

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі великої
рогатої худоби з розробкою машини для внесення солом'яної
підстилки**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-4-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Стеблюк Денис Андрійович

Керівник: _____ Васильєв Дмитро Леонідович

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р

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

Стеблюку Денису Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою машини для внесення солом'яної підстилки

керівник проєкту Васильєв Дмитро Леонідович, д.т.н., с.н.с.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій видалення гною і внесення підстилки. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз технічних і технологічних рішень ферм ВРХ. 2. Проектування лінії видалення гною з глибокою солом'яною підстилкою. 3. Проектування машини для внесення солом'яної підстилки. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-

економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

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

1. План, розріз (A1). 2. Технологічна схема (A1). 3. Кресленик загального вигляду (A1). 4. Розкидач солом'яної підстилки. Складальне креслення (A1). 5. Вал. Складальне креслення (A3). 6. Труба (A4). 7. Цапфа права (A4). 8. Цапфа ліва (A4). 9. Корпус підшипника (A4). 10. Кришка підшипника (A4). 11. Пальці (A4). 12. Економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Васильєв Д.Л., доцент	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: «05» травня 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Стеблюк Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Васильєв Д.Л.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Стеблюк Д.А. Удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою машини для внесення солом'яної підстилки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі розглянуто сучасні технічні та технологічні рішення у тваринництві з обґрунтуванням ефективних систем утримання великої рогатої худоби. Проведено аналіз технологій прибирання гною та використання глибокої солом'яної підстилки. Розроблено та розраховано технологічну лінію видалення гною для ферми ВРХ, а також обґрунтовано конструкцію машини для внесення підстилкового матеріалу.

У роботі визначено параметри робочих органів машини, досліджено процес розподілу підстилки та обґрунтовано раціональні режими її внесення. Окрему увагу приділено питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту, яке підтвердило доцільність впровадження запропонованих рішень за рахунок зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності виробництва.

Ключові слова: велика рогата худоба, солом'яна підстилка, глибока підстилка, видалення гною, механізація тваринництва, розкидач підстилки, роторно-пальцевий робочий орган, кормороздавач, технологічна лінія, економічна ефективність, охорона праці.

Зміст

Вступ.....	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ФЕРМ ВРХ	10
1.1 Обґрунтування вибору технології утримання ВРХ.....	10
1.2 Огляд технологій і засобі механізації прибирання гною	14
1.3 Переваги і недоліки утримання ВРХ на глибокій солом'яній підстилці	19
1.4 Висновки до розділу.....	24
2 ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ З ГЛИБОКОЮ СОЛОМ'ЯНОЮ ПІДСТИЛКОЮ	26
2.1 Зоотехнічні особливості застосування підстилкових матеріалів у фермах ВРХ.....	26
2.2 Розрахунок технологічної лінії видалення гною	31
2.3 Технологічна система заготівлі, підготовки та розподілу солом'яної підстилки	35
2.4 Висновки до розділу.....	39
3 ПРОЄКТУВАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ.....	41
3.1 Огляд сучасних технічних засобів і технологічних рішень для внесення солом'яної підстилки	41
3.2 Обґрунтування конструктивно-технологічного рішення розподільника підстилкового матеріалу	46
3.3 Розрахунок параметрів робочого органу машини для внесення солом'яної підстилки	49
3.5 Висновки до розділу.....	54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА...	56
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	59
ВИСНОВКИ.....	62
БІБЛІОГРАФІЯ.....	64
Додатки.....	67

Вступ

Сучасний розвиток тваринництва, зокрема галузі скотарства, характеризується зростанням вимог до ефективності виробництва, підвищення продуктивності праці, покращення умов утримання тварин та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Важливу роль у цьому відіграє рівень механізації та автоматизації виробничих процесів на фермах великої рогатої худоби. Одними з найбільш трудомістких і технологічно складних процесів є видалення гною та забезпечення тварин підстилкою.

Гній, як побічний продукт тваринництва, потребує своєчасного і ефективного видалення з приміщень, оскільки його накопичення призводить до погіршення мікроклімату, підвищення вологості, концентрації шкідливих газів (аміаку, сірководню), що негативно впливає на здоров'я тварин, їх продуктивність та санітарний стан ферми. Крім того, нераціональна організація системи видалення гною спричиняє значні витрати праці та енергетичних ресурсів.

Не менш важливим фактором є використання підстилки, зокрема солом'яної, яка забезпечує комфортні умови утримання тварин, сприяє зниженню травматизму, поліпшенню гігієнічного стану та зменшенню втрат тепла. Водночас процес внесення підстилки часто виконується вручну або із застосуванням малоефективних засобів механізації, що призводить до підвищення трудомісткості та нерівномірного розподілу матеріалу.

У зв'язку з цим актуальним завданням є удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермах великої рогатої худоби з одночасною оптимізацією процесу внесення солом'яної підстилки. Комплексне вирішення цих питань дозволяє підвищити ефективність виробництва, знизити експлуатаційні витрати, покращити умови праці обслуговуючого персоналу та забезпечити відповідність сучасним зоотехнічним і екологічним вимогам.

Аналіз існуючих технологічних рішень показує, що на більшості ферм застосовуються різні системи видалення гною: скреперні установки, транспортери, гідравлічні та пневматичні системи. Кожна з них має свої переваги та недоліки, пов'язані з конструктивною складністю, енергоємністю, надійністю та умовами експлуатації. При цьому питання інтеграції процесів видалення гною та внесення підстилки в єдину технологічну систему часто залишається недостатньо опрацьованим.

Особливої уваги потребує механізація процесу внесення солом'яної підстилки. Сучасні технічні засоби не завжди забезпечують рівномірність розподілу матеріалу, економне його використання та зручність обслуговування. Тому розробка ефективної машини для внесення солом'яної підстилки є важливим напрямом підвищення рівня механізації тваринницьких ферм.

Метою роботи є удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби шляхом обґрунтування параметрів і режимів роботи обладнання, а також розробка конструкції машини для внесення солом'яної підстилки, яка забезпечить підвищення ефективності процесу та зниження витрат ресурсів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні **завдання**:

- провести аналіз технічних і технологічних рішень у тваринництві та обґрунтувати вибір ефективної технології утримання ВРХ;
- дослідити існуючі технології та засоби механізації видалення гною і визначити їх переваги та недоліки;
- спроектувати технологічну лінію видалення гною з глибокою солом'яною підстилкою;
- обґрунтувати та розробити конструктивно-технологічну схему машини для внесення солом'яної підстилки;
- виконати розрахунок параметрів робочого органу машини;

- проаналізувати умови охорони праці та заходи захисту навколишнього середовища;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованого проєкту..

Об’єктом дослідження є технологічні процеси видалення гною та внесення підстилки на фермах великої рогатої худоби.

Предметом дослідження є конструктивні та технологічні параметри обладнання для видалення гною та внесення солом’яної підстилки.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження удосконаленої технологічної лінії та розробленої машини на тваринницьких фермах, що сприятиме зниженню трудових і енергетичних витрат, підвищенню продуктивності праці та покращенню умов утримання тварин.

Таким чином, обрана тема є актуальною та має важливе значення для підвищення ефективності функціонування сучасних тваринницьких підприємств.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ФЕРМ ВРХ

1.1 Обґрунтування вибору технології утримання ВРХ

Ефективність функціонування сучасних підприємств молочного скотарства значною мірою визначається раціональним вибором технології утримання великої рогатої худоби. У галузі зосереджені значні матеріальні, трудові та енергетичні ресурси, а рівень їх використання безпосередньо залежить від прийнятих технологічних рішень щодо годівлі, утримання, відтворення стада та організації виробництва. Саме технологія утримання виступає базовим елементом, що формує умови реалізації генетичного потенціалу тварин, їх продуктивності та довговічності використання.

Розробка та впровадження технологій утримання худоби повинні здійснюватися з урахуванням біологічних особливостей тварин, їх фізіологічних потреб на різних етапах розвитку, а також економічної доцільності використання технічних засобів. Залучення машин і механізмів до виробничих процесів сприяє підвищенню продуктивності праці, проте одночасно зумовлює зростання енерго- та матеріалоємності виробництва. Тому важливим є забезпечення оптимального співвідношення між рівнем механізації та витратами ресурсів.

Технологія утримання тварин визначає обсяги капіталовкладень у будівництво, реконструкцію та обслуговування тваринницьких приміщень, а також впливає на витрати, пов'язані з відтворенням основних засобів виробництва. Водночас вона тісно пов'язана з організацією процесів годівлі, доїння, видалення гною та забезпечення підстилки. Вибір технології має враховувати необхідність створення оптимального мікроклімату, забезпечення достатнього рівня рухової активності тварин,

адаптації до природно-кліматичних умов та дотримання зоогігієнічних вимог.

У практиці молочного скотарства застосовують різні технології утримання великої рогатої худоби, які можна поділити на дві основні групи: прив'язне та безприв'язне утримання. Кожна з цих технологій має свої особливості, переваги та недоліки, що визначають доцільність їх використання в конкретних виробничих умовах.



Рисунок 1.1 – Класифікація технологій утримання ВРХ

Прив'язна технологія утримання. Прив'язне утримання передбачає розміщення тварин у індивідуальних стійлах із фіксацією їх положення за допомогою прив'язі. Така система тривалий час була домінуючою у вітчизняному скотарстві, особливо в господарствах із невеликим поголів'ям.

Основною перевагою прив'язного утримання є можливість індивідуального підходу до кожної тварини. Це дозволяє точно нормувати раціони годівлі, контролювати стан здоров'я, своєчасно виявляти захворювання та здійснювати ветеринарні заходи. Крім того, за

оптимальної організації виробництва можливе підвищення продуктивності корів та подовження строку їх господарського використання.

Разом з тим, прив'язна технологія має низку суттєвих недоліків. Насамперед це значна трудомісткість процесів обслуговування тварин, зокрема роздавання кормів, доїння, очищення приміщень від гною та організації виходу. Обмеження рухової активності тварин призводить до гіподинамії, що негативно впливає на їх фізіологічний стан, репродуктивну функцію та загальну продуктивність. Також у разі недотримання вимог до вентиляції та санітарного стану приміщень можливе погіршення мікроклімату, зростання вологості та концентрації шкідливих газів.

Залежно від умов господарювання застосовують різні варіанти прив'язного утримання: стійлове, стійлово-табірне, стійлово-пасовищне, пасовищно-стійлове та пасовищне. Комбінування цих технологій дозволяє більш ефективно використовувати кормову базу та природні ресурси, однак потребує відповідної організації виробничих процесів.

Безприв'язна технологія утримання. Сучасні тенденції розвитку молочного скотарства орієнтовані на впровадження безприв'язних технологій утримання тварин. Вони базуються на вільному переміщенні худоби у межах виробничих приміщень або виходно-кормових майданчиків і передбачають високий рівень механізації та автоматизації виробничих процесів.

Перевагами безприв'язного утримання є створення більш природних умов для життєдіяльності тварин, підвищення їх рухової активності, покращення фізіологічного стану та зростання продуктивності праці. Така система дозволяє обслуговувати більшу кількість тварин одним працівником, що сприяє зниженню витрат на оплату праці та підвищенню економічної ефективності виробництва.

Водночас безприв'язне утримання потребує високого рівня організації виробництва, зокрема формування однорідних груп тварин за віком, продуктивністю та фізіологічним станом. Ускладнюється

індивідуальний контроль за станом кожної корови, що вимагає підвищеної уваги з боку персоналу. Крім того, спостерігається певне збільшення витрат кормів у зв'язку з підвищеною руховою активністю тварин.

Безприв'язно-боксова технологія як перспективний напрям.

Найбільш прогресивною та економічно обґрунтованою вважається безприв'язно-боксова технологія утримання, яка поєднує переваги вільного утримання з можливістю забезпечення комфортних умов відпочинку тварин. Вона передбачає використання індивідуальних боксів для лежання, зон годівлі та спеціалізованих доїльних залів.

Застосування цієї технології дозволяє значно знизити трудомісткість виробничих процесів, підвищити рівень механізації, покращити санітарно-гігієнічні умови утримання та забезпечити ефективне використання площі приміщень. Крім того, вона сприяє впровадженню потоково-фазової організації виробництва молока.

Разом з тим, впровадження безприв'язно-боксової технології потребує значних початкових інвестицій у будівництво та обладнання, що може бути обмежуючим фактором для окремих господарств.

Вплив технології утримання на організацію виробничих процесів

Обрана технологія утримання визначає особливості організації основних виробничих процесів, зокрема годівлі, доїння, видалення гною та внесення підстилки. Наприклад, при прив'язному утриманні широко використовуються стаціонарні та мобільні кормороздавачі, транспортери для видалення гною, індивідуальні напувалки. У безприв'язних системах застосовують більш потужні механізовані комплекси, включаючи доїльні зали, скреперні установки та автоматизовані системи управління.

Особливе значення має організація процесу видалення гною, який безпосередньо впливає на санітарний стан приміщень і умови утримання тварин. Вибір технології утримання визначає тип системи гноєвидалення (скреперна, транспортерна, самопливна тощо), її продуктивність та енергоємність.

Не менш важливим є питання використання підстилки, яка забезпечує комфортні умови для відпочинку тварин, сприяє підтриманню чистоти та зменшує ризик виникнення захворювань. У сучасних технологіях значна увага приділяється механізації процесів внесення підстилки, що дозволяє знизити трудові витрати та підвищити рівномірність її розподілу.

Обґрунтування вибору технології. Вибір оптимальної технології утримання великої рогатої худоби залежить від комплексу факторів, серед яких основними є: розміри та спеціалізація господарства, наявність кормової бази, природно-кліматичні умови, рівень матеріально-технічного забезпечення, фінансові можливості та перспективи розвитку підприємства.

Аналіз сучасних тенденцій свідчить, що найбільш ефективними є технології безприв'язного та безприв'язно-боксового утримання, які забезпечують високий рівень механізації, зниження трудових витрат та підвищення продуктивності праці. Водночас у господарствах із обмеженими ресурсами або за наявності застарілих приміщень може бути доцільним використання модернізованих варіантів прив'язного утримання.

З урахуванням вимог до підвищення ефективності виробництва, покращення умов утримання тварин та забезпечення можливості впровадження сучасних технічних засобів, доцільним є перехід до безприв'язно-боксової технології утримання з високим рівнем механізації основних виробничих процесів.

1.2 Огляд технологій і засобі механізації прибирання гною

Одним із ключових технологічних процесів у молочному скотарстві є своєчасне та ефективне видалення гною з тваринницьких приміщень. Від організації цього процесу значною мірою залежать санітарно-гігієнічні умови утримання тварин, мікроклімат у корівниках, рівень продуктивності

худоби, а також екологічна безпека виробництва. У сучасних умовах розвитку галузі особлива увага приділяється впровадженню механізованих та автоматизованих систем гноєвидалення, які дозволяють знизити трудомісткість і підвищити ефективність виробництва.

Класифікація систем видалення гною. На фермах великої рогатої худоби застосовують різні технології прибирання гною, які можна умовно поділити на три основні групи:

- механічні системи;
- гідравлічні системи;
- комбіновані системи.

Кожна з цих груп має свої конструктивні особливості, сферу застосування та техніко-економічні показники.

Механічні системи гноєвидалення. До механічних систем належать скреперні установки, транспортери, а також мобільні засоби (бульдозери, навантажувачі). Найбільш поширеними в умовах безприв'язного утримання є скреперні установки, які забезпечують періодичне очищення гнойових проходів.

Скреперні системи працюють за принципом переміщення гною вздовж проходу за допомогою спеціальних скребоків. Як правило, використовують дельта-подібні скребки, обладнані гумовими крайками для більш ефективного очищення поверхні. Робочий орган приводиться в рух тяговим елементом (тросом або ланцюгом), який намотується на барабан. Привід здійснюється від електродвигуна через редуктор.

Особливістю роботи таких установок є їх циклічний режим: очищення проходів виконується через певні проміжки часу залежно від інтенсивності накопичення гною. Це дозволяє підтримувати відносно чистий стан приміщення при невеликих витратах енергії.

Перевагами механічних систем є:

- відносна простота конструкції;
- надійність роботи;

- можливість використання у різних типах приміщень;
- невисока вартість впровадження.

До недоліків належать:

- неповне очищення поверхні;
- необхідність регулярного технічного обслуговування;
- зношування тягових елементів;
- накопичення залишків гною між циклами очищення.

Мобільні засоби прибирання гною. У сучасних господарствах поряд зі стаціонарними системами широко застосовують мобільні енергетичні засоби, зокрема міні-навантажувачі типу Bobcat або трактори з навісним обладнанням. Вони оснащуються бульдозерними відвалами або спеціальними скребками та використовуються для очищення гнойових проходів, переддільних майданчиків і допоміжних приміщень.

Перевагою мобільних засобів є їх універсальність і можливість виконання різних технологічних операцій. Вони не потребують складної інфраструктури та можуть використовуватися в умовах реконструйованих або застарілих ферм.

Разом з тим, їх застосування має певні обмеження:

- залежність від людського фактора;
- нерівномірність очищення;
- додаткові витрати палива;
- необхідність організації руху техніки у приміщеннях.

Гідравлічні системи гноєвидалення. Гідравлічні системи передбачають транспортування гною за допомогою потоку рідини. Найчастіше вони використовуються у поєднанні зі щілинними підлогами, під якими розміщуються канали для збору гною.

Суть роботи таких систем полягає в тому, що гній через щілини підлоги потрапляє у підпідлогові канали, звідки транспортується потоком води до гноєсховища або на подальшу переробку. Для змивання можуть використовувати як чисту воду, так і технічну рідину, отриману після

переробки гною.

Основними перевагами гідравлічних систем є:

- високий рівень санітарії;
- відсутність накопичення гною у проходах;
- зменшення ручної праці;
- можливість інтеграції з системами переробки відходів.

До недоліків можна віднести:

- значні витрати води;
- необхідність герметичних каналів;
- складність експлуатації;
- залежність від температурних умов (ризик замерзання).

Комбіновані системи. На практиці все частіше застосовують комбіновані системи, які поєднують механічні та гідравлічні способи. Наприклад, у корівниках гній спочатку переміщується скреперними установками до спеціальних отворів у підлозі, після чого потрапляє у канали з гідрозмивом.

Такий підхід дозволяє поєднати переваги різних систем:

- зменшити обсяги водоспоживання;
- підвищити ефективність очищення;
- забезпечити кращий санітарний стан приміщень.

Прикладом ефективної реалізації комбінованої системи є сучасні молочно-товарні ферми, де використовують одночасно скреперні установки, мобільну техніку та гідрозмив.

Роботизовані системи очищення. Останніми роками активно впроваджуються автоматизовані та роботизовані системи прибирання гною. Одним із таких рішень є автономні роботи-скрепери, які здійснюють очищення проходів без участі оператора.

Такі роботи оснащені електроприводом, системами навігації та сенсорами, що дозволяють їм рухатися заданим маршрутом, обходити перешкоди та підтримувати постійний рівень чистоти. Деякі моделі

додатково обладнані системами зволоження підлоги для підвищення ефективності очищення.

Переваги роботизованих систем:

- повна автоматизація процесу;
- регулярне очищення без накопичення гною;
- зниження витрат праці;
- підвищення гігієнічного рівня.

Недоліки:

- висока вартість обладнання;
- потреба у кваліфікованому обслуговуванні;
- залежність від енергопостачання.

Взаємозв'язок систем гноєвидалення з технологією утримання.

Вибір способу прибирання гною безпосередньо залежить від технології утримання тварин. При прив'язному утриманні частіше використовують транспортерні системи, тоді як при безприв'язному — скреперні або комбіновані.

Особливу роль відіграє тип підлоги (суцільна або щілинна), який визначає можливість застосування гідравлічних систем. Крім того, важливим є тип підстилки: наприклад, використання піску потребує спеціальних технічних рішень, оскільки він ускладнює роботу транспортерів і насосів.

Аналіз існуючих технологій і засобів механізації прибирання гною показує, що універсального рішення не існує. Вибір конкретної системи повинен здійснюватися з урахуванням:

- типу утримання тварин;
- розмірів ферми;
- конструкції приміщень;
- виду підстилки;
- економічних можливостей господарства.

Найбільш перспективними є комбіновані та автоматизовані системи,

які забезпечують високий рівень санітарії, зниження трудових витрат і можливість інтеграції у сучасні технологічні лінії. Саме такі рішення доцільно використовувати при проектуванні та модернізації тваринницьких ферм.

1.3 Переваги і недоліки утримання ВРХ на глибокій солом'яній підстилці

Одним із перспективних напрямів удосконалення технологій утримання великої рогатої худоби є використання систем на глибокій незмінній підстилці, зокрема солом'яній. Така технологія широко застосовується у країнах із розвиненим молочним скотарством завдяки своїй простоті, енергоефективності та відповідності біологічним потребам тварин. В умовах України вона також має значний потенціал, враховуючи наявність значних обсягів побічної продукції рослинництва, передусім соломи.

Щорічно в Україні утворюються десятки мільйонів тонн соломи, проте значна її частина не використовується раціонально — ні як корм, ні як підстилка. Це створює передумови для ширшого впровадження підстилкових технологій утримання тварин, які дозволяють не лише ефективно утилізувати рослинні залишки, але й покращити умови утримання худоби.

Характеристика глибокої підстилки як технологічного елементу. Солом'яна підстилка є одним із найпоширеніших і найбільш ефективних матеріалів для створення комфортного середовища у тваринницьких приміщеннях. Вона характеризується високою вологопоглинальною здатністю: один кілограм соломи може утримувати до 3–4 кг рідини. Особливо ефективною є подрібнена солома, яка здатна поглинати до 350–400 % вологи від власної маси.

Крім того, солома має здатність адсорбувати шкідливі гази, зокрема

аміак і сірководень, що утворюються в процесі життєдіяльності тварин. Це сприяє покращенню мікроклімату у приміщенні та зниженню негативного впливу на організм худоби.

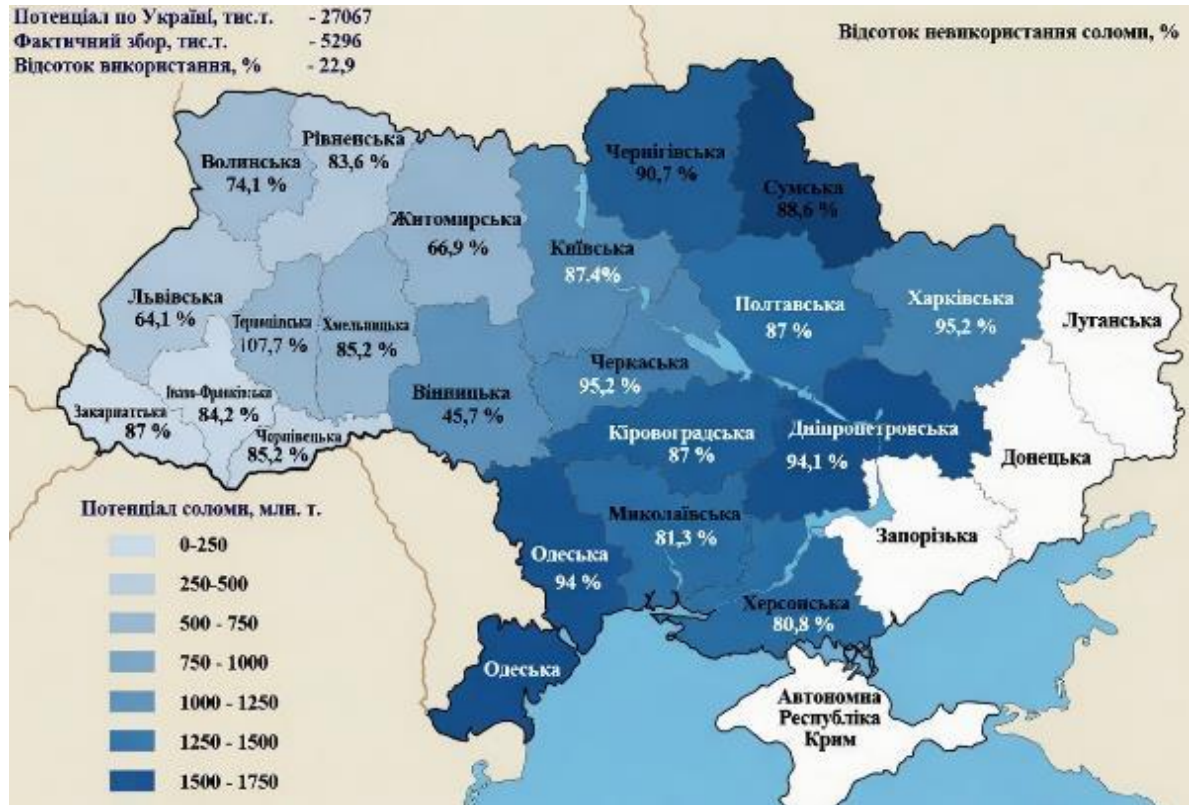


Рисунок 1.2 – Збирання соломи в Україні

Важливою властивістю підстилки є її теплоізоляційна здатність. Використання глибокої підстилки дозволяє зменшити тепловтрати тварин через підлогу на 10–15 %, що особливо актуально в холодний період року. Біотермічні процеси, які відбуваються у шарі підстилки, супроводжуються виділенням тепла, що додатково покращує умови утримання.

Переваги утримання на глибокій підстилці. Однією з головних переваг цієї технології є створення комфортного середовища для тварин. М'яка та суха поверхня забезпечує зручні умови для відпочинку, зменшує ризик травмування кінцівок і сприяє покращенню загального фізіологічного стану худоби.

Встановлено, що утримання тварин на якісній підстилці позитивно

Недоліки та обмеження технології. Попри численні переваги, утримання тварин на глибокій підстилці має і певні недоліки, які необхідно враховувати при виборі технології.

Одним із основних є значна потреба у підстилковому матеріалі. Для забезпечення належного санітарного стану необхідно регулярно додавати соломі – у середньому 5–7 кг на одну голову на добу. Це призводить до поступового збільшення товщини підстилкового шару та ускладнює організацію технологічних процесів.

Зі збільшенням шару підстилки змінюється рівень поверхні, на якій перебувають тварини. Це може створювати проблеми при організації годівлі, оскільки висота кормового столу залишається сталою. У результаті через певний час тваринам стає незручно споживати корм.

Іншою проблемою є утворення зон підвищеного забруднення, особливо поблизу місць годівлі. У цих зонах підстилка швидко зволожується та втрачає свої гігієнічні властивості, що потребує додаткових витрат матеріалу та праці.

Також існує ризик потрапляння вологи ззовні (опаді, тала вода) у підстилкову зону, особливо при наявності відкритих вигульних майданчиків. Це може призводити до надмірного зволоження підстилки та погіршення умов утримання.

Особливості різних варіантів планування приміщень. Ефективність використання глибокої підстилки значною мірою залежить від конструктивного рішення тваринницького приміщення.

У першому варіанті кормовий стіл розташовується безпосередньо у зоні підстилки. Це спрощує конструкцію приміщення, але створює проблеми, пов'язані з інтенсивним забрудненням та нерівномірним зношуванням підстилки. Крім того, у процесі експлуатації виникає необхідність регулювання висоти кормового столу.

Другий варіант передбачає виділення окремого кормогнойового

проходу. Це дозволяє зменшити забруднення зони відпочинку, однак потребує додаткових витрат на будівництво та експлуатацію. Також ускладнюється організація руху тварин і техніки.

Найбільш ефективним вважається третій варіант, який передбачає поєднання кормового столу та гнойового проходу. У цьому випадку тварини отримують корм із годівниць, а зона підстилки використовується виключно для відпочинку. Це дозволяє:

- зменшити забруднення підстилки;
- спростити прибирання гною;
- підвищити ефективність використання матеріалів;
- покращити умови утримання тварин.

Однак така схема потребує регулярного очищення кормових зон і більш чіткої організації технологічних процесів.

Вплив технології на здоров'я і продуктивність тварин. Стан підстилки безпосередньо впливає на здоров'я тварин. Суха і чиста підстилка сприяє зменшенню захворюваності, тоді як волога і забруднена може призводити до суттєвих втрат продуктивності.

Доведено, що незадовільні умови утримання можуть спричиняти:

- зниження продуктивності на 20–30 %;
- збільшення витрат кормів;
- підвищення захворюваності;
- погіршення відтворної здатності тварин.

Особливо важливим є дотримання технології при вирощуванні молодняку, де використання глибокої підстилки дозволяє значно знизити рівень захворюваності та підвищити збереженість поголів'я.

Таким чином, технологія утримання великої рогатої худоби на глибокій підстилці має значні переваги з точки зору біологічного комфорту тварин, енергоефективності та екологічності. Вона дозволяє спростити технологічні процеси, знизити витрати та підвищити ефективність виробництва.

Водночас її застосування потребує ретельного обґрунтування з урахуванням забезпеченості підстилковими матеріалами, конструктивних особливостей приміщень та рівня організації виробництва. Особливу увагу слід приділяти механізації процесів внесення підстилки, що є важливим резервом підвищення ефективності цієї технології.

Отже, за умови належної організації та технічного забезпечення утримання на глибокій підстилці може бути ефективною альтернативою традиційним системам і має значний потенціал для впровадження у сучасному тваринництві.

1.4 Висновки до розділу

Проведений аналіз технічних і технологічних рішень у тваринництві показав, що ефективність функціонування сучасних ферм значною мірою визначається обраною технологією утримання тварин та рівнем механізації виробничих процесів. Встановлено, що прив'язне утримання, попри можливість індивідуального контролю, характеризується високою трудомісткістю та обмеженням рухової активності тварин, тоді як безприв'язні системи забезпечують підвищення продуктивності праці, покращення фізіологічного стану худоби та створюють передумови для впровадження сучасних механізованих і автоматизованих рішень.

Аналіз систем видалення гною засвідчив, що найбільш поширеними є механічні, гідравлічні та комбіновані технології, кожна з яких має свої переваги та обмеження. Найбільш перспективними є комбіновані та автоматизовані системи, які забезпечують належний санітарно-гігієнічний стан приміщень, зниження трудових витрат і можливість інтеграції у сучасні виробничі лінії.

Дослідження технології утримання ВРХ на глибокій підстилці показало її значні переваги, зокрема покращення умов утримання тварин, зниження захворюваності, енергоефективність та спрощення систем

гноєвидалення. Водночас встановлено, що її ефективність залежить від забезпеченості підстилковими матеріалами, правильної організації технологічних процесів і конструктивних рішень приміщень.

Узагальнюючи результати аналізу, можна зробити висновок, що найбільш доцільним напрямом розвитку є впровадження безприв'язних технологій утримання з високим рівнем механізації, зокрема із застосуванням глибокої підстилки та ефективних систем видалення гною. Це забезпечує підвищення продуктивності тварин, зниження витрат праці та покращення економічних показників функціонування тваринницьких підприємств.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЇ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ З ГЛИБОКОЮ СОЛОМ'ЯНОЮ ПІДСТИЛКОЮ

2.1 Зоотехнічні особливості застосування підстилкових матеріалів у фермах ВРХ

Застосування підстилкових матеріалів у тваринництві є важливим елементом забезпечення комфортних умов утримання великої рогатої худоби, оскільки безпосередньо впливає на фізіологічний стан тварин, їх продуктивність і ветеринарно-санітарні показники виробництва. Особливе місце серед підстилкових матеріалів займає солома, яка завдяки своїм фізико-механічним і біологічним властивостям широко використовується на молочних і м'ясних фермах.

Переваги використання соломи як підстилки. Застосування солом'яної підстилки забезпечує низку позитивних технологічних ефектів, серед яких слід виділити:

- зниження тепловтрат організму тварин приблизно на 12–14 %, що особливо важливо в холодний період року;
- зменшення частоти захворювань органів дихання (зокрема пневмоній) на 25–30 %;
- підвищення рівня молочної продуктивності корів на 10–15 %;
- скорочення витрат кормів у середньому до 20–23 %;
- зменшення випадків маститу у дійних корів;
- високу здатність до поглинання вологи (1 кг соломи може абсорбувати 3–4 кг рідини);
- ефективне поглинання аміаку, сірководню та інших шкідливих газів, що покращує мікроклімат у приміщенні.

З огляду на ці властивості, солома вважається одним із найбільш ефективних і доступних природних підстилкових матеріалів.



Рисунок 2.1 – Способи використання соломи

Недоліки та обмеження використання соломи. Попри значну кількість переваг, використання соломи як підстилки супроводжується певними технологічними недоліками. Основним із них є підвищення запиленості повітря в тваринницьких приміщеннях під час її внесення та розподілу. Пил може довго утримуватися в повітрі, що підвищує ризик поширення інфекційних агентів.

Зокрема, встановлено, що пилова інфекція може зберігатися в повітрі до 4–5 годин, тоді як крапельна інфекція – від 5–6 годин до кількох діб (до 3 діб), що негативно впливає на епізоотичну ситуацію у стаді.

Вимоги до якості підстилки. Підстилка для великої рогатої худоби повинна забезпечувати формування сухого, м'якого та гігієнічного місця відпочинку тварин. До неї висуваються такі основні вимоги:

- достатня вологопоглинальна здатність і теплоізоляційні властивості;
- здатність поглинати та частково нейтралізувати газоподібні домішки;
- бактерицидні властивості, що стримують розвиток мікрофлори;
- відсутність механічних домішок, плісняви та токсичних включень;
- відсутність прилипання до шкіри та волосяного покриву тварин.

Найбільш якісною вважається солома озимих злакових культур, яка має кращі структурні та санітарні характеристики.

Норми внесення солом'яної підстилки. Дослідження, проведені в наукових установах, показують, що оптимальні норми внесення соломи залежать від сезону. У середньому витрати становлять близько 4–6 кг на голову у теплий період та 7–8 кг у зимовий період. Зміна норм внесення безпосередньо впливає на мікроклімат у зоні відпочинку тварин, зокрема на температурний режим підстилкового шару.

Технологічні вимоги до внесення підстилки. При механізованому або напівавтоматизованому внесенні соломи необхідно дотримуватися таких технологічних параметрів:

- використання сухої та попередньо подрібненої соломи;
- довжина часток повинна становити 6–15 см;
- вологість матеріалу не повинна перевищувати 14–16 %;
- рівень запиленості повітря в корівниках має бути обмежений: у холодний період року $-0,8-1,0$ мг/м³; у теплий період $-1,2-1,5$ мг/м³.

Зоотехнічні вимоги до підстилки. З позицій зоотехнії підстилка повинна забезпечувати:

- формування м'якої та чистої поверхні відпочинку;
- відсутність надлишкової вологи у верхньому та глибинному шарах;
- підтримання комфортної температури в зоні лежання (приблизно $+8...+10$ °C у зимовий період);
- високі показники вологопоглинання, теплоємності та санітарної безпечності.

Нормативні параметри використання підстилки. Згідно з відомчими нормами технологічного проєктування для скотарських підприємств, норми витрат соломи залежать від способу утримання тварин і періодичності її заміни. При безприв'язному утриманні в боксах

підстилку зазвичай змінюють один раз на 10 діб, тоді як при утриманні на глибокій підстилці – один раз на рік або за необхідності.

Первісний шар підстилки може становити від 5 до 50 см залежно від технології утримання. Добова потреба коливається від 0,5 до 5 кг на голову залежно від виробничої групи тварин (дійні корови, молодняк, телята).



Рисунок 2.2 – Проблеми запиленості повітря

Фізико-технічні властивості соломи. Солома як матеріал характеризується низкою важливих фізичних параметрів, що визначають її придатність для механізованого використання. Зокрема, об'ємна маса варіює від 20 до 130 кг/м³ залежно від ступеня подрібнення та способу пакування (ворох, різана маса, тюки). Довжина часток у подрібненому стані зазвичай становить 3–6 см, що є оптимальним для рівномірного розподілу.

Також солома має різну енергетичну щільність, яка залежить від форми зберігання: найвищі показники спостерігаються у пресованих тюках.



Рисунок 2.3 – Норми внесення солом'яної підстилки

Узагальнення та перспективи використання. Аналіз ресурсного потенціалу свідчить, що в Україні наявні достатні обсяги соломи для повного забезпечення потреб тваринницьких підприємств у підстилці. Це робить її економічно доцільним і доступним матеріалом. Водночас результати досліджень підтверджують, що солома відповідає основним зоотехнічним вимогам і має переваги над більшістю альтернативних матеріалів.

Разом із тим ключовою технологічною проблемою залишається підвищена запиленість повітря під час механізованого внесення підстилки, що потребує подальших інженерних рішень. У зв'язку з цим актуальним є розроблення спеціалізованих технічних засобів для подрібнення, транспортування та рівномірного внесення соломи з мінімізацією утворення пилу та покращенням санітарно-гігієнічних умов у тваринницьких приміщеннях.

2.2 Розрахунок технологічної лінії видалення гною

Проектування технологічної лінії видалення гною на молочно-товарній фермі є важливою складовою інженерного забезпечення виробництва, оскільки безпосередньо впливає на санітарно-гігієнічний стан приміщень, продуктивність тварин, екологічну безпеку та ефективність використання трудових і енергетичних ресурсів. Для умов реконструкції корівника на 200 голів великої рогатої худоби при безприв'язному утриманні на глибокій підстилці (солома) з годівлею на кормовому столі та доїнням у доїльному залі, найбільш доцільною є система періодичного механізованого видалення підстилкового гною із застосуванням бульдозерного обладнання.

Глибока підстилка передбачає накопичення суміші гною та підстилкового матеріалу протягом певного періоду (зазвичай від 1 до 3 місяців або до 1–3 разів на рік повного очищення), при цьому в нижніх шарах відбуваються біотермічні процеси, що сприяють частковому знезараженню маси. У верхній зоні формується більш сухий шар, тоді як нижні шари мають підвищену вологість. В середньому вологість такого гною коливається в межах 65–80 %, що відносить його до категорії твердого підстилкового гною, придатного для механічного видалення бульдозером або фронтальним навантажувачем.

Розрахунок технологічної лінії починають із визначення добового виходу гною на одну тварину. Відповідно до зоотехнічних нормативів, залежно від продуктивності корів, добовий вихід калу та сечі, а також витрати підстилки можуть бути прийняті на рівні: кал – 35–43 кг/добу, сеча – 20–27 кг/добу, підстилка – 2,5–4,5 кг/добу. Для умов середньої продуктивності (приблизно 6000–7000 кг молока на рік) доцільно прийняти: кал – 38 кг, сеча – 22 кг, підстилка – 3,5 кг на голову за добу.

Тоді загальна маса гною від однієї тварини за добу становить:

$$g = 38 + 22 + 3,5 = 63,5 \text{ кг/добу.}$$

Для ферми з поголів'ям 200 корів добовий вихід гною становитиме:

$$G_{\text{доб}} = 63,5 \times 200 = 12\,700 \text{ кг} \approx 12,7 \text{ т/добу}.$$

Однак у системі глибокої підстилки гній не видаляється щоденно, а накопичується впродовж певного періоду. Якщо прийняти періодичність повного очищення 60 діб (2 місяці), то загальна маса накопиченого гною в одному циклі становитиме:

$$G_{\text{ц}} = 12,7 \times 60 = 762 \text{ т}.$$

Ця величина є основною для подальшого підбору технічних засобів та визначення параметрів роботи бульдозерної лінії.

Корівник шириною 21 м зазвичай має дворядне або чотирирядне розміщення зон утримання з центральним або боковим кормовим столом. Для безприв'язного утримання на глибокій підстилці основна робоча зона бульдозера включає всю площу лежаків та проходів. Виходячи з нормативної площі на одну корову 8–10 м², орієнтовна площа на 200 корів становить:

$$F \approx 200 \times 9 = 1800 \text{ м}^2.$$

При ширині будівлі 21 м розрахункова довжина корівника становить:

$$L = 1800 / 21 \approx 85,7 \text{ м}.$$

Таким чином, робоча зона бульдозера має параметри приблизно 21 × 86 м.

Технологічна операція видалення гною включає такі етапи: згрібання підстилкової маси з усього площового фронту, переміщення її до торцевої частини корівника, формування валів та завантаження у транспортні засоби або безпосереднє вивезення у гноєсховище. При цьому бульдозер працює циклічно, здійснюючи поздовжні проходи вздовж будівлі.

Продуктивність бульдозерного агрегату залежить від ширини відвалу, швидкості руху, коефіцієнта заповнення та умов роботи. Для умов тваринницького приміщення приймають середню робочу швидкість 2–4 км/год (0,6–1,1 м/с) та ефективну ширину захвату 2,0–2,5 м.

Орієнтовна теоретична продуктивність бульдозера може бути визначена як:

$$Q = 3600 \times F_z \times v \times k,$$

де F_z – площа захвату ($\approx 2,2 \text{ м}^2$), v – швидкість руху ($\approx 0,8 \text{ м/с}$), k – коефіцієнт використання (0,6–0,7).

Приймаючи середні значення, отримаємо:

$$Q \approx 3600 \times 2,2 \times 0,8 \times 0,65 \approx 4120 \text{ кг/год} \approx 4,1 \text{ т/год.}$$

З урахуванням ущільнення та складності переміщення підстилкового шару в реальних умовах доцільно прийняти розрахункову продуктивність на рівні 3,5–4,0 т/год.

Тоді тривалість одного циклу повного очищення корівника становитиме:

$$T = G_{\text{ц}} / Q = 762 / 3,8 \approx 200 \text{ год.}$$

Однак ця величина не означає безперервної роботи, оскільки очищення здійснюється поетапно. Реально технологічний процес організовується за 8–12 змін, тобто 3–5 діб роботи бульдозера з перервами.

Для оптимізації процесу доцільно передбачити проміжне формування валів із подальшим завантаженням у транспортні засоби фронтальним навантажувачем. Це зменшує час простою та підвищує ефективність використання техніки.

Місткість транспортних засобів (наприклад, причепів 5–7 т) дозволяє визначити кількість рейсів:

$$n_p = 762 / 5 \approx 152 \text{ рейси за цикл.}$$

При вантажопідйомності 5 т і 8-годинному робочому дні один агрегат може виконувати 6–10 рейсів, отже загальна тривалість вивезення становитиме 15–25 діб паралельно з бульдозерним згрібанням.

Особливістю системи глибокої підстилки є те, що часткове ущільнення та біотермічний розігрів зменшують об'єм маси приблизно на 20–30 %, тому фактична маса для транспортування може бути скоригована:

$$G_{\text{ф}} \approx 0,75 \times 762 \approx 571 \text{ т.}$$

Це суттєво знижує навантаження на транспортну лінію.

Кількість необхідних бульдозерних агрегатів визначається з урахуванням часу, відведеного на прибирання. Якщо прийняти, що повне очищення виконується за 4 доби при 8-годинному режимі, загальний фонд часу становить 32 години. Тоді необхідна кількість машин:

$$n = T_{\text{заг}} / T_{\text{еф}},$$

де $T_{\text{заг}} \approx 200$ год, $T_{\text{еф}} \approx 32$ год,

$$n \approx 6,25.$$

Отже, теоретично потрібно до 6 одиниць, однак з урахуванням поетапності та реальної організації робіт достатньо 1–2 бульдозерів (основний і резервний фронтальний навантажувач), оскільки процес розтягується в часі і виконується частинами.

Важливо також врахувати організаційні параметри: гнойова зона повинна мати тверде бетонне покриття з ухилом 1,5–3 % у бік збирання, що забезпечує зручність переміщення маси. Ширина робочих проходів для техніки має становити не менше 3–3,5 м, що дозволяє безперешкодний прохід бульдозера.

З екологічної точки зору система з глибокою підстилкою та періодичним видаленням є ефективною, оскільки зменшує витрати води, виключає гідравлічні стоки та дозволяє отримувати стабільний органічний добривний продукт. Після видалення гній транспортується у гноєсховище буртового типу, де проходить дозрівання протягом 3–6 місяців.

Таким чином, розроблена технологічна лінія видалення гною для корівника на 200 голів при безприв'язному утриманні на глибокій підстилці базується на періодичному механізованому згрібанні бульдозером із подальшим навантаженням та транспортуванням у місця зберігання. Основними розрахунковими параметрами є добовий вихід гною 12,7 т, цикл накопичення 60 діб, сумарна маса 762 т, розрахункова продуктивність бульдозера 3,5–4,0 т/год та організація видалення в межах

3–5 діб на цикл. Це забезпечує раціональне поєднання механізації, трудових витрат і технологічної ефективності системи утримання великої рогатої худоби.

2.3 Технологічна система заготівлі, підготовки та розподілу солом'яної підстилки

Організація технології підготовки солом'яної підстилки на фермах великої рогатої худоби включає комплекс операцій, що охоплюють її заготівлю, транспортування, зберігання, подрібнення та подальше внесення у тваринницькі приміщення. Ефективність цього процесу значною мірою визначає санітарно-гігієнічний стан корівників, мікроклімат у зонах відпочинку тварин і загальну продуктивність стада.

Вимоги до солом'яної маси під час зберігання та підготовки. До соломи як підстилкового матеріалу висуваються чіткі технологічні вимоги, які забезпечують її якісне використання в системі утримання тварин:

- виключення впливу атмосферних опадів під час подрібнення, навантаження та транспортування;
- подача у роздавач підстилки у вже подрібненому вигляді;
- довжина фракцій подрібненої соломи повинна становити 6–15 см;
- об'ємна щільність підготовленої маси – близько 55 кг/м³.

Солома, як правило, подрібнюється безпосередньо у зернозбиральних комбайнах під час збирання врожаю, після чого завантажується у самоскидні причеми та транспортується до місць тимчасового або тривалого зберігання у вигляді скірт або тюків.

Організація зберігання соломи. Солому доцільно закладати на зберігання лише за вологості не вище 17 %, оскільки перевищення цього показника призводить до розвитку плісняви, втрати поживних і фізичних властивостей та появи неприємного запаху.



Рисунок 2.4 – Перевезення соломи до приміщення для утримання ВРХ

Формування скирт здійснюють із урахуванням мінімізації відношення площі поверхні до об'єму маси, що зменшує втрати та підвищує збереженість матеріалу. Для зниження впливу вологи та опадів висоту скирти доцільно збільшувати, а її орієнтацію виконувати вздовж переважаючих вітрів у регіоні.

Для південних регіонів України типовими параметрами скирт є: ширина 4,5–5,0 м, висота 6,0–6,5 м, довжина 25–30 м. У виробничих умовах господарств можливе формування більших скирт – шириною 8–10 м, висотою 6–7 м і довжиною 40–70 м.

З метою дотримання пожежної безпеки між окремими скиртами необхідно забезпечувати розриви не менше 30–40 м.

Альтернативні способи зберігання. Сучасні технології передбачають також пресування соломи у тюки циліндричної або прямокутної форми. При цьому допускається попереднє подрібнення маси для полегшення подальшого використання у вигляді підстилки.

Способи зберігання соломи за економічною ефективністю можна розташувати у такій послідовності: закриті склади → навіси → укриття брезентом → полімерна плівка → відкритий майданчик. При цьому якість соломи поступово знижується від першого до останнього варіанту через вплив вологи та атмосферних факторів.

Вплив умов зберігання на якість. Зберігання на відкритих майданчиках призводить до часткового зволоження та псування значної частини соломи, що потребує додаткових витрат на її підсушування. Використання плівкових укриттів є обмеженим у районах із сильними вітрами через ризик пошкодження покриття.

Навісні системи є більш поширеними, однак навіть за їх використання вологість зовнішнього шару (до 0,5 м) може підвищуватися до 20–25 %, що негативно впливає на якість матеріалу. Тому важливим є забезпечення достатніх звисів покрівлі для захисту від опадів та організація зручного доступу до соломи для механізованого завантаження.



Рисунок 2.5 – Зберігання соломи

Подрібнення та внесення соломи. Подрібнення солом'яної маси здійснюється у кормозмішувальних агрегатах, які можуть бути розташовані у стаціонарних пунктах підготовки підстилки. Після подрібнення матеріал транспортується похилими або скребковими транспортерами до роздавальних механізмів.

Завантаження тюків у змішувач здійснюється за допомогою електротельферів або підйомних механізмів. Усередині бункера ріжучі елементи приводяться в дію електродвигунами, що забезпечує рівномірне подрібнення маси до заданої фракції.

Сучасні технологічні рішення. Більш ефективною вважається схема, яка передбачає використання наявних кормозмішувачів та одночасне застосування спеціалізованих роздавачів підстилки (наприклад,

типу КТУ-10 із відповідними навісними пристроями). Така система дозволяє виконувати одразу три операції: транспортування, дозування та внесення підстилки у бокси.

Перевагами цього підходу є:

- локальне та рівномірне внесення підстилки;
- зниження запиленості повітря у приміщенні;
- відповідність зоогігієнічним нормам щодо вологості та чистоти соломи;
- можливість використання як у нових, так і в реконструйованих корівниках;
- здатність працювати із соломою підвищеної вологості (до 16–18 %).



Рисунок 2.6 – Розроблена схема зберігання, транспортування та роздавання соломи в корівнику

Зоотехнічні аспекти використання підстилки. Окрім традиційної соломи, у практиці також застосовують комбіновані підстилкові матеріали (солома, крейда, вапно). Такі суміші дозволяють регулювати вологість, підвищувати рН середовища та зменшувати розвиток мікроорганізмів.

Дослідження показують, що додавання гашеного вапна до підстилки знижує бактеріальне навантаження та покращує санітарний стан боксових місць. При цьому вартість облаштування натуральних матраців є порівнянною або навіть нижчою за гумові аналоги, але потребує більш регулярного догляду.

Витрати матеріалу на одне бокс-місце становлять орієнтовно 40–50 кг суміші. Порівняно з гумовими килимками, експлуатаційні витрати на обслуговування підстилки залишаються близькими (2,3–2,6 люд.-год/рік на одне місце), що підтверджує економічну доцільність використання солом'яних систем.

Таким чином, технологія підготовки, зберігання та внесення солом'яної підстилки є багатостадійним процесом, який потребує дотримання агротехнічних, зоотехнічних і інженерних вимог. Найбільш ефективними є системи з механізованим подрібненням і дозованим внесенням підстилки, що дозволяють забезпечити оптимальний мікроклімат у приміщеннях та підвищити комфорт утримання великої рогатої худоби.

2.4 Висновки до розділу

Обґрунтовано технологічні рішення для проектування лінії видалення гною з глибокою солом'яною підстилкою для ферми на 200 голів ВРХ. Встановлено, що середній добовий вихід гною становить 63,5 кг/гол., що забезпечує загальний вихід на фермі 12,7 т/добу. За циклу накопичення 60 діб сумарна маса гнойово-підстилкової суміші досягає 762 т, при цьому фактична транспортна маса після ущільнення становить близько 571 т.

Розрахункова продуктивність бульдозерного обладнання прийнята на рівні 3,5–4,0 т/год, що забезпечує виконання повного циклу очищення за орієнтовно 200 год роботи, або 3–5 діб календарного часу при організованому поетапному прибиранні.

Для утримання тварин необхідна площа корівника становить близько 1800 м² ($\approx 21 \times 86$ м). Оптимальні витрати соломи як підстилки складають у середньому 4–6 кг/гол/добу в теплий період та 7–8 кг/гол/добу в зимовий

період, що забезпечує комфортний мікроклімат і зниження тепловтрат тварин на 12–14 %.

Встановлено, що система з глибокою підстилкою дозволяє зменшити витрати води на прибирання, знизити ризики захворювань ВРХ (зокрема респіраторних на 25–30 %) та підвищити молочну продуктивність на 10–15%.

Таким чином, запропонована технологічна система є енерго- та ресурсоефективною, забезпечує стабільний санітарний стан приміщень і дозволяє раціонально поєднати процеси механізованого прибирання, транспортування та використання підстилкових матеріалів.

3 ПРОЄКТУВАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СОЛОМ'ЯНОЇ ПІДСТИЛКИ

3.1 Огляд сучасних технічних засобів і технологічних рішень для внесення солом'яної підстилки

Сучасні технічні засоби для розподілу солом'яної підстилки можна умовно систематизувати за основними технологічними.



Рисунок 3.1 – Систематизація сучасних технічних засобів для розподілу солом'яної підстилки

На сьогодні для внесення солом'яної підстилки переважно застосовують два базові типи машин: кормозмішувальні роздавачі (міксерного типу), які додатково обладнуються вентиляторною приставкою для аеродинамічного розкидання подрібненої соломи. Така приставка формує повітряний потік, що забезпечує транспортування солом'яної маси на відстань приблизно 15–20 м. Основні технічні параметри окремих представників цього класу наведені на рис. 1.2.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	SILOKING	ГОСПОДАР	BELMIX	Euromix
ПОТУЖНІСТЬ, кВт (к.с.)	58 (80)	44 (60)	60 (83)	44 (60)
ГАБАРИТНІ РОЗМІРИ, м (Д x Ш x В)	5,3 x 2,6 x 2,5	5,0 x 2,5 x 2,7	5,37 x 2,6 x 2,5	4,3 x 2,3 x 2,4
МАСА, кг	5500	3900	до 4050	3000

 ОБЕРИ СВІЙ ІДЕАЛЬНИЙ КОРМОЗМІШУВАЧІ
  НАДІЙНІСТЬ перевірена часом
  ЕФЕКТИВНІСТЬ для вашого бізнесу
  ПРОДУКТИВНІСТЬ щодня
  ЯКІСТЬ КОРМУ – здорові тварини

Рисунок 3.2 – Основні параметри роздавачів-змішувачів

Залежно від технологічної зони застосування у тваринництві обладнання для внесення підстилки поділяють на кілька груп:

- машини для загального внесення підстилки по площі;
- обладнання для розподілу підстилки у загонах і на відкритих площах;
- пристрої для локального внесення в індивідуальні бокси.

Для загонного утримання та великих площ застосовують машини з вентиляторним розподільчим механізмом, які здатні подавати солом'яну

відстань 8–20 м. У випадку локального внесення у бокси використовують пристрої з механічною подачею матеріалу, де дальність подачі зазвичай не перевищує 2–2,5 м.

За умовами експлуатації у тваринницьких будівлях розкидачі також поділяють на дві групи:

- великогабаритні машини (висота 2,6–3,0 м, колія 1,8–2,4 м), які можуть працювати лише у сучасних корівниках павільйонного типу з широкими проїздами (кормовий стіл 4–4,5 м, ворота до 3 м висотою та 4 м шириною);
- компактні агрегати (висота 2,2–2,4 м, колія близько 1500 мм), придатні також для реконструйованих корівників типових проєктів (ТП 801-369, 801-476).

За функціональним призначенням технічні засоби можна поділити на такі категорії:

- **кормозмішувачі-роздавачі** (наприклад, ИСРК-12, СРК-14В, SOLOMIX) – забезпечують змішування кормових компонентів, подрібнення рулонів і тюків соломи, роздавання кормосумішей та розподіл підстилки;
- **тюковози-подрібнювачі** (Castor, Tomahawk, Primor) – виконують подрібнення рулонної соломи (діаметр 1–2 м) і можуть використовуватися як для силосу, так і для підстилки;
- **спеціалізовані роздавачі** (розробки ВНДПТІМЗСГ, Білоруської с/г академії, ВНПТІОУ та ін.) – призначені для подачі стеблових кормів і солом'яної підстилки.
- За способом завантаження розрізняють:
 - машини без власного механізму самозавантаження (переважна більшість змішувачів і роздавачів);
 - агрегати із самозавантаженням (здебільшого тюковози), які обладнані відкидними бортами з гідравлічним приводом для підбору матеріалу.

Окрему групу становлять машини для подрібнення та роздавання рулонів соломи, які широко застосовуються у тваринництві. Основні характеристики наведені на рис. 1.3.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	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

Рисунок 3.3 – Характеристики подрібнювачів соломи

Практичний досвід показує, що навіть сучасні технічні рішення мають певні обмеження з точки зору зоотехнічних вимог та умов експлуатації, особливо у корівниках із безприв'язно-бюксовою системою утримання.

Технологічні обмеження застосування. При виборі обладнання необхідно враховувати архітектурно-планувальні особливості тваринницьких приміщень, оскільки саме вони визначають можливість роботи машин.

Через значні габарити (ширина 2,3–2,6 м) кормозмішувачі з вентиляторною системою не можуть ефективно працювати у вузьких гнойових (2,2–2,5 м) та кормо-гнойових проходах (2,8–3,4 м), як у нових, так і в реконструйованих будівлях. Їх застосування можливе переважно вздовж центрального кормового столу шириною 4–5,5 м.

Однак навіть у цьому випадку точність подачі підстилки у бокси знижується, оскільки відстань до них у різних типах корівників може

становити від 2,8 до 13,4 м. Додатковим обмеженням є значна висота частини машин (до 3 м), що ускладнює їх використання в реконструйованих приміщеннях.

У результаті такі агрегати доцільніше використовувати для загального розподілу підстилки у загонах з глибокою підстилкою або в нових павільйонних корівниках.

ПОКАЗНИКИ		ЗНАЧЕННЯ
	Ширина кормового столу, м	4,0–5,5
	Ширина кормо-гнойового проходу, м	2,8–3,4
	Ширина гнойового проходу, м	2,2–2,5
	Розмір воріт, м: • ширина • висота	2,5–3,0 3,0–3,5

Відстань від центрального кормового проходу до боксів, м					
 для нових корівників		 для реконструйованих корівників			
1	до 1 ряду	3,5–5,8	1	до 1 ряду	2,8–5,0
2	до 2 ряду	5,8–8,1	2	до 2 ряду	5,0–7,2
3	до 3 ряду	10,6–13,4	3	до 3 ряду	9,4–11,6

Рисунок 3.4 – Основні характеристики приміщень для утримання корів

Більш мобільними та універсальними є подрібнювачі-роздавачі рулонів, які завдяки меншій ширині (1,25–2 м) можуть працювати навіть у кормо-гнойових і гнойових проходах, забезпечуючи безпосереднє внесення соломи у бокси.

Варто відзначити, що в Інституті механізації тваринництва (м. Запоріжжя) раніше була розроблена вентиляторна приставка для розкидання підстилки, яка встановлювалася на базі роздавача КТУ-10.

Технічні показники установки: продуктивність 5–10 т/год, дальність подачі 8–10 м, габарити 6700×2350×2500 мм.

Експлуатація цього типу обладнання виявила низку недоліків:

- нестабільна робота при вологості соломи понад 18%;
- підвищене запилення повітря в приміщенні (до 30 мг/м³).

Оскільки солома часто зберігається на відкритих майданчиках, її зовнішній шар зволожується до 20–25%, що погіршує якість подрібнення і стабільність роботи обладнання.

Додатковою проблемою вентиляторних систем є неможливість точно дозувати подачу підстилки відповідно до зоотехнічних норм. Наприклад, норматив споживання підстилки для корів при безприв'язному утриманні становить близько 0,5 кг/добу на голову.

Крім того, значне запилення повітря (понад 30 мг/м³) перевищує допустимі норми (1,5–3,9 мг/м³ залежно від сезону), що негативно впливає на здоров'я тварин: подразнює слизові оболонки, сприяє розвитку респіраторних захворювань, дерматитів та поширенню інфекцій.

Останнім часом деякі виробники пропонують системи попереднього зволоження соломи для зниження пилу. Проте це рішення має і недоліки: зменшується комфорт тварин у боксах, підвищується ризик розвитку мікрофлори, шкірних захворювань і маститу.

3.2 Обґрунтування конструктивно-технологічного рішення розподільника підстилкового матеріалу

Запропонована конструктивна схема розкидача підстилки базується на модернізації одновісного кормороздавача, що забезпечує універсальність його використання. Агрегатування здійснюється з легким колісним трактором класу 0,4 тс (типу Т-020), який за своїми параметрами є аналогом одноопераційного кормороздавача типу КТУ, що дозволяє інтегрувати розробку у вже існуючі технологічні лінії без суттєвих змін інфраструктури ферми.

Основні технічні характеристики запропонованого роздавача підстилки включають: місткість бункера – 3,5 м³, продуктивність при подачі стеблового матеріалу – 3–25 т/год, висота вивантаження – 550 мм, висота завантаження – 2200 мм. Вантажопідйомність агрегату становить 1000 кгс, робоча швидкість під час роздачі матеріалу – 1,5–3 км/год, а загальна маса роздавача – 850 кг. Такі параметри забезпечують його ефективне використання в умовах тваринницьких ферм середнього масштабу.

Принцип роботи розкидача ґрунтується на механізованій подачі солом'яної підстилки з бункера-накопичувача за допомогою роторно-пальцевого робочого органу. Останній виконаний у вигляді обертового вала з радіально розміщеними рядами пальців і встановлений безпосередньо у зоні вивантажувального вікна. Така конструкція забезпечує рівномірне захоплення, розпушення та подачу матеріалу.

Конструктивні параметри робочого органу є регульованими, що підвищує адаптивність машини до різних умов експлуатації: зовнішній діаметр ротора становить 400–700 мм, кількість рядів пальців – 2–6, а відстань між пальцями – 25–100 мм. Це дозволяє змінювати інтенсивність подачі та ступінь розпушення матеріалу залежно від його вологості та структури.

Привід роторно-пальцевого органу здійснюється від валу відбору потужності (ВВП) трактора через ланцюгову передачу від поперечного транспортера роздавача. Альтернативним варіантом є використання гідравлічного приводу від гідросистеми трактора з гідромотором, що підвищує енергоефективність та керованість процесу. Конструктивно робочий орган виконано у вигляді знімної приставки до базового кормороздавача, що забезпечує швидкий монтаж і демонтаж без складної перебудови агрегату.

Особливістю модернізованого робочого органу є встановлення двох додаткових пластин (щитків) – ущільнюючої та направляючої, які

забезпечують стабілізацію потоку матеріалу та формування оптимальної траєкторії його розкидання (рис. 3.5–3.6).

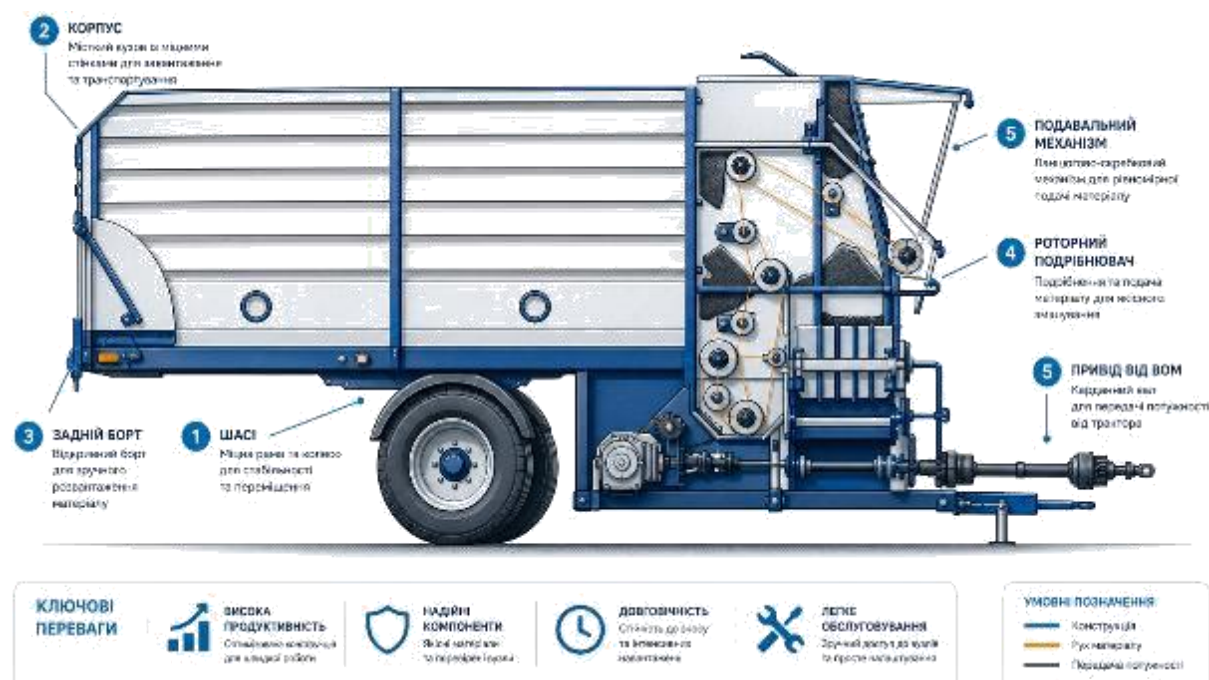


Рисунок 3.5 – Конструкційно-технологічна схема машини для внесення солом'яної підстилки

Підстилковий матеріал завантажується у бункер, після чого за допомогою поздовжнього транспортера подається до бітерів кормороздавача і далі – на поперечний вивантажувальний транспортер під ущільнюючу пластину. У зоні дії ротора солом'яна маса захоплюється пальцями одного або кількох рядів, інтенсивно розпушується та відокремлюється порційно, після чого рівномірно розкидається по поверхні підлоги боксу. Напрямок і дальність кидання регулюються положенням направляючої пластини.

Застосування механічного принципу розподілу підстилки замість традиційного повітряного (вентиляторного) забезпечує низку переваг. Зокрема, підвищується надійність роботи агрегату, знижується енергоспоживання, а також з'являється можливість ефективного внесення

солом'яної підстилки з підвищеною вологістю (понад 14–16 %), що є критично важливим у реальних виробничих умовах.

Призначений для рівномірного розподілу органічних добрив, компосту та інших силучих матеріалів.

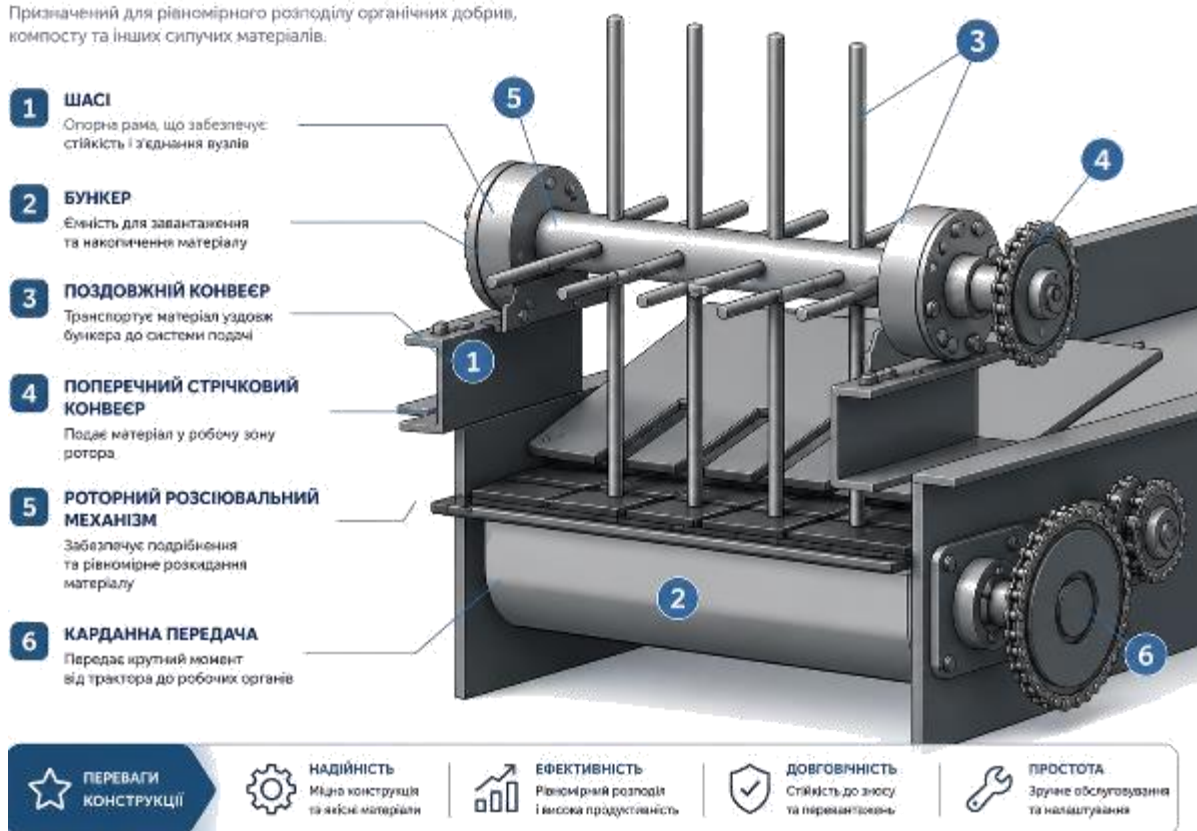


Рисунок 3.6 – Конструкційно-технологічна схема робочого органу машини для внесення солом'яної підстилки

Крім того, порційний характер подачі матеріалу дозволяє регулювати продуктивність робочого органу, забезпечуючи дозоване внесення підстилки залежно від технологічних вимог утримання тварин.

3.3 Розрахунок параметрів робочого органу машини для внесення солом'яної підстилки

Визначення продуктивності процесу. Продуктивність розкидання визначається кількістю матеріалу, що вноситься на одиницю площі. Вона залежить від швидкості руху агрегату та ширини захвату.

$$Q = m_c \cdot B_c \cdot V_k$$

де m_c – норма внесення підстилки, B_c – ширина захвату, V_k – швидкість руху агрегату.

При $m_c = 4 \text{ кг/м}^2$, $B_c = 3 \text{ м}$, $V_k = 0,8 \text{ м/с}$: $Q = 9,6 \text{ кг/с}$.

Товщина шару матеріалу на транспортері визначається:

$$H_p = Q / (\rho \cdot B \cdot V)$$

При $\rho = 120 \text{ кг/м}^3$, $B = 0,8 \text{ м}$, $V = 0,5 \text{ м/с}$:

$H_p = 0,2 \text{ м}$.

Параметри ротора. Максимальна товщина стружки визначається:

$$t = (2\pi R) / (z \cdot \lambda)$$

де R – радіус ротора, z – кількість пальців, λ – кінематичний коефіцієнт.

При $R = 0,35 \text{ м}$, $z = 6$: $t \approx 0,02 \text{ м}$.

Рух частки. Швидкість сходу частки:

$$V = \sqrt{(V_e^2 + V_r^2)}$$

де $V_e = \omega R$. При $\omega = 25 \text{ с}^{-1}$: $V \approx 9 \text{ м/с}$.

Продуктивність сходу

$$Q = b \cdot S \cdot \rho \cdot V$$

При $b = 0,05 \text{ м}$, $S = 0,002 \text{ м}^2$: $Q \approx 0,024 \text{ кг/с}$.

Енергетичні показники. Потужність:

$$N = P \cdot V.$$

При $P = 32 \text{ Н}$: $N \approx 16 \text{ Вт}$.

Параметри кидання. Дальність польоту:

$$L = (V^2 \cdot \sin 2\varphi) / g$$

При $V = 9 \text{ м/с}$, $\varphi = 35^\circ$: $L \approx 7,7 \text{ м}$.

Отримані результати підтверджують можливість ефективного розподілу підстилки з рівномірним покриттям робочої зони.

Під час укривання поверхні стійла солом'яною підстилкою за допомогою роторного кидальника, встановленого на кормороздавачі типу КТУ–10А, важливо забезпечити рівномірний розподіл матеріалу по всій довжині та ширині робочої зони. Матеріал, що сходить з робочих органів (пальців ротора), переходить у фазу вільного польоту, під час якої

формується поле розсіювання підстилки. Якість цього процесу визначається параметрами руху часток і кінематикою ротора.

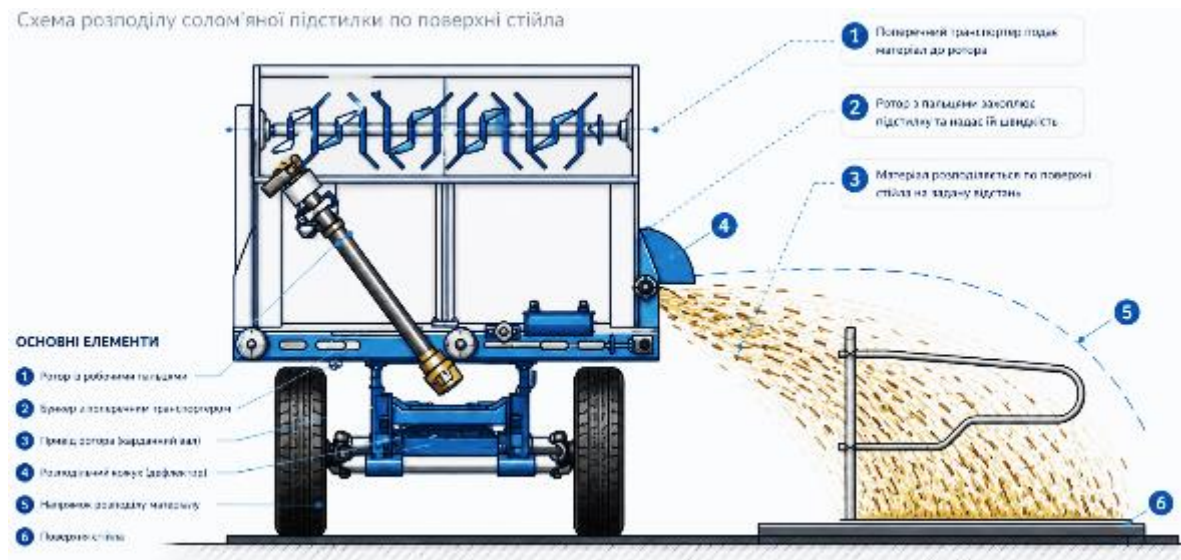


Рисунок 3.7 – Схематичне зображення процесу нанесення підстилки на поверхню стійла за допомогою кидального пристрою

У процесі роботи пальці ротора відокремлюють шар підстилкового матеріалу, який подається поперечним транспортером, і надають йому початкову швидкість. При цьому необхідно забезпечити таку траєкторію руху часток, щоб вони досягали найвіддаленіших ділянок стійла. Це є ключовою умовою ефективного використання машини та мінімізації нерівномірності розподілу.

Схід частинок матеріалу з пальця ротора починається в момент виходу пальця із шару підстилки і завершується після його повороту на певний кут φ_{sx} . На початковому етапі відносна швидкість частки відсутня, тому її рух визначається лише переносною швидкістю, яка дорівнює лінійній швидкості кінця пальця:

$$V_e = \omega R$$

де ω – кутова швидкість ротора, c^{-1} ; R – радіус ротора, м.

У цей момент вектор швидкості напрямлений горизонтально. Надалі, у процесі обертання ротора, частка набуває додаткової відносної

швидкості, що призводить до зміни як величини абсолютної швидкості, так і кута її напрямку до горизонту. В результаті цього формується просторовий пучок траєкторій, який визначає рівномірність розподілу матеріалу.

Розглянемо рух частки у прямокутній системі координат, де початок координат розташований під віссю обертання ротора на поверхні стійла. Початкові координати точки сходу мають вигляд:

$$x_0 = 0; y_0 = h_c$$

де h_c – висота розташування ротора над поверхнею.

Кінцеве положення сходу частки визначається залежностями:

$$x = R \cdot \sin\varphi$$

$$y = h_c + R(1 - \cos\varphi)$$

де φ – кут повороту ротора.

Для забезпечення повного покриття стійла необхідно, щоб дальність польоту частки відповідала відстані до найвіддаленішої точки:

$$L = L_c - R \sin\varphi$$

де L_c – загальна глибина стійла.

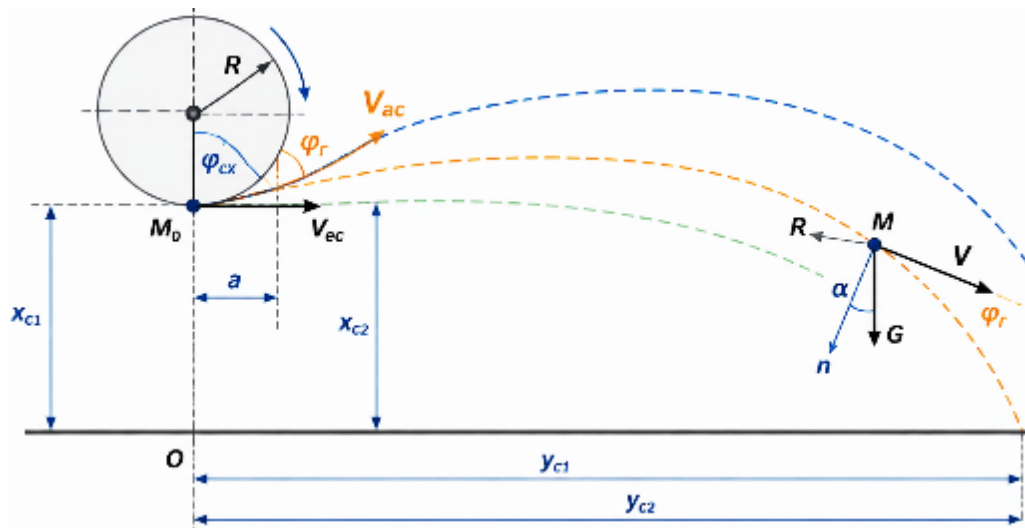


Рисунок 3.8 – Траєкторії руху частинок у фазі вільного польоту після їх сходження з робочих пальців ротора

Початкові умови руху частки у момент сходу з пальця задаються як:

$$x' = V_0 \cos \varphi$$

$$y' = V_0 \sin \varphi$$

де V_0 – початкова абсолютна швидкість частки.

Урахування опору повітря. Оскільки частинки підстилки мають малу масу та значну парусність, при аналізі їх руху необхідно враховувати аеродинамічний опір. Сила опору повітря визначається за квадратичним законом:

$$R = k \cdot V^2$$

де k – коефіцієнт аеродинамічного опору; V – швидкість руху частки.

Одночасно на частку діє сила тяжіння:

$$G = mg$$

Умовою рівноваги (режим «витання») є:

$$mg = k \cdot V_s^2$$

звідки визначається критична швидкість:

$$V_s = \sqrt{(mg / k)}$$

Ця величина є важливим параметром, оскільки характеризує здатність частки утримуватися у повітряному потоці та впливає на дальність її перенесення.

Диференціальні рівняння руху частки. Рух частки у повітрі описується системою диференціальних рівнянь:

$$x'' = -kVx'$$

$$y'' = -g - kVy'$$

де x'' , y'' – прискорення; Vx' , Vy' – складові швидкості.

Розв'язання цих рівнянь дозволяє отримати залежності для визначення траєкторії руху частки. У спрощеному вигляді рівняння траєкторії можна подати як:

$$y = h_c + x \cdot \operatorname{tg} \varphi - (g x^2) / (2V_0^2 \cos^2 \varphi)$$

З урахуванням опору повітря траєкторія набуває експоненціального характеру, що описується залежністю:

$$y = h_c + (V_0^2 / 2g)(1 - e^{-2kx}) + x \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Аналіз параметрів кидання. Отримані залежності показують, що дальність і характер розподілу підстилки визначаються такими основними параметрами:

- кутовою швидкістю ротора ω ;
- радіусом ротора R ;
- висотою встановлення ротора h_c ;
- початковою швидкістю V_0 ;
- кутом сходу φ ;
- аеродинамічними властивостями матеріалу.

Зі збільшенням кутової швидкості ротора зростає початкова швидкість частки, що призводить до збільшення дальності її польоту. Водночас надмірне збільшення швидкості може викликати нерівномірність розподілу та підвищене пилоутворення.

Таким чином, параметри кидання підстилкового матеріалу визначаються сукупністю кінематичних і аеродинамічних факторів. Для забезпечення рівномірного покриття поверхні стійла необхідно узгодити швидкість обертання ротора, геометричні параметри робочих органів і фізичні властивості матеріалу. Отримані залежності дозволяють обґрунтувати раціональні режими роботи машини та забезпечити ефективне функціонування процесу внесення підстилки.

3.5 Висновки до розділу

У результаті проведених розрахунків встановлено, що продуктивність машини для внесення підстилки становить 9,6 кг/с ($\approx 34,6$ т/год) при робочій швидкості 0,8 м/с і ширині захвату 3 м. Товщина шару матеріалу на поперечному транспортері складає близько 0,2 м, що забезпечує стабільну подачу підстилки до робочого органу.

Оптимальні параметри ротора (радіус 0,35 м, 6 пальців) формують стружку товщиною близько 0,02 м, а швидкість сходу часток досягає ≈ 9 м/с, що є достатнім для ефективного розкидання матеріалу.

Продуктивність сходу матеріалу з одного пальця становить приблизно 0,024 кг/с. Розрахункова дальність польоту часток підстилки становить 7–8 м, що повністю забезпечує покриття стійла та відповідає технологічним вимогам утримання тварин.

Отримані результати підтверджують, що запропонована конструкція забезпечує рівномірний розподіл підстилки, достатню дальність кидання та низькі енергетичні витрати, що робить її ефективною для використання у тваринницьких фермах.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Виробничі процеси у тваринництві, зокрема внесення солом'яної підстилки в корівниках, пов'язані з дією комплексу небезпечних і шкідливих факторів, які можуть негативно впливати як на обслуговуючий персонал, так і на тварин та навколишнє середовище. Тому забезпечення належного рівня охорони праці та екологічної безпеки є важливою складовою технологічного процесу експлуатації машин для розподілу підстилки.

Під час роботи розкидача підстилки основними небезпечними факторами є рухомі механізми (ротор, транспортери, карданна передача), підвищений рівень запиленості повітря, шум, вібрації, а також ризик травмування при обслуговуванні обладнання. Особливу небезпеку становлять відкриті обертові частини, які можуть захоплювати одяг або кінцівки оператора. Крім того, при роботі агрегату в умовах обмеженого простору корівника існує ризик наїзду на персонал або тварин.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно передбачити комплекс організаційних і технічних заходів. Передусім, усі рухомі частини машин повинні бути обладнані захисними кожухами та огороженнями, що відповідають вимогам стандартів безпеки. Карданні вали мають бути закриті захисними кожухами по всій довжині, а привідні механізми – обладнані блокувальними пристроями, які унеможливлюють запуск машини при відкритих захисних елементах.

Обслуговуючий персонал повинен проходити обов'язковий інструктаж з техніки безпеки, а також навчання правилам експлуатації обладнання. До роботи допускаються лише особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд та мають відповідну кваліфікацію. Під час виконання робіт працівники повинні використовувати засоби

індивідуального захисту, зокрема спецодяг, захисне взуття, рукавиці та респіратори для захисту органів дихання від пилу.

Одним із суттєвих шкідливих факторів при внесенні солом'яної підстилки є підвищена запиленість повітря. Концентрація пилу в робочій зоні може перевищувати допустимі значення ($1,5\text{--}3,9\text{ мг/м}^3$) і досягати $20\text{--}30\text{ мг/м}^3$, що негативно впливає на органи дихання як людей, так і тварин. Для зменшення пилового навантаження доцільно застосовувати механічні способи розподілу підстилки замість пневматичних, а також використовувати частково зволожену соломку або встановлювати локальні системи вентиляції.

Рівень шуму при роботі механізованого обладнання може досягати $80\text{--}90\text{ дБ}$, що перевищує гранично допустимі значення для тривалої роботи. Тому необхідно передбачити заходи щодо зниження шуму, зокрема використання шумопоглинаючих матеріалів, своєчасне технічне обслуговування механізмів та застосування індивідуальних засобів захисту слуху (навушники або беруші).

Особливу увагу слід приділяти пожежній безпеці, оскільки соломка є легкозаймистим матеріалом. Джерелами займання можуть бути іскри від механічних пошкоджень, перегрів підшипників або несправності електрообладнання. Для запобігання пожежам необхідно регулярно очищати машину від залишків соломи, контролювати технічний стан вузлів тертя, а також забезпечити наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, піску, води). Забороняється виконання робіт поблизу відкритого вогню та куріння в робочій зоні.

При експлуатації розкидача підстилки важливо враховувати і біологічні фактори, зокрема можливу наявність у соломі патогенних мікроорганізмів, грибків і алергенів. Для зменшення ризиків необхідно використовувати якісну суху підстилку, уникати тривалого зберігання в умовах підвищеної вологості та проводити регулярну дезінфекцію приміщень.

З точки зору захисту навколишнього середовища, процес внесення підстилки також має певний вплив. Основними екологічними аспектами є утворення пилових викидів, накопичення відходів та можливе забруднення повітря і ґрунту. Використання механічних розподільників дозволяє суттєво зменшити запилення порівняно з вентиляторними системами. Крім того, правильна організація процесу внесення підстилки сприяє раціональному використанню матеріалу та зменшенню його втрат.

Важливим екологічним аспектом є подальше використання підстилки як органічного добрива. Гній із солом'яною підстилкою може бути ефективно використаний у рослинництві, що сприяє замкненню біологічного циклу та зменшенню негативного впливу на довкілля. Для цього необхідно забезпечити правильне зберігання та компостування відходів із дотриманням санітарних норм.

Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище також досягається шляхом оптимізації режимів роботи машин. Раціональний підбір швидкості руху агрегату, частоти обертання ротора та подачі матеріалу дозволяє знизити енергоспоживання та викиди пилу. Використання сучасних технічних рішень, таких як регульовані робочі органи та гідравлічні приводи, сприяє підвищенню ефективності процесу і зменшенню його екологічного навантаження.

Отже, забезпечення охорони праці та захисту навколишнього середовища при внесенні солом'яної підстилки базується на комплексному підході, що включає технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Виконання цих вимог дозволяє мінімізувати виробничі ризики, підвищити безпеку праці персоналу, покращити умови утримання тварин та зменшити негативний вплив на довкілля.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Вихідні дані. Оцінювання економічної доцільності застосування розробленої машини для внесення солом'яної підстилки здійснюється шляхом порівняння з базовим аналогом – кормозмішувачем із підстилковою приставкою (типу Siloking). Розрахунки виконані для ферми на 1000 голів ВРХ при безприв'язно-боксовому утриманні.

Відповідно до зоотехнічних норм, підстилка вноситься із періодичністю 1 раз на 10 діб у кількості 1,0 кг/голову, що становить річну потребу: 36500 кг/рік

Час роботи машин: базовий варіант: 45,6 год/рік проектний варіант: 36,5 год/рік

Прямі експлуатаційні витрати.

Оплата праці. З урахуванням сучасного рівня заробітної плати:

$f = 120$ грн/год (замість 24 грн)

Коефіцієнт нарахувань: $\delta = 1,37$

Тоді базовий варіант: $З_0 = 1 \cdot 120 \cdot 1,37 \cdot 45,6 = 7490$ грн; проектний варіант: $З_0 = 1 \cdot 120 \cdot 1,37 \cdot 36,5 = 6000$ грн

Капітальні вкладення. З урахуванням інфляції та сучасних цін: базова машина $\approx 800\,000$ грн; проектна машина $\approx 700\,000$ грн.

З урахуванням транспортування: базова: 904 000 грн, проектна: 791 000 грн.

Амортизація (15%). Базовий варіант: $З_a = 0,15 \cdot 904000 = 135600$ грн, проектний варіант: $З_a = 0,15 \cdot 791000 = 118650$ грн

ТО і ремонт (15%). Базовий: 135600 грн, проектний: 118650 грн

Паливо. Ціна дизельного палива: ≈ 60 грн/л (≈ 70 грн/кг). Базовий варіант: $З_{пмм} \approx 48200$ грн, проектний варіант: $З_{пмм} \approx 26800$ грн.

Загальні витрати. Базовий варіант:

$$З_6 = 7490 + 135600 + 135600 + 48200 = 326\,890 \text{ грн}$$

Проектний варіант:

$$Z_{\Pi} = 6000 + 118650 + 118650 + 26800 = 270\,100 \text{ грн}$$

Питомі витрати.

Базовий: $Z_{\text{пит}} = 326890 / 1000 = 326,9 \text{ грн/гол}$

Проектний: $Z_{\text{пит}} = 270100 / 1000 = 270,1 \text{ грн/гол}$

Річний економічний ефект:

$$E = 326890 - 270100 = 56\,790 \text{ грн/рік}$$

Строк окупності. Різниця інвестицій:

$$\Delta C = 904000 - 791000 = 113000 \text{ грн}$$

Строк окупності:

$$T = 113000 / 56790 \approx 2,0 \text{ роки}$$

У результаті проведених розрахунків встановлено, що впровадження розробленої машини дозволяє знизити експлуатаційні витрати на $\approx 17\text{--}18\%$, або на 56–57 тис. грн щорічно для ферми на 1000 голів.

Таблиця 5.1 – Показники економічної ефективності машини для внесення солом'яної підстилки

№	Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
1	Поголів'я	гол.	1000	1000
2	Обслуговуючий персонал	люд.	1	1
3	Час роботи за рік	год	45,6	36,5
4	Капітальні вкладення	грн	904000	791000
5	Прямі експлуатаційні витрати	грн	326890	270100
	у тому числі:			
5.1	Заробітна плата	грн	7490	6000
5.2	Амортизація	грн	135600	118650
5.3	ТО і ремонт	грн	135600	118650
5.4	Паливо та енергія	грн	48200	26800
6	Питомі витрати	грн/гол	326,9	270,1
7	Річний економічний ефект	грн	—	56790
8	Строк окупності	роки	—	2,0

Питомі витрати зменшуються з 327 до 270 грн/гол, що свідчить про підвищення економічної ефективності технологічного процесу внесення підстилки.

Строк окупності інвестицій становить близько 2 років, що відповідає сучасним вимогам до сільськогосподарської техніки та підтверджує доцільність впровадження розробленого технічного рішення.

Основний економічний ефект досягається за рахунок:

- зниження витрат палива (до 40–45%);
- скорочення тривалості роботи;
- зменшення витрат на обслуговування;
- підвищення ефективності використання підстилки.

Отже, запропонована машина є економічно доцільною та конкурентоспроможною в сучасних умовах виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що ефективність сучасних тваринницьких ферм визначається технологією утримання та рівнем механізації виробничих процесів. Встановлено, що безприв'язні системи утримання мають суттєві переваги порівняно з прив'язними, оскільки забезпечують кращі умови для тварин і підвищують продуктивність праці. Дослідження систем видалення гною свідчить про доцільність використання комбінованих та автоматизованих технологій, які зменшують трудові витрати та покращують санітарний стан приміщень. Застосування глибокої підстилки є ефективним рішенням, що сприяє покращенню умов утримання, однак потребує раціональної організації технологічного процесу. Найбільш перспективним напрямом є впровадження безприв'язного утримання з високим рівнем механізації, що забезпечує зниження витрат і підвищення ефективності виробництва.

2. Обґрунтовано технологію видалення гною з глибокою солом'яною підстилкою для ферми на 200 голів ВРХ. Встановлено, що добовий вихід гною становить 12,7 т, а за 60 діб накопичується до 762 т (≈ 571 т після ущільнення). Продуктивність бульдозера 3,5–4,0 т/год забезпечує очищення за 3–5 діб. Площа корівника становить близько 1800 м², витрати підстилки – 4–8 кг/гол/добу. Використання глибокої підстилки дозволяє знизити захворюваність на 25–30% та підвищити продуктивність на 10–15%. Система є ефективною, забезпечує належний санітарний стан і раціональне використання ресурсів.

3. У результаті проведених розрахунків встановлено, що продуктивність машини для внесення підстилки становить 9,6 кг/с ($\approx 34,6$ т/год) при робочій швидкості 0,8 м/с і ширині захвату 3 м. Товщина шару матеріалу на поперечному транспортері складає близько 0,2 м, що забезпечує стабільну подачу підстилки до робочого органу. Оптимальні параметри ротора (радіус 0,35 м, 6 пальців) формують стружку товщиною

близько 0,02 м, а швидкість сходу часток досягає ≈ 9 м/с, що є достатнім для ефективного розкидання матеріалу. Продуктивність сходу матеріалу з одного пальця становить приблизно 0,024 кг/с. Розрахункова дальність польоту часток підстилки становить 7–8 м, що повністю забезпечує покриття стійла та відповідає технологічним вимогам утримання тварин.

4. Забезпечення охорони праці та захисту навколишнього середовища при внесенні солом'яної підстилки базується на комплексному підході, що включає технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи. Виконання цих вимог дозволяє мінімізувати виробничі ризики, підвищити безпеку праці персоналу, покращити умови утримання тварин та зменшити негативний вплив на довкілля.

5. Аналіз показників економічної ефективності свідчить, що проектний варіант машини є більш вигідним порівняно з базовим. Зокрема, прямі експлуатаційні витрати знижуються з 326890 до 270100 грн (на $\approx 17\%$), а питомі витрати – з 326,9 до 270,1 грн/гол. Досягнуто також скорочення тривалості роботи на $\approx 20\%$ та зменшення витрат палива майже вдвічі. Річний економічний ефект становить 56790 грн, а строк окупності – близько 2 років. Впровадження проектної машини є економічно доцільним і забезпечує зниження витрат та підвищення ефективності виробництва.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture // *Agraarteadus: Journal of Agricultural Science*. – 2021. – Vol. XXXII (2). – P. 169–181. – DOI: 10.15159/jas.21.30.
2. Aliiev E., Pavlenko S., Golub G., Bielka O. Research of mechanized process of organic waste composting // *Agraarteadus: Journal of Agricultural Science*. – 2022. – Vol. XXXIII (1). – P. 21–32. – DOI: 10.15159/jas.22.04.
3. Антоненко С. Технології вирощування телят [Електронний ресурс] / С. Антоненко. – Режим доступу: <http://www.agrobusiness.com.ua/suchasnetvarynnyystvo/346.html>
4. Болтянский Б. В. Обґрунтування процесу вивантаження силосу та параметрів кидального пило-гвинтового робочого органу позиційного вивантажувача: дис. ... канд. техн. наук. – Мелітополь, 2000. – 160 с.
5. ВНТП-АПК-09.06. Відомчі норми технологічного проектування. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною / Міністерство аграрної політики України. – Київ, 2006. – 100 с.
6. Голобородько С. Малі ферми: чи є майбутнє? // *Аграрний тиждень*. – 2014. – № 16 (289). – С. 58–61.
7. Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» // *Відомості Верховної Ради України*. – 2015. – № 24. – Ст. 171.
8. Костенко В. Особливості вирощування телят: профілакторний період [Електронний ресурс] / В. Костенко. – Режим доступу: <http://www.agrobusiness.com.ua/suchasnetvarynnyystvo/1400.html>
9. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / редкол.: М. В. Зубець (голова) [та ін.]. – Київ: Аграрна наука, 2010. – 944 с.

10. Павленко С. І. Механіко-математична модель процесу розвантаження лопаті барабанного робочого органу аератора гноє-компостної суміші // Вісник ЛНУ. Агроінженерні дослідження. – 2014. – № 18. – С. 96–99.
11. Павленко С. І. Обґрунтування технологічної схеми процесу компостування органічних відходів на відкритих майданчиках // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – 2015. – Вип. 157. – С. 197–201.
12. Павленко С. І. Ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини // Науковий вісник НУБіП України. – 2015. – Вип. 212/2. – С. 297–302.
13. Павленко С. І. Теоретичні дослідження процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора з гноє-компостною сумішшю // Зб. пр. ВНАУ. – 2015. – Вип. 3 (92). – С. 24–27.
14. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Науменко М. М. Визначення кінематичних характеристик фрезерно-барабанного робочого органу для змішування і механічної аерації компостних матеріалів // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – 2013. – Вип. 132. – С. 458–467.
15. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Поволоцький А. А. Обґрунтування основних параметрів фрезерно-барабанного робочого органу для змішування та механічної аерації компостних матеріалів // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2013. – Вип. 97, т. 1. – С. 628–637.
16. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Філоненко Ю. А. Експериментальні дослідження процесу біоконверсного компостування пташиного посліду // Науковий вісник НУБіП України. – 2014. – Вип. 196, ч. 1. – С. 400–409.
17. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Цис І. С. Моніторинг органічних відходів тваринництва в Україні // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. – 2012. – Вип. 1 (9). – С. 149–157.

18. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / за ред. І. І. Ревенка. – Київ: Урожай, 1999. – 187 с.
19. Ревенко І. І. Машиновикористання у тваринництві. – Київ: Урожай, 1999. – 205 с.
20. Смоляр В. Адаптація корів за різних технологічних варіантів утримання та доїння // Тваринництво України. – 2001. – № 1. – С. 9–10.
21. Системи утримання тварин: навч. посіб. / М. О. Захаренко, В. М. Поляковський, Л. В. Шевченко та ін. – Київ: Центр навчальної літератури, 2016. – 424 с.
22. Утримання, годівля та доїння корів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/34167/>
23. Ярошко М. Особливості різних систем утримання ВРХ. Безприв'язне утримання [Електронний ресурс] / М. Ярошко. – Режим доступу: <http://www.agrobusiness.com.ua/suchasnetvarynnyystvo/693.html>

Додатки

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

Удосконалення технологічної лінії видалення гною на фермі великої рогатої худоби з розробкою машини для внесення солом'яної підстилки

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-4-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Стеблюк Денис Андрійович

Керівник: доктор філософії
Васильєв Дмитро Леонідович

Дніпро, 2026

