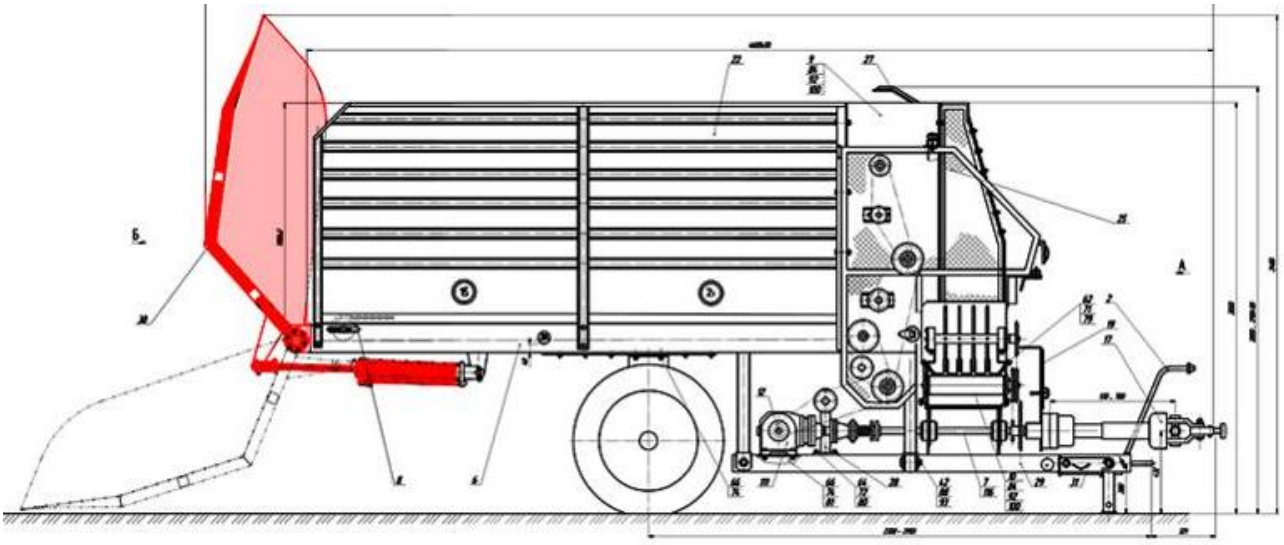


Рисунок 4.13 – Роздавач підстилки з робочим органом самозавантаження подрібненої підстилки

4.3 Висновки з розділу

1. Проведено дослідження експериментального зразка обладнання для внесення солом'яної підстилки та визначено раціональні конструктивно-технологічні параметри: частота обертання ротора n = 196 хв$^{-1}$, кут нахилу ущільнюючої пластини α = 23,5 ° та кут нахилу направляючої пластини β = 8,8 °. При цьому споживана потужність приводу роторного розкидача N = 545 Вт, рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу δ = 89,4 %, масова продуктивність роздавача підстилки – 0,5-3,7 т/год.

2. Дороблено конструкцію комбінованого устаткування з підготовки та внесення підстилки з роторно-пальцевим органом, бункером для одночасного подавання та внесення антисептику, з робочим органом для самозавантаження подрібненої підстилки – ковшем з гідравлічним приводом.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки при роботі на мобільній машині для внесення солом’яної підстилки

До роботи на мобільній машині для внесення солом’яної підстилки допускаються лише особи, які:

- не мають медичних протипоказань;
- пройшли виробниче навчання;
- отримали вступний і первинний інструктаж з охорони праці.

Усі працівники, які починають працювати на цій машині, повинні працювати під наглядом бригадира або наставника протягом перших двох змін. Після цього їм надається допуск до самостійної роботи.

Прохано дотримуватися правил внутрішнього розпорядку, забороняється:

- присутність сторонніх осіб у робочій зоні;
- вживання спиртних напоїв і куріння в робочій зоні;
- працювати в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння;
- працювати в хворобливому або стомленому стані.

Кожен працівник повинен виконувати лише ту роботу, на яку він пройшов інструктаж і для якої отримав завдання, і не передавати її іншим особам.

Під час роздачі підстилки мобільною машиною для внесення солом’яної підстилки на працюючих може впливати небезпечні і шкідливі фактори, тому необхідно дотримуватися запобіжних заходів:

- уважно враховувати рух тракторних агрегатів з мобільною машиною;
- уникати контакту з незахищеними рухомими частинами машини;
- застосовувати індивідуальні засоби захисту, такі як комбінезони, фартухи, рукавиці та інші;
- бути обачними під час праці в умовах підвищеної вологості, низького освітлення і на слизьких підлогах.

Якщо виявлено несправності агрегатів або інші небезпечні ситуації, необхідно повідомити про це керівника робіт. Порушення вимог цієї інструкції може мати юридичні наслідки.

Всі працівники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту та дотримуватися правил особистої гігієни. У визначених місцях слід приймати їжу, курити та знімати засоби індивідуального захисту під час відпочинку. Також працівники повинні знати та бути готовими надавати першу допомогу потерпілим.

Список обов'язкових заходів для підготовки до роботи на мобільній машині для внесення солом’яної підстилки:

Перевірте і переконайтеся в справності засобів індивідуального захисту, а також правильно надягніть їх, щоб уникнути звисаючих деталей та зачісування волосся під головний убір.

Отримайте завдання або наряд на виконання роботи від керівника робіт та ознайомтеся зі схемою руху під час перевезення та роздачі підстилки.

Перевірте комплектність і справність трактора і мобільної машини для внесення солом’яної підстилки. Вони повинні відповідати технічним вимогам заводу-виробника.

Перевірте наявність і справність тягово-зчіпного пристрою мобільної машини для внесення солом’яної підстилки, включаючи ніжку і ресору для утримання дишла в заданому положенні.

Перевірте, чи відповідають штирі для з'єднання трактора з мобільною машиною товщині отворів в петлях причепа і вилці трактора.

Переконайтеся в наявності та справності захисного кожуха на телескопічній карданній передачі, страхового ланцюга (троса) та огороджувальних щитків на всіх зовнішніх ланцюгових передачах і приводі поздовжнього транспортера, а також стану шлангів та трубок гідросистеми.

Перевірте справність і роботу ходової частини, рульового управління, гальмівної системи, електрообладнання та сигналізації агрегату.

Встановіть оглядові дзеркала на кронштейнах трактора так, щоб з робочого місця тракториста було можна спостерігати за роботою поперечного транспортера.

Перевірте роботу мобільної машини для внесення солом’яної підстилки на холостому ходу, дотримуючись вказаних процедур та обережних заходів.

Підготовка і агрегатування мобільної машини для внесення солом’яної підстилки:

Встановіть колеса мобільної машини на транспортну ширину (1600 мм для МТЗ, 1513 мм для Т-40м) перед агрегатуванням з колісним трактором.

Виконуйте агрегатування мобільної машини з трактором у такій послідовності:

Перевірте надійність фіксації дишла мобільної машини в потрібному положенні.

Під'їжджайте до мобільної машини заднім ходом, уникайте наявності людей між трактором і мобільною машиною.

Під час під'їзду трактора до мобільної машини, розташовувати отвори зчіпного петлі дишла мобільної машини і вилки причіпного пристрою трактора на одному рівні.

Під час агрегатування використовуйте причіплювач трактора на малій швидкості з уважним спостереженням за діями причіплювача.

Після завершення під'їзду, надійно загальмуйте трактор і встановіть коробку передач в нейтральне положення.

Перевірте суміщення отворів причіпних пристроїв трактора і мобільної машини та зафіксуйте штир.

При суміщенні отворів і встановленні штиря залишайте зону можливого падіння дишла мобільної машини.

Поставте страхувальний ланцюг і переконайтеся в надійності зчіпки трактора з мобільною машиною.

Перевірте кріплення захисного кожуха лескопіческой карданної передачі, головного гальмівного циліндра і штепсельної вилки на дишлі мобільної машини та інших важливих деталей.

Перевірте справність і надійність гальмівної системи мобільної машини. Під час гальмування повинні блокуватися обидва передні колеса одночасно.

Перед завантаженням мобільної машини для внесення солом’яної підстилки, дотримуйтеся наступних правил:

Виконуйте вказівки тракториста-машиніста, що завантажує мобільну машину.

Уникайте завантаження соломою на поперечний транспортер, що може спричинити забивання вивантажного вікна.

Забезпечте відсутність сторонніх предметів у кузові мобільної машини.

Не перевантажуйте машину соломою понад вказану заводом-виробником вантажопідйомність.

Перед рухом агрегату з місця і вимиканням робочих органів мобільної машини, надайте попереджувальний сигнал та переконайтеся, що навколо відсутні сторонні особи.

Регулярно перевіряйте справність гідросистеми і причіпних пристроїв трактора і мобільної машини для внесення солом’яної підстилки.

5.2 Розробка інженерно-технічного засобу безпеки для зниження травмонебезпечності мобільної машини для внесення солом'яної підстилки

Модель системи безпеки при роботі в зоні дії бітерів приведена на рис. 5.1. Модель складається з трьох блоків:

1 – моторно-трансмісійна установка, внутрішня структура якої характеризується передавальним числом приводу ВВП ($i_{ВОМ}$);

2 – пристрій блокування робочих органів машини для внесення соломи, внутрішня структура якої характеризується гальмівної силою ($Р_Т$);

3 – запобіжна муфта, що характеризується величиною переданого крутного моменту ($М_К$).

На виході системи – ймовірність роботи (в зоні дії блоку відбійних бітерів) без травм ($Р_{БТ}$), контрольованим параметром якої є час швидкодії блокування ($Т_Б$). На вході моделі – момент крутний на валу двигуна. $М_Б$ – момент на валу бітера, $V_д$ – середня швидкість МК.

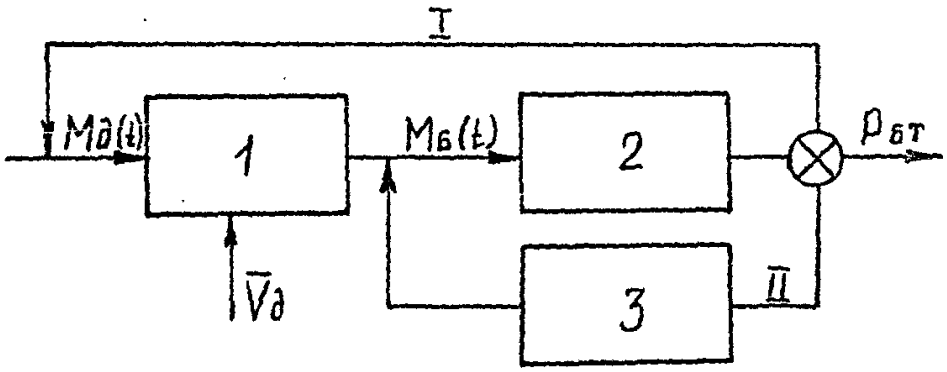


Рисунок 5.1 – Модель системи забезпечення безпеки при виконанні робіт в кузові машини для внесення солом’яної підстилки

Зворотній зв'язок I позначає, що вибором часткового режиму можна домогтися заглохання двигуна при спрацьовуванні блокувального пристрою. Зворотній зв'язок II передбачає узгодження гальмівної сили блокувального пристрою і зусилля пружини запобіжної муфти.

Для проведення алгоритмізації моделі на рис. 5.2 представлена принципова схема блокувального пристрою.

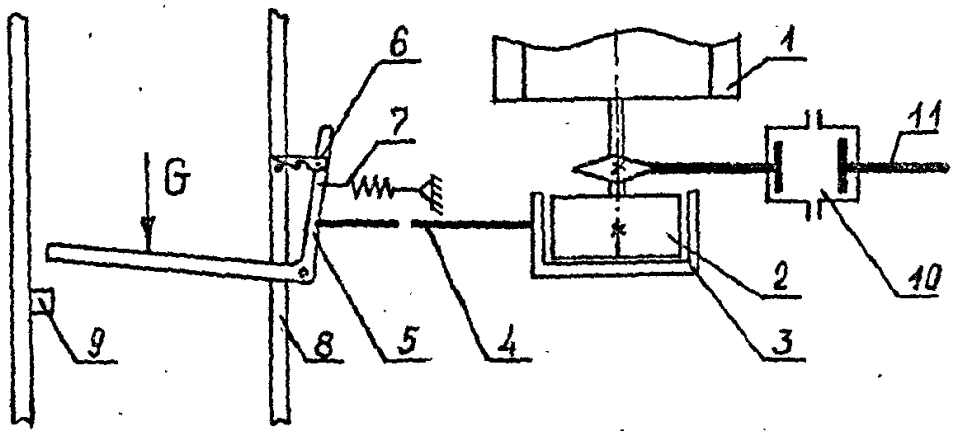


Рисунок 5.2 – Схема блокувального пристрою на робочі органи машини для внесення солом’яної підстилки

На валу бітера 1 закріплений шків 2, що охоплюється фрикційною стрічкою 3, яка за допомогою важелів і тяги 4 з'єднана з двуплечним важелем 5, на одному

плечі якого розміщений фіксатор 6 і відтяжна пружина 7, а інше плече є проміжною сходинкою драбини 8, яка веде до кузов машини для внесення соломи.

При спробі проникнення працюючого в небезпечну зону сходинка під дією маси людини опускається до упору 9. За рахунок цього інше плече важеля 5 переміщує тягу 4, в результаті чого відбувається щільний обхват шківа 2 фрикційною стрічкою 3. Утримання елементів пристрою в цьому положенні досягається фіксатором 6. Таким чином відбувається гальмування і згодом повна зупинка відбійних бітерів 1, так як штучне створення режиму перевантаження робочих органів викликає включення запобіжної пружинно-зубчастої муфти 10. Після усунення несправності в кузові машини для внесення соломи працює, опустившись по сходах 8, виводить фіксатор 6 із зачеплення і під дією пружини 7 елементи блокувального пристрою повертаються в початкове положення, фрикційна стрічка 3 звільняє шків 2 і тим самим – встановлюється кінематичний зв'язок приводу II з робочими органами і машини для внесення соломи.

5.3 Висновки з розділу

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці проведено інструкція з охорони праці для працюючих на машині для внесення солом’яної підстилки. Розроблено інженерно-технічний засіб безпеки для зниження травмонебезпечності мобільної машини для внесення солом'яної підстилки. Проведено розрахунок вентиляції корівника.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ

6.1 Вихідні дані

Економічна ефективність від використання пропонованої машини для внесення солом'яної підстилки була розрахована у порівнянні з аналогом, за який прийнято змішувач-кормороздавач фірми «Siloking» із відповідною приставкою для внесення солом'яної підстилки. Порівняння було проведено для змішувачів-кормороздавачів з місткістю бункера 6 м^3. Розрахунки проводились для ферми із поголів'ям на 1000 голів із безприв'язно-боксовою системою утримання.

Згідно прийнятих норм (розділ 1) стосовно до внесення солом'яної підстилки: необхідно вносити один раз на 10 днів 1,0 кг/голову. Тоді на 1 рік для 1000 корів необхідно внести 1000·1,0·365/10 = 36500 кг.

Згідно технічних характеристик базової і проектованої машини знайдемо час їх роботи за формулою:

$$\mathbf{D_а = \frac{M}{Q_а}}, \text{ год;} \qquad (6.1)$$

де $\mathbf{Q_а}$ – продуктивність роботи змішувача-аератора за технічною характеристикою.

Для базового варіанту:

$$\mathbf{D_б = \frac{36500}{800} = 45{,}625} \text{ год.}$$

Для проектного варіанту:

$$\mathbf{D_п = \frac{36500}{1000} = 36{,}5} \text{ год.}$$

6.2 Питомі експлуатаційні витрати

Прямі експлуатаційні витрати розрахуємо за виразом:

$$З = З_о + З_а + З_т + З_е, \quad (6.2)$$

де $З_о$ – оплата праці працівників зайнятих обслуговуванням машини, грн.;

$З_а$ – амортизаційні відрахування на капітальний ремонт, грн.;

$З_т$ – відрахування на ТО і ремонт, грн.;

$З_е$ – витрати на електроенергію та паливо-мастильні матеріали, грн.,

Експлуатаційні витрати на заробітну плату визначимо з виразу

$$З_о = n \cdot f \cdot \delta \cdot D, \quad \text{грн}; \quad (6.3)$$

де $n = 1$ – чисельність обслуговуючого персоналу, люд.

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн/год. Приймаємо f = 48 грн/год;

δ = 1,372 – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

D – тривалість виконання певних робіт з обладнанням протягом періоду відгодівлі, год.

Тоді оплата праці становитиме

для базового варіанту:

$$З_о = 1 \cdot 48 \cdot 1,372 \cdot 45,625 = 2629,08 \text{ грн.}$$

для проектного варіанту:

$$З_о = 1 \cdot 48 \cdot 1,372 \cdot 36,5 = 2403,74 \text{ грн.}$$

Балансова вартість визначається за виразом:

$$C = n \cdot C_{прс} \cdot (1 + \varepsilon + \mu), \text{ грн.} \quad (6.4)$$

де n – кількість машин чи обладнання, шт;

$C_{прс}$ – прейскурантна (відпускна) ціна машини, грн.;

ε і μ – коефіцієнти, що враховують частку витрат від вартості обладнання на його транспортування та монтаж, відповідно. $\varepsilon = 0,13$, $\mu = 0$.

Для базового варіанту:

$$C = 1 \cdot 400000 \cdot (1 + 0,13 + 0) = 452000 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту:

$$C = 1 \cdot 360000 \cdot (1 + 0,13 + 0) = 406800 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на капітальний ремонт підрахуємо за формулою

$$\mathbf{З_а = \frac{C \cdot A}{100}}, \text{ грн;} \quad (6.5)$$

де **С** – балансова вартість машини, грн.;

А – нормований коефіцієнт відрахувань на амортизацію машин та обладнання, %. На даний час **А =15%**.

Для базового варіанту:

$$З_а = \frac{452000 \cdot 15}{100} = 67800, \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту:

$$З_а = \frac{406800 \cdot 15}{100} = 61020, \text{ грн.}$$

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування техніки обчисляють за виразом:

$$\mathbf{З_т = \frac{C \cdot \beta}{100}}, \text{ грн;} \quad (6.6)$$

де β – нормований коефіцієнт відрахувань на ремонт обладнання та машин, %.

Для змішувача-аератора β=15%.

Для базового варіанту:

$$З_т = \frac{452000 \cdot 15}{100} = 67800, \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту:

$$З_т = \frac{406800 \cdot 15}{100} = 61020, \text{ грн.}$$

Витрати ПММ для змішувача-аератора за період відгодівлі розраховуємо за формулою:

$$\mathbf{З_{ПММ} = N^1 \cdot q \cdot n \cdot D \cdot Ц_{ПММ}}, \text{ грн;} \quad (6.7)$$

де $\mathbf{N^1}$ – потужність двигуна внутрішнього згорання, кВт;

q – питомі витрати палива на один кВт потужності двигуна внутрішнього згорання, кг/кВт. Приймаємо **q = 0,29 кг/кВт**;

n = 1 – кількість технічних засобів, шт;

$Ц_{ПММ}$ – ціна 1 кг палива, грн. $Ц_е = 40 \text{ грн / кг}$.

D – тривалість роботи агрегату протягом періоду відгодівлі.

Для базового варіанту:

$$З_{ПММ} = 58 \cdot 0,29 \cdot 1 \cdot 45,625 \cdot 40 = 27521 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту:

$$З_{ПММ} = 36 \cdot 0,29 \cdot 1 \cdot 36,5 \cdot 40 = 15242,4 \text{ грн.}$$

Прямі загальні експлуатаційні витрати для базового варіанту складуть:

$$З = 2629,08 + 67800 + 67800 + 27521 = 165750,02 \text{ грн.}$$

Прямі загальні експлуатаційні витрати для проектного варіанту складуть:

$$З = 2403,74 + 61020 + 61020 + 15242,4 = 139686,14 \text{ грн.}$$

Питомі експлуатаційні витрати на 1 голову складуть

для базового варіанту:

$$З^{п} = \frac{З}{М} = \frac{165750,02}{1000} = 165,74 \text{ грн.}$$

для проектного варіанту:

$$З^{п} = \frac{З}{М} = \frac{139686,14}{1000} = 139,68 \text{ грн.}$$

6.3 Розрахунок строку окупності

Провівши розрахунки експлуатаційних витрат для машин для внесення солом'яної підстилки можна визначити економічний ефект від його впровадження за 1 рік, який становить:

$$\mathbf{Е_{е.п} = З_{П} – З_{Б} = 165750,02 – 139686,14 = 26063,88 \text{ грн}}. \quad (6.8)$$

Строк окупності капітальних вкладень за прийнятим нами варіантом при його впровадженні становить

$$Т = \frac{С_{П} - С_{Б}}{Е_{е.р}} = \frac{452000\text{-}406800}{26063,88} = 1,73 \text{ роки.} \quad (6.9)$$

Усі показники економічної ефективності, розраховані за 1 рік зведемо в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Показники економічної ефективності машини для внесення солом’яної підстилки

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
1. Кількість поголів’я, що обслуговується, голів	1000	1000
2. Обслуговуючий персонал, люд	1	1
3. Капітальні вкладення, грн.	452000	406800
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн.	165750	139686,1
в тому числі:		
заробітна плата працівників	2629,08	2403,74
амортизаційні відрахування	67800	61020
відрахування на ремонт і т.о.	67800	61020
витрати на ПММ і електроенергію	27521	15242,4
5. Річний економічний ефект, грн.	–	26063,88
6. Строк окупності додаткових капітальних вкладень, роки	–	1,73

6.4 Висновки з розділу

В результаті аналізу оплати праці робітників та всіх загальних витрат на експлуатацію розробленої машини для внесення солом’яної підстилки, було встановлено, що час, необхідний для повернення додаткових капітальних інвестицій, становить 1,73 роки, і річний економічний прибуток від внесених поліпшень становить 26063,88 грн.

ВИСНОВКИ

В цілому за результатами роботи отримано наступне:

1. Аналізуючи потенціал використання соломи в Україні можна зробити висновок, що його достатньо для повного забезпечення тваринницьких ферм підстилкою. В результаті проведених досліджень нами було визначено, що солома має значні переваги над іншими підстилковими матеріалами згідно з зоотехнологічними вимогами до внесення та використання підстилки. На ряду з цим існує технологічна проблема при її внесенні, а саме запиленість повітря. Тому нами поставлена задача для подальших досліджень створити технічний засіб, який би усував вказані недоліки.

2. Аналіз сучасного обладнання для роздачі солом'яної підстилки показав, що воно має технологічні і зоотехнічні обмеження, зв'язку з чим, його доцільно використовувати при утриманні худоби на глибокій підстилці, коли виникає потреба при розкиданні підстилки по великих площах загонів. При розробці обладнання для внесення підстилки при безприв'язно-боксовому утриманні великої рогатої худоби, слід було б дотримуватися наступних зоотехнічних і технологічних вимог: можливість локального і дозованого внесення підстилки у бокси зменшення запиленості повітря у корівнику при розкиданні під-стилки відповідно до зоотехнічних норм (не більш 6 мг/м^3); відсутність додаткового зволоження соломи при її внесенні у бокси (за зоотехнічними нормативами – 14-16 %); можливість роботи розкидача підстилки як у нових корівниках павільйонного типу, так і у реконструйованих корівниках; зменшення витрат пального на процес розкидання підстилки через зменшення потужності трактора, з яким агрегатується роздавач підстилки; використання для процесу подрібнення соломи (фракція 6-10 см) замість рідкого палива електроенергії.

3. Розроблена конструктивно-технологічна схема робочих органів роторного розкидача із ущільнюючою і направляючою пластинами (щитками), використання якого дозволить вивантажувати солому з підвищеною вологістю (понад 14-16 %),

забезпечити надійну роботу мобільного засобу і можливість зміни продуктивності робочого органу для дозованого внесення підстилки.

4. В результаті теоретичних досліджень визначна величина сторони призми волочіння соломистого матеріалу, розташована вздовж пальця, який залежить від конструкційно-технологічних параметрів і режими роботи ротора та фізичних властивостей солом'яної підстилки. Встановлені енергетичні показники роботи розкидача солом'яної підстилки, оснащеного ущільнюючим щитком, які залежить від фізико–механічних параметрів ущільнюваного матеріалу (С, а і $\rho_{пт}$), його взаємодії з площинами тертя ($f_{тщ}$ і $f_{тс}$), конструктивних параметрів розкидача та розташування щитка (b та α, а відповідно і ε), його режиму роботи ($H_п$ і t) та положення елемента маси х. Визначені параметри кидання при розподілі підстилки по поверхні стійла.

5. Проведено дослідження експериментального зразка обладнання для внесення солом'яної підстилки та визначено раціональні конструктивно-технологічні параметри: частота обертання ротора n = 196 $хв^{-1}$, кут нахилу ущільнюючої пластини α = 23,5 ^{o} та кут нахилу направляючої пластини β = 8,8 ^{o}. При цьому споживана потужність приводу роторного розкидача N = 545 Вт, рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу δ = 89,4 %, масова продуктивність роздавача підстилки – 0,5-3,7 т/год.

6. Дороблено конструкцію комбінованого устаткування з підготовки та внесення підстилки з роторно-пальцевим органом, бункером для одночасного подавання та внесення антисептику, з робочим органом для самозавантаження подрібненої підстилки – ковшем з гідравлічним приводом.

7. В результаті аналізу оплати праці робітників та всіх загальних витрат на експлуатацію розробленої машини для внесення солом'яної підстилки, було встановлено, що час, необхідний для повернення додаткових капітальних інвестицій, становить 1,73 роки, і річний економічний прибуток від внесених поліпшень становить 26063,88 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Реализация национального проекта «Развитие АПК». //Техника и оборудование для села. -2007. - №1.- С.10-12.

2. Кормановский Л.П. Некоторые аспекты инженерии и экологии в молочном животноводстве. // Кормановский Л.П., Ефективне тваринництво.- 2009.-№1.-С.10-12

3. Жовнір М. Солома обігріє села.// Жовнір М., Олійник Є., Чаплигін С. Зелена енергетика. -2000.-№5.- С.28-30

4. Відомчі норми технологічного проектування (ВНТП-АПК-01.05) Скотарські підприємства. К.-2005.- С.63-65

5. Мороз А. Универсальные электрифицированные машины для ферм. //Мороз А., Сарычев В. и др. С.х.-во России 1975. - №4

6. Тищенко М.А. Сергеев М.Ф. Разбрасыватели подстилки на фермах крупного рогатого скота. // Тищенко М.А., Сергеев М.Ф. Техника в сельском хозяйстве. 1982.- №10

7. Смоляр В.І. Досвід країн Європи з розвиненим молочним скотарством з облаштування корівників.// Молочное дело.-2006.-№9.-С.64-67

8. Мороз А. Универсальные электрифицированные машины для ферм. С.х.-во России / А. Мороз, В. Сарычев и др.: М. - 1975. - № 4.

9. Тищенко М. А. Разбрасыватели подстилки на фермах крупного рогатого скота. Техника в сельском хозяйстве / М. А. Тищенко, М.Ф. Сергеев.: М. - 1982. - № 10.

10. Шаршунов, В.А. Распределение подстилки в животноводческом помещении. Механизация и электрификация сельского хозяйства. // В.А Шаршунов, А.В. Зубарев, Н.Н. Королев // Сельский механизатор. - 1989. - № 5. - С. 16-17

11. Сухоруков В.В. Универсальный разбрасыватель подстилки. Тракторы и с.х. машины. //В.В.Сухоруков, А.А. Смолин, 1985. -№ 12.

12. Сухоруков В.В.Универсальный разбрасыватель подстилки /Сухоруков В.В., Смолин А.А. // Тракторы и с.х. машины.- 1985.- № 12. - 17-19.

13. Сухоруков В.В. Результаты исследований выбора рабочего органа разбрасывателя подстилки / В.В. Сухоруков, Н.А. Горбулина, И.И. Коломоец // Научно-технический бюллетень по механизации и электрификации сель. хоз-ва. - Запорожье: Коммунар, 1981. - Вып.16. -С.41-42.

14. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). ВНТП - АПК - 01.05. - К: 2005. - С. 64.

15. Использование отходов промышленности и сельского хозяйства в животноводстве / Г. Д. Гуменюк, А. М. Жадан. А. Н. Коробко. Н. Н. Задохин. – К. : Урожай, 1983. – 192 с.

16. Дегтерев С. В. Комплексная переработка отходов органического происхождения / С. В. Дегтерев, В. А. Горшков // Проблемы химии и экологии: тез. докл. обл. конф. молодых уч. и студ. – Пермь, 2000. – С. 45-47.

17. Методи оцінки екологічних втрат: монографія / За ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – С. 105-123. – 288 с. – ISBN 966-680-135-3.

18. Виробництво основних видів промислової продукції (щомісячна інформація) [Електронний ресурс]: статистична інформація [Табл.] / Державна служба статистики України // Офіційний сайт : Держстат України, 1998-2012. – Дата останньої модифікації: 19.04.2012. – Режим постійного доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/.

19. ГОСТ 23637-79. Сенаж. Техническиеусловия: /Введ. 012.05. - М.: Изд-во стандартов, 1979. -10 с.

20. Василенко П. М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. / П. М. Василенко П. М. – К.: Изд–во УАСХН, 1960.

21. Зуев В. А., Красников В. В. Вопросы теории вентилятора броскового типа. / В. А. Зуев, В. В. Красников // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1962. – № 5.

22. Демидов С.П. Теория упругости. – М., Высш. школа, 1970. - 432 с.

23. Василенко П. М. К методике составления дифференциальных уравнений движения частицы материала по фрикционным рабочим поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин: Республиканский межведомственный научно–технический сборник. – К.: Техника, 1973. – Вып. 3. – С. 37–51.

24. Власов М. М. Оптимізація параметрів шарнірних ножів роторного подрібнювача / М. М. Власов // Вісник сільськогосподарської науки. – 1997. – № 10. – С. 48 49.

25. Заика П. М. Моделирование материальной точкой процессов перемещения семенных смесей / П.М. Заика, Ю.И. Кросовицкий // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин: Республиканский межведомственный научно–технический сборник. – Вып. 21. – К.: Техника, 1991. – С. 36–40.

26. Кореневич Л. П. К теории движения растительных частиц по передней грани ножа / Тр. Белорус. ин-та механиз. сел.хоз–ва, 1989. – Вып. 12. –С .41–46.

27. Пискунов И.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов / Н С. Пискунов. – Т. 1.– М.: Наука, 1985. – 432 с.

28. Векуа Н.П. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений и приложения в механике / Н.П. Векуа. – М.: Наука, 1991. – 256 с.

29. Болтянский О. В. Совершенствование рабочего процесса и обоснование параметров отделителя–измельчителя машины для выгрузки стебельных кормов из траншей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.20.01 “Механизац. с.–х. производства” / О. В. Болтянский. – Мелитополь, 1993 г. – 16 с.

30. Кегельс Е.С. Начальный наклон траектории, максимизирующий дальность свободного полета в несопротивляющейся среде //Мех. и электр. соц. сел. хоз–ва. – 1969. – № 4. – С.20–22.

31. Болтянский Б. В. Обґрунтування процесу вивантаження силосу та параметрів кидального пило-гвинтового робочого органу позиційного

вивантажувача: дис...канд. техн. наук : Болтянский Борис Володимирович. – Мелітополь, 2000. – 160 с.

32. Никитин Е. М. Краткий курс теоретической механики / Е. М. Никитин – Главн. ред. физ.–мат. лит. изд–ва "Наука", 1971 – 400 с.

33. Теоретическая механика в примерах и задачах, т. II (динамика), Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. М., Наука – 1972. – 624 с. с илл.

34. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 276 с.

35. Закс Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. М. : Статистика, 1976. – 597 с.

36. Зажигаев Л. С., Китьян А. А., Романников Ю. И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. – М. : Атомиздат, 1978. – 232 с.

37. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1972. – 168 с.

38. ГОСТ 23729-88 Методы экономической оценки специализированных машин. Введ. 01.01.1988. – М. : Госкомитет СССР по стандартам, 1988. – 6 с.

39. Методы определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А. В. Шпилько. – М. : Минсельсозпрод РФ. Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, 1998.

40. ДСТУ 4397:2005 Методики економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с.

41. ГОСТ 23729-88 Методы экономической оценки специализированных машин. Введ. 01.01.1988. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1988.– 6 с.

42. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники (Приложение к ГОСТ 23728-23730.

Техникасельскохозяйственная. Методы экономической оценки). – М. : ЦНИИТЭИ, 1984. – 329 с.

43. Косачев Г. Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники. – М. : Колос, 1978. – 240 с., ил.

44. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. Посібн. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.

45. С.П. Сокол, Б.Г. Харченко. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОКР «Бакалавр» за напрямом підготовки 6.100102 і дипломних робіт ОКР «Магістр» за спеціальністю 8.10010203 «Механізація сільського господарства». –Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2015. - 44 с.