

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський Державний Агротехнологічний Університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. "Машиновикористання в землеробстві"

доц. _____ Володимир КУВАЧОВ

"__" _____ 2021 року

Пояснювальна записка

до дипломної роботи здобувача СВО «Магістр»
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Підвищення ефективності процесу змішування та навантаження
органомінерального компосту із обґрунтуванням параметрів
навантажувача – змішувача для товариства з обмеженою
відповідальністю «Агрофірма Україна» Мелітопольського району
Запорізької області»

31МЗД.122.000000ПЗ

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 24МБ АІ
спеціальності 208 Агроінженерія
за ОПП Агроінженерія
шифр і назва спеціальності та ОПП

_____ Самсон ІНУВА
(підпис)

Керівник проф. _____
(підпис)

Консультант проф. _____ Юрій РОГАЧ
(підпис)

Нормоконтроль доц. _____ Тетяна ЧОРНА
(підпис)

Рецензент _____
(підпис) _____
(ініціали та прізвище)

Мелітополь
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут, факультет МТ

Кафедра Машиновикористання в землеробстві

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 208 Агроінженерія

ОПП Агроінженерія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МВЗ

доцент Володимир КУВАЧОВ

“ ” 2020 року

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

Інува Самсон Аріко

1 Тема роботи: «Підвищення ефективності процесу змішування та навантаження органомінерального компосту із обґрунтуванням параметрів навантажувача – змішувача для товариства з обмеженою відповідальністю «Агрофірма Україна» Мелітопольського району Запорізької області»

керівник проекту

затверджена наказом ректора університету від “13” жовтня 2020 р. № 1428-С.

2 Строк подання здовувачем роботи 05.02.2021 р.

3 Вихідні дані до роботи Результати практики, Інформація з науково-практичних періодичних видань України, рекомендовані технологічні карти на вирощування сільськогосподарських культур на півдні України, нормативні документи тощо.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Проаналізувати сучасний стан питання приготування компосту

2. Провести аналіз теоретичних досліджень конструктивно – технологічних параметрів робочих органів навантажувачів-змішувачів

3. Розробити програму та методика експериментальних досліджень

4. Проаналізувати, обґрунтувати та розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Оцінити ефективність застосування навантажувача - змішувача при приготуванні органомінеральних компостних сумішей

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

1. Засоби механізації приготування компосту

2. Технологічна схема приготування органомінерального компосту

3. Конструктивно – технологічна схема навантажувача - змішувача

4. Конструктивні показники робочих органів навантажувача-змішувача

5. Симетричний двофакторний план експерименту за критерієм оптимізації продуктивності

6. Оцінка ефективності застосування навантажувача - змішувача

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	РОГАЧ Ю.П., професор		

7 Дата видачі завдання 21.12.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Проаналізувати сучасний стан питання приготування компосту	13.10.2020 р.- 31.10.2020 р.	
2	Провести аналіз теоретичних досліджень конструктивно – технологічних параметрів робочих органів навантажувачів-змішувачів	01.11.2020 р.- 30.11.2020 р.	
3	Розробити програму та методика експериментальних досліджень	01.12.2020 р.- 31.12.2020 р.	
4	Проаналізувати, обґрунтувати та розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.01.2021р. - 31.01.2021 р.	
5	Оцінити ефективність застосування навантажувача - змішувача при приготуванні органомінеральних компостних сумішей	01.02.2021 р.- 05.02.2021 р.	

Здобувач ВО _____ С.А. ІНУВА _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ (ініціали та прізвище)
(підпис)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ аркуша	Примітка
	A4	31МЗД.122.000000ПЗ	Пояснювальна записка	107		
	A1	31МЗД.122.101000	Засоби механізації приготування компосту	1	1	
	A1	31МЗД.122.201000	Технологічна схема приготування органомінерального компосту	1	2	
	A1	31МЗД.122.202000	Конструктивно - технологічна схема навантажувача - змішувача	1	3	
	A1	31МЗД.122.203000	Конструктивні показники робочих органів навантажувача - змішувача	1	4	
	A1	31МЗД.122.301000	Симетричний двофакторний план експерименту за критерієм оптимізації продуктивності	1	5	
	A1	31МЗД.122.501000	Оцінка ефективності застосування навантажувача - змішувача	1	6	

--	--	--	--	--

					31МЗД.122.000000ВДР		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Інува				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Мілько					1	1
Н. контр.	Чорна				ТДАТУ, 2021		
Затв.	Кувачов						
					<i>Дипломна робота</i>		

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: складається з 107 сторінок машинопису, має 5 розділів, 32 рисунків, 14 таблиць, 33 посилання.

Графічна частина: роботи складається з 6 аркушів формату А1.

Метою роботи є збільшення ефективності процесу приготування компосту.

Об'єкт досліджень: технологічний процес навантаження та змішування органомінерального компосту.

Предмет досліджень: закономірності впливу показників розробленого устаткування на техніко – економічні показники процесу приготування компосту.

В дипломній роботі вирішені наступні завдання:

- **проаналізовано** існуючі засоби механізації для приготування компосту;
- **досліджено** конструктивно – технологічну схему навантажувача - змішувача;
- визначено основні параметри та режими роботи **інноваційного** навантажувача – змішувача органтомінерального компосту;
- **досліджені** основні кінематичні показники для гвинтозубого робочого органу, які враховують конструктивні особливості;
- проведено економічну оцінку розроблюваного устаткування для приготування органомінерального компосту.

Ключові слова: ЗМІШУВАННЯ, ОРГАНОМІНЕРАЛЬНИЙ КОМПОСТ, НАВАНТАЖУВАЧ – ЗМІШУВАЧ, ГВИНТ, ЯКІСТЬ КОМПОСТУ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ З ВНЕСЕННЯМ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	8
1.1 Загальні відомості та природно–економічна характеристика ТОВ «Агрофірма Україна» Запорізької області	8
1.2 Значення органо-мінерального компосту у сільськогосподарському виробництві	19
1.3 Способи компостування	21
1.4 Аналіз технологічного процесу та способів приготування органо-мінерального компосту з використанням мобільних засобів	24
1.5 Аналіз механізованої техніки для приготування органо-мінерального компосту	42
1.6 Класифікація технічних засобів для приготування органо-мінерального компосту	47
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ОРГАНОМІНЕРАЛЬНОГО КОМПОСТУ НАВАНТАЖУВАЧЕМ-ЗМІШУВАЧЕМ	49
2.1 Аналіз існуючих досліджень процесу роботи навантажувачів – змішувачів для виробництва компосту	49
2.2 Технологічна схема запропонованого способу приготування органо-мінерального компосту	56
2.3 Конструктивні та режимні параметри робочих органів навантажувача – змішувача органо-мінерального компосту	60
2.4 Рівняння руху шнекового робочого органу навантажувача-змішувача	63
2.5 Продуктивність змішування компосту	64
2.6 Потужність, необхідна для приводу навантажувача-змішувача	70
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯ	76
3.1 Програма досліджень	76
3.2 Методика лабораторних досліджень	76
3.3 Програма і методика експериментальних досліджень	78
3.4 Програма проведення дослідів при дослідженні навантажувача-змішувача органо-мінерального компосту	81
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84

4.1 Загальні законодавчі та нормативно-правові акти щодо управління охороною праці та безпекою у надзвичайних ситуаціях	84
4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві	85
4.3 Аналітично - розрахункова частина з питань охорони праці на виробництві	91
4.4 Заходи безпеки на виробництві	93
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях	95
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	97
ВИСНОВКИ	102
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	103
ДОДАТКИ	107

ВСТУП

Відновлення родючості ґрунтів, використовуваних в сільськогосподарському виробництві - найважливіше завдання в сучасних умовах. Одним з найбільш ефективних способів є внесення органічних добрив. Однак для найбільш повного відновлення потрібно вносити великі обсяги, що призводить до зростання витрат трудових і матеріальних ресурсів. Норма внесення гною складають 20-30 т/га [1]. На 1 тис. га необхідно внести 20-30 тис. т гною з відповідними витратами на завантаження, транспортування і внесення. Внаслідок високих витрат гній не вноситься в необхідних кількостях і родючість сільськогосподарських угідь в даний час продовжує знижуватися.

Одним з напрямків зниження витрат для відновлення родючості ґрунту є компостування. Компост - суміш різноманітних речовин, отриманих в результаті розкладання під дією мікроорганізмів. За рахунок змішування органічних добрив з мінеральними утворюється маса, насичена поживними речовинами звана органомінеральним компостом. При цьому не тільки зменшується необхідний для внесення обсяг, але і підвищується його ефективність. За підрахунками вчених з РГАУ МСГА ім. К.А. Тімірязєва, економічна ефективність від використання компосту замість мінеральних добрив дозволяє скоротити витрати в рослинництві на 75-85%.

Існує кілька способів приготування компостів. В залежності від кліматичних умов, виду господарства і земельних угідь використовують шаровий, осередковий і майданчиковий способи приготування компостів.

В даний час спеціальних машин для компостування в необхідних обсягах серійно практично не випускається.

Тому розробка і обґрунтування параметрів навантажувача-змішувача для органомінерального компосту дозволяє поєднати операції навантаження і змішування органічних і мінеральних добрив, підвищити продуктивність і знизити витрати на виробництво компосту.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ З ВНЕСЕННЯМ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

1.1 Загальні відомості та природно–економічна характеристика ТОВ «Агрофірма Україна» Запорізької області

ТОВ «Агрофірма Україна» розташоване в південно-західній частині Мелітопольського району Запорізької області. На території господарства знаходяться два населених пункти: с. Степове і с. Новгородківка. Адміністративним центром господарства є с. Новгородківка. Найближча залізнична станція знаходиться у м. Мелітополь на відстані 25 км., до автостради Москва – Симферополь - 20 км. Через територію господарства с заходу на схід проходить асфальтована автомобільна дорога Одеса – Ростов. Відстань до обласного центру – м. Запоріжжя - 150 км.

ТОВ «Агрофірма Україна» розташовано у зоні сухого українського степу з недостатньою кількістю опадів і нерівномірним їх розподілом по періодах року, високими температурами в літній період, низькою відносною вологістю повітря і частих сильних вітрів.

Землекористування господарства витягнуто з півдня на північ. Черезсмужкових ділянок нема. Середня відстань від селищ до ріллі близько 3 км. Багаторічні насадження знаходяться біля селища, займаючи невелику ділянку землі. Пасовища витягнуті по балці, яка розрізає пахотні землі і тягнеться з південно-західа на південно-схід.

Територія землекористування господарства зайнята слабкозмитими і середньозмитими ґрунтами. Площа землекористування рівнинна, що зумовило створення однорідного ґрунтового покриву і повну відсутність процесів ерозії. Ґрунти – темно-каштанові в комплексі з чорноземом південним.

Землекористування ТОВ «Агрофірма Україна» знаходиться у зоні ризикованого землеробства. Протягом року у цій зоні панують наступні

напрями вітрів по періодах року: зимою - північно-східні, північні та східні, а літом – східні та південно-східні.

Дата перших і останніх заморозків: весною кінець квітня – початок травня ; восени – I-II декада вересня.

Середня тривалість вегетаційного періоду з I декади квітня по II-III декаду жовтня, а разом 190-200 днів. За вегетаційний період випадає в середньому 460 мм.

Взагалі у зоні Степу панують такі несприятливі для сільськогосподарських культур погодні умови: нестача кількості опадів, нерівномірне їх розповсюдження по періодах року; високий температурний режим при низькій відносній вологості повітря, особливо в найбільш критичні періоди росту і розвитку рослин; часті сильні сухі вітри, що інколи переходять у пильні бурі; слабкий сніжний покрив взимку.

У таблиці 1.1 розглянемо структуру земельного фонду та сільськогосподарських угідь [2].

Таблиця 1.1 - Структура земельних угідь

Показники	2017		2018		2019	
	га	%	га	%	га	%
Загальна земельна площа	4840	100	4843	100	4838	100
Всього сільськогосподарських угідь	4798	99,13	4801	99,13	4796	99,1
з них: рілля	4418	91,24	4421	91,29	4416	91,3
пасовища	380	7,85	380	7,85	380	7,85
Інші землі	42	0,87	42	0,87	42	0,87
Наявність зрошуваних земель	3064	63,31	3064	63,27	0	0,0

Так, загальна земельна площа в 2019 році порівняно з 2017 роком зменшилась лише на 2 га, або на 0,4 %. Це зменшення відбулося за рахунок скорочення площі ріллі, яка займає 91,3% землі. Крім того, необхідно зауважити, що в останньому році господарство припинило зрошувати землі.

Розрахувавши структуру товарної продукції в таблиці 1.2, маємо можливість визначити спеціалізацію досліджуваного підприємства [2].

Таблиця 1.2 - Структура товарної продукції

Вид продукції	Вартість товарної продукції, тис. грн.					
	2017		2018		2019	
	тис. грн.	%	тис. грн.	%	тис. грн.	%
Рослинництво - всього	1436,1	82,87	2176,1	87,78	1955,1	83,73
В т.ч.: зерно	523,2	30,19	1347,1	54,34	1119,9	47,96
соняшник	533,4	30,78	708,2	28,57	729,1	31,22
плоди	296,5	17,11	108,8	4,39	106,1	4,54
інша продукція рослинництва	83	4,79	12	0,48		0,00
Тваринництво - всього	216,9	12,52	302,8	12,22	380	16,27
в т.ч.: скотарство	162,2	9,36	209	8,43	248	10,62
з нього реалізація ВРХ на м'ясо	76,3	4,40	209	8,43	206	8,82
молоко	85,9	4,96	0	0,00	42	1,80
Свинарство:	41	2,37	74,2	2,99	80	3,43
з нього реалізація свиней на м'ясо	41	2,37	74,2	2,99	80	3,43
інша продукція	13,7	0,79	19,6	0,79	52	2,23
Підсобні виробництва і промисли	4,8	0,28	0	0,00	0	0,00
Роботи і послуги на сторону	75,1	4,33	0	0,00	0	0,00
Всього по підприємству	1732,9	100	2478,9	100	2335,1	100

В таблиці 1.3 розглянемо показники забезпеченості основними фондами та ефективність їх використання.

Основні фонди підприємства – це вартісне вираження засобів праці, які переносять свою вартість на продукти по частинам. Закон відтворення основних фондів полягає в тому, що їх вартість, яка введена в виробництво, повністю оновлюється, що забезпечує можливість технічного відновлення.

Рівень забезпеченості основними фондами визначається як їх відношення до площі сільськогосподарських угідь або в розрахунку на 1 середньорічного працівника. А ефективність їх використання визначається при співставленні фондів з отриманими виробничими результатами.

Таблиця 1.3 - Показники забезпеченості основними та оборотними фондами

Показники	2017	2018	2019	2019 р. в % к 2017 р.
Середньорічна вартість всіх основних фондів, тис.грн.	19877,2	23322	24900	125,27
в т.ч. виробничих с.-г. призначення	15901,76	18657,6	21165	133,10
Середньорічна вартість оборотних засобів, тис.грн.	4765,3	5305,8	7354,3	154,33
Співвідношення основних та оборотних фондів	4,17	4,40	3,39	81,17

Середньорічна вартість основних фондів господарства в 2019 році становила 24,9 млн. грн., в т.ч. виробничі фонди сільськогосподарського призначення склали близько 21,2 млн. грн., що на 33,1% вище вартості 2017 року. Середньорічна вартість оборотних фондів у 2019 році зросла більш ніж в 1,5 рази у порівнянні з 2017 р. і становила 7,35 млн. грн. Таким чином, співвідношення основних і оборотних фондів у звітному році становило 3,4:1 [2].

Продуктивність праці – це здатність конкретної праці створювати певну кількість продукції за одиницю робочого часу.

Повноту використання трудових ресурсів оцінюють за кількістю відпрацьованого часу одним робітником за аналізуємий період, а також за ступенем використання робочого часу.

Розглянемо та проаналізуємо забезпеченість господарства трудовими ресурсами та ефективність їх використання.

Таблиця 1.4 - Забезпеченість господарства трудовими ресурсами

Показники	2017	2018	2019	2019 р. в % к 2017 р.
Середньорічна чисельність працівників, чол.	184	151	157	85,3
в т.ч. в рослинництві	105	82	96	91,4
в тваринництві	79	69	61	77,2
Відпрацьовано люд.- днів - всього за рік	41768	37448	35011	83,8
Відпрацьовано люд.- днів на одного середньорічного працівника	227	248	223	98,2

Аналіз даної таблиці свідчить про зменшення чисельності робітників у 2019 році на 27 осіб, або на 14,7%, в тому числі в рослинництві чисельності робітників скоротилася до 96 осіб, тобто на 9 осіб (на 8,6%), а в тваринництві їх кількість зменшилася на 18 осіб (на 22,8%) до 61 особи. Також спостерігалася збільшення прямих витрат праці на 6,8 тис. люд.-днів, або на 16,2% порівняно з 2007 роком. Відпрацьовано люд.-днів одним робітником за рік у 2009 році на 4 люд. – днів, або на 1,8% менше порівняно з 2017 роком.

Розглянемо та проаналізуємо ефективність виробництва в ТОВ «Агрофірма Україна» (таблиця 1.5) [2].

Аналіз результатів сільськогосподарського виробництва показав, що протягом 2017-2019 років підприємство в основному було збитковим.

Особливо значних збитків протягом досліджуваного періоду зазнала галузь тваринництва. Протягом же 2017-2019 років тваринництво було збитковим.

Таблиця 1.5 - Ефективність сільськогосподарського виробництва у
ТОВ «Агрофірма Україна»

Показники	2017	2018	2019	2019 р. в % к 2017 р.
Виручка від реалізації продукції всього, тис. грн.	4355,6	5218,9	8631	198,16
Собівартість реалізованої продукції, тис. грн.	4678,9	6003,6	7738	376,60
Виручка від реалізації продукції рослинництва, тис. грн.	2291,7	3135,3	4960,9	216,47
Собівартість реалізованої продукції рослинництва, тис. грн.	2054,7	2580,7	3849,6	187,36
Прибуток від реалізації продукції рослинництва, тис. грн.	237	554,6	1111,3	468,90
Виручка від реалізації продукції тваринництва, тис. грн.	1279,5	1898,5	3487,8	272,59
Собівартість реалізованої продукції тваринництва, тис. грн.	1945,6	3355,4	3778,3	194,20
Прибуток від реалізації продукції тваринництва, тис. грн.	-666,1	-1456,9	-290,5	43,61

За досліджений період, окрім 2019 року, галузь рослинництва була збитковою. Однак прибуток від реалізації продукції рослинництва у 2019 склав 1,1 млн. грн., а рівень рентабельності становив 28,87%.

Виробництво зернових культур

Аналіз зернового господарства треба розпочати з місця зернових культур у сівоборотах та його частки у структурі посівних площ.

Структура посівних площ господарства повинна знаходитись у повній відповідності з виробничим напрямком підприємства та його спеціалізацією. Простежимо динаміку та структуру посівних площ сільськогосподарських культур та місце серед них окремих культур у таблиці 2.6.

У 2019 р. посівна площа в господарстві у порівнянні з 2017 роком збільшилася на 178 га. У складі посівних площ збільшилися площі під зерновими культурами (на 645 га) та соняшником (на 76 га), (на 32,6 %), кукурудзою (на 6,7 %) та іншими культурами (на 84,4 %). Зменшилися площі під овочами (на 133 га), кормовими культурами (на 271 га), соєю (на 144 га), гірчицею (на 9 га) та баштанними культурами (на 113 га). Крім того, зменшилася площа пару на 127 га.

З даних таблиці 1.6 видно, що найбільшу частку посівів мають зернобобові культури (45,7-67,5%), також провідні місця у структурі посівних площ займають соняшник (16-24,3%) та кормові культури (15,2-33,7%).

Серед зернових культур основними є пшениця озима та ячмінь ярий. Також помітне місце в групі посідають просо та ярий ячмінь. З 2018 р. висівається кукурудза на зерно. В останньому році господарство відмовилося від висівання гречки [2].

Таблиця 1.6 - Структура посівних площ

Культури	2017		2018		2019	
	га	%	га	%	га	%
Всього посівів	3704	100,0	3278	75,6	3882	84,8
В т.ч.: зернові та зернобобові	1693	45,7	1576	48,1	2338	60,2
пшениця озима	650	17,5	922	28,1	1036	26,7
гречка	100	2,7	100	3,1	0	0,0
кукурудза на зерно	0	0,0	70	2,1	55	1,4
ячмінь ярий	340	9,2	464	14,2	677	17,4
ячмінь озимий	0	0,0	0	0,0	228	5,9
просо	400	10,8	20	0,6	322	8,3
інші	203	5,5	0	0,0	20	0,5
Соняшник	690	18,6	797	24,3	766	19,7
Соя	144	3,9	0	0,0	0	0,0
Ріпак озимий	0	0,0	46	1,4	127	3,3
Гірчиця	9	0,2	0	0,0	0	0,0
Овочі відкритого грунту	153	4,1	20	0,6	20	0,5
Баштанні	153	4,1	40	1,2	40	1,0
Кормові	862	23,3	799	24,4	591	15,2
Пари	661		573		534	

Далі розглянемо основні показники виробництва зернових культур, зокрема динаміку посівних площ, урожайності і валових зборів зернових культур в ТОВ «Агрофірма Україна» за 2017–2019 роки (таблиця 1.7).

Таблиця 1.7 - Виробництво зернових культур

Показники	2017	2018	2019	2019 р. в % к 2017 р.
Зернові та зернобобові – всього				
Валовий збір, ц	32431	31737	75301	232,2
Площа, га	1693,0	1576	2338	138,1
Урожайність, ц/га	19,2	20,1	32,2	168,1
в т.ч.: пшениця озима				
Валовий збір, ц	16592	24340	40604	244,7
Площа, га	650	946	1036	159,4
Урожайність, ц/га	25,5	28,6	39,2	153,5
Гречка				
Валовий збір, ц	958	240	0	0,0
Площа, га	100	100	0	0,0
Урожайність, ц/га	9,6	2,4	0	0
ячмінь ярий				
Валовий збір, ц	9164,0	5520,0	19070,0	208,1
Площа, га	340,0	464	677	199,1
Урожайність, ц/га	27,0	25,7	28,2	104,5
просо				
Валовий збір, ц	4789	515	4749	99,2
Площа, га	400	20,0	322	80,5
Урожайність, ц/га	12,0	25,8	14,7	123,2
ячмінь озимий				
Валовий збір, ц	0	0	8872	-
Площа, га	0	0	228	-
Урожайність, ц/га	0	0	38,9	-
кукурудза на зерно				
Валовий збір, ц	0	1122	1493	-
Площа, га	0	70	55	-
Урожайність, ц/га	0	16,0	27,15	-
інші зернові та зернобобові				
Валовий збір, ц	928	0	513	55,3
Площа, га	203	0	20	9,9
Урожайність, ц/га	4,6	0	25,7	561,1

Аналізуючи дану таблицю можна зробити висновок, що загальна площа зернових культур збільшилась у 2019 році порівняно з 2017 роком на

645 га (на 38,1%), урожайність зернових збільшилася на 68,1% становила 32,2 ц/га, валовий збір зріс більш ніж вдвічі на 42,9 тис. ц.

Площа озимої пшениці зросла на 386 га, або на 59,4%, а збільшення урожайності склало 13,7 ц/га, в результаті валовий збір зріс на 24 тис. ц, тобто майже у 2,5 рази.

Площа ярого ячменю зросла на 337 га, тобто майже вдвічі, його урожайність зросла на 1,2 ц/га, а валовий збір збільшився більш ніж вдвічі, на 9,9 тис. ц.

Площа проса скоротилася на 78 га (на 19,5%), а урожайність зросла на 3 ц/га (на 23,2%), таким чином валовий збір зменшився на 40 ц, або на 0,8%.

Площа інших зернових скоротилася на 183 га (майже у 10 разів), а урожайність зросла на 21 ц/га (більш ніж у 5,5 разів), таким чином валовий збір зменшився на 415 ц, або на 44,7%.

Виробництво продукції тваринництва

Структура стада по всім видам тварин складена у відповідності з зоотехнічними нормами і правилами. Поголів'я на 2019 рік у ТОВ «Агрофірма Україна» складає 450 голів дійного стада і 1000 голів свиней.

Данні аналізу виробничої діяльності господарства зведені в таблицю 1.8 [2].

Таблиця 1.8 – Динаміка наявності поголів'я тварин, гол.

Група тварин	2017	2018	2019
Всього ВРХ	1887	1895	1960
Корови	434	445	450
Свині	764	840	1000

Поголів'я великої рогатої худоби збільшилось в 2019 році порівняно з 2017 роком на 73 голови, корів на 15 голів, свиней на 236 голів.

Таблиця 1.9 – Динаміка продуктивності тварин

Вид продукції	2017	2018	2019
Середньорічний надій від однієї корови, кг	3858	3944	3975
Середньодобовий привіс ВРХ, г.	534	456	498
Середньодобовий привіс свиней, г.	239	412	419

Таким чином продуктивність та поголів'я корів за останні три роки збільшилось, це викликано тим, що дуже не погано ведеться селекція тварин, своєчасно було зроблено вибракування корів і заміна їх молодняком, середньодобовий привіс молодняка великої рогатої худоби також збільшився.

Виробництво кормів також має тенденцію до збільшення, тут в рівному ступені впливають як кліматичні умови, так і збереження кормів при збиранні, транспортуванні та роздаванні.

Збільшення виробництва кормів в свою чергу впливає на збільшення продуктивності корів [2]. Витрати кормів на виробництво 1 т товарної продукції наведено в табл. 1.10.

Таблиця 1.10 – Витрати кормів на виробництво 1 т продукції, т. к. од.

Вид продукції	2017	2018	2019
Молоко	1,9	2,1	2,3
Привіс ВРХ	6,1	6,4	6,9
Привіс свиней	7,3	7,9	8,2

Збільшення витрат кормів на виробництво 1 т продукції, пов'язано зі збільшенням росту поголів'я тварин за останні роки.

Аналізуючи діяльність підприємства за останні три роки потрібно відмітити, що наряду з добрими досягненнями в трудовій діяльності маються і недоліки.

Собівартість продукції являється одним з важливіших економічних показників. В товаристві собівартість продукції залишається ще високою, що обумовлює низьку рентабельність тваринництва. Коливання собівартості свідчить про наявності резервів для її зниження. Так використання ручної праці в тваринництві підвищує витрати праці на виробництво одиниці продукції, що в свою чергу підвищує собівартість.

Метою дипломної роботи є розробка механізованих агрегатів які здатні поєднувати операції навантаження та змішування органо-мінерального компосту.

1.2 Значення органо-мінерального компосту у сільськогосподарському виробництві

Існує три види добрив: органічні, мінеральні, бактеріальні (в результаті життєдіяльності бактерій відбувається розкладення азоту в доступну для рослин форму), таблиця 1.11. Органічні добрива вносять у вигляді суміші різноманітних речовин, отриманої в результаті розкладання. Такі добрива називають компостом.

Таблиця 1.1 - Види добрив

Органічні добрива	Мінеральні добрива	Бактеріальні добрива
Послід	Азотні	Нітрагін
Пташиний послід	Калійні	Азобактерин
Торф	Фосфорні	Фосфоробактерин
Деревна тирса	Вапняні	Автохонна мікрофлора
Зелені добрива	Мікродобрива	Різоцин
Компост	Комбіновані	

Органічний компост з додаванням мінеральних добрив називається органо-компостом. Компостування - природний процес «Гниття» або розкладання органічної речовини мікроорганізмами при керованих умовах. Сирі органічні матеріали, такі як залишки сільськогосподарських культур, тваринництва, є придатними для використання в якості добрива після їх попереднього компостування. Компост багатий органічною речовиною. Грунтовий органічний матеріал відіграє важливу роль у підтримці родючості ґрунту і, отже, в ефективному сільськогосподарському виробництві. Крім того, мікроелементи, будучи живильним джерелом для рослин, покращують фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту. В результаті ґрунт стає більш стійким до зовнішніх впливів, таким як посуха, хвороби і хімічні забруднення; компост допомагає сільськогосподарським культурам краще засвоювати рослинні поживні речовини і має здатність безперервного виробництва поживної речовини завдяки інтенсивній мікробній діяльності. Ці переваги виявляються в зниженні ризиків при обробітку сільськогосподарських культур, отриманні високих врожаїв та зниженні матеріальних витрат. Існує три способи приготування компосту: анаеробне компостування (без кисню), аеробне компостування (з присутністю кисню) і компостування за допомогою ферментативного розщеплення органічного матеріалу. Останній процес відбувається в результаті діяльності травної системи земляних хробаків, його називають «Вермікомпостування» [3].

Компостування - складний процес, який вимагає дотримання технології приготування, супроводу і контролю протягом всього процесу перегнивання. Процес перегнивання протікає при високій температурі від 20 до 80 ° С в різні періоди дозрівання компосту.

1.2. Способи компостування

Залежно від кліматичних умов, виду господарства і земельних угідь існує 3 способи приготування компосту - пошарове, вогнищевий і майданчикові. При пошаровому компостуванні (рис. 1.1) на компостному місці укладають торф'яну підстилку завтовшки 0,25-0,30 м. Шар торфу перешкоджає просочуванню рідких частин гною в ґрунт. На нього укладають шар гною в 0,25-0,30 м, потім шар торфу і т.д. Висота бурта повинна становити не менше 1,5 м. Самий верхній шар бурту повинен бути торф'яним, так як він поглине азот, який виділяється при розкладанні компостної маси, і тим самим знизить його втрати. Товщина шарів торфу і гною залежить від того, що є в наявності торфу. В зимовий період, щоб гній не промерзав, закладку кожного штабеля треба робити протягом 1-2 днів. Мікробіологічні процеси і накопичення поживних речовин в компості протікають енергійніше, якщо під час компостування в штабелі піднімається температура до 60 ... 65 ° С, тому штабель на відміну від гною ущільнювати не рекомендується.



Рисунок 1.1 – Схема пошарового компостування

При закладці компосту осередковим способом (рис. 1.2) необхідно створити торф'яну подушку товщиною 0,4 - 0,5 м, в центрі подушки купками (осередками) розміщують гній. Шар гною повинен бути вже торф'яного шару. потім гній зверху і з усіх боків засипають шаром торфу. При такому компостуванні виключається промерзання бурту; температура в ньому протягом зими не опускається нижче 25 ... 30°C. Процес розкладання протікає повільно. У літній сезон бурт перевертають або протикають кілька разів ломом, а також зволожують по ступеню висихання. Осередковий спосіб компостування гною з торфом застосовують в тому випадку, якщо спостерігається дефіцит гною або в разі утворення бурту взимку.

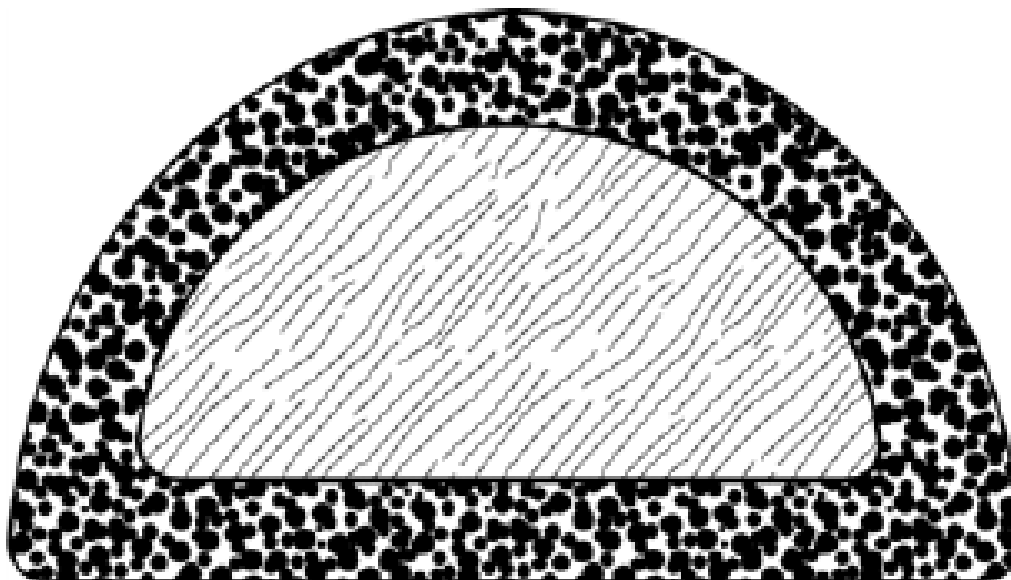


Рисунок 1.2 – Схема осередкового способу компостування

Найбільш широко застосовується майданчикові спосіб приготування, що дозволяє отримувати високоякісний компост, так як в нього додають мінеральні добрива, внаслідок чого утворюється органо-суміш. Технологія приготування майданчикового способу компостування представлена на рис. 1.3. Він складається з наступних операцій: укладання пошарово торфу, гною і мінеральних добрив з подальшим їх перемішуванням і буртування.

Даний спосіб компостування включається в себе не менше 14-20 операцій. Приготування органомінерального компосту здійснюється наступним чином: на майданчик певного розміру розкладають торф, лігнін і формується торф'яна подушка товщиною 0,25-0,30 м. Потім укладають і розрівнюють шар гною, торфу, соломи, мінеральних добрив, які чергуються пошарово. Компостну масу бульдозером згрібають в штабелі шириною 4-6 м, висотою 3-4 м. Протягом процесу формування органокомпосту компостну масу слід перемішувати дисковою бороною.

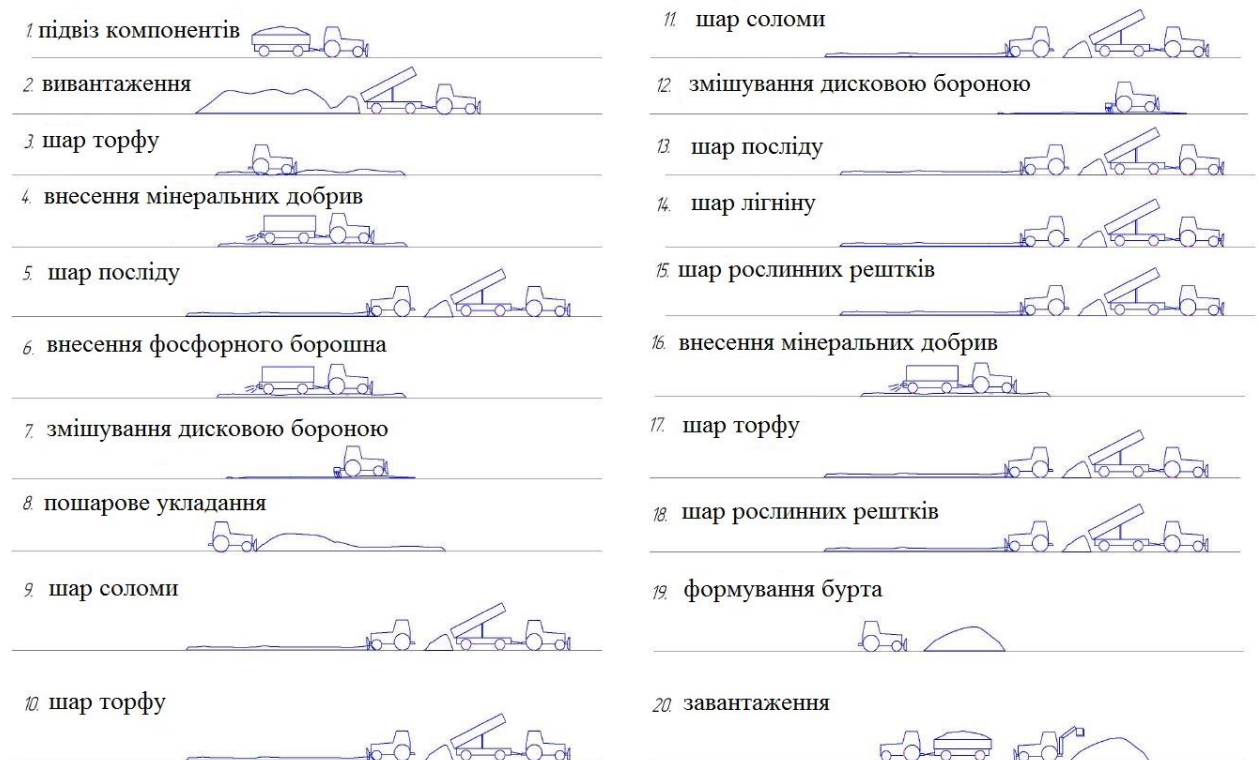


Рисунок 1.3 – Схема приготування органомінерального компосту майданчиковим способом

Основні недоліки даного виду компостування - значні матеріальні витрати через велику кількість операцій і неточне дозування мінеральних добрив. При неточному розподілі мінеральних добрив можливе порушення процесу перегнивання посліду.

1.3 Аналіз технологічного процесу та способів приготування органо-мінерального компосту з використанням мобільних засобів

Технологічний процес виробництва і застосування компосту включає в себе наступні операції:

- зберігання та внесення в процесі змішування посліду вологопоглинаючого матеріалу і мінеральних домішок;
- змішування компонентів і формування суміші в бурти;
- витримування сформованих буртів суміші на майданчику компостування з періодичної аерацією суміші;
- зберігання компостів;
- навантаження в розкидачі або транспортні засоби;
- внесення.

Виробництво послідових компостів здійснюється: на відкритих майданчиках; в механізованих компостосховищах; в стаціонарних механізованих цехах.

Якість компосту із застосуванням мінеральних добрив у великій мірі залежить від ступеня перемішування.

Виробництво компостів на відкритих майданчиках за допомогою бульдозера.

Основною технологічною вимогою в приготуванні гнойових компостів є отримання гомогенної суміші компонентів. Зважаючи на відсутність спеціальних машин широке поширення одержав пошаровий спосіб або осередковий, укладання компонентів з подальшим їх перемішуванням бульдозером. Перевага технології полягає в її простоті і широкій доступності. На прикладі птахофабрик транспортування гною від пташника, торфу від залізничної естакади і виробництво компостів здійснюють спеціалізовані загони.

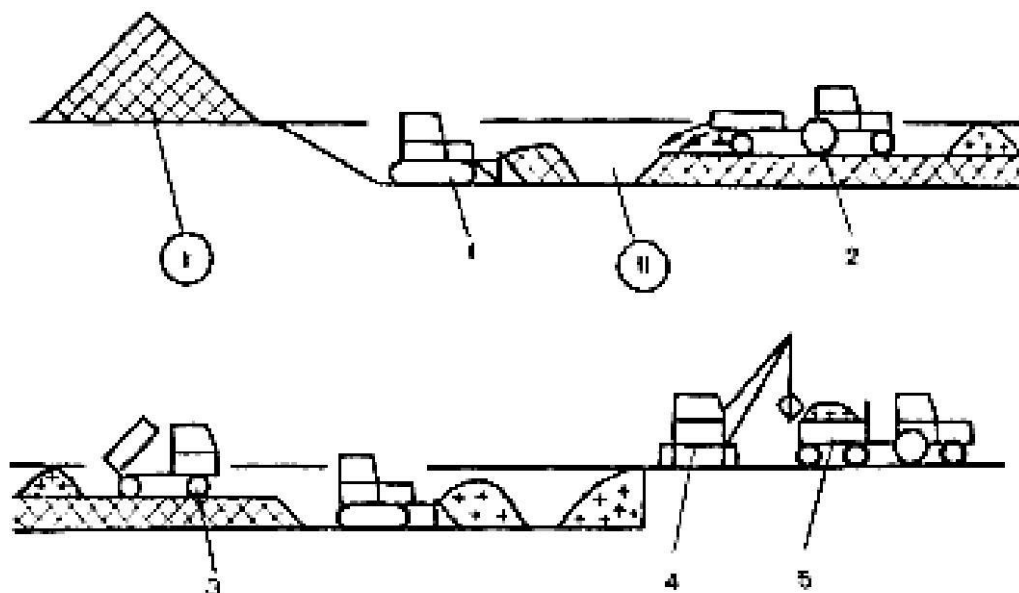
Послідовність операцій технологічного процесу наступна: в поглиблене гноєсховище на тракторних причепах 2-ПТС-4 завозять торф і бульдозером розрівнюють шаром 0,2 м (рис. 1.4). На виготовлену торф'яну подушку машиною для внесення мінеральних добрив 1-РМГ-4 (рис. 1.5.) Вносять фосфогіпс або інші мінеральні добрива, потім розвантажуються гній, що доставляється автосамоскидами. Бульдозер змішує компоненти між собою і формує суміш в штабель. Компостну суміш витримують в гноєсховище від 2 до 4 місяців, в залежності від дозрівання. Змінна продуктивність складає 700 т компостної суміші при собівартості виробництва 3000 грн./т.

Для приготування компостів використовують торф вологістю 55-60%, послід вологістю 70 - 80% в співвідношенні 1 : 1 або 2 : 1. На 1 т компостної суміші додають 30 кг фосфоритного борошна. У торфопослідний компост рекомендується додавати фосфоритне борошно (2 - 3% від маси компостів), а якщо компост готують для внесення під картоплю на легких ґрунтах, то рекомендується додавали і калійну сіль в кількості 0,5% від маси компосту, однак при неодмінній умові ретельного перемішування мінеральних добрив в компості і рівномірного розкидання компосту по полю гноєрозкидачами.

Технологія виробництва компостів з пташиного посліду наступна: на майданчику компостування за допомогою бульдозера укладають шар торфу товщиною 0,3-0,4 м, на цю подушку за допомогою агрегату КСА-3 розкидають фосфоритне борошно, а потім розвантажують пташиний послід тракторами МТЗ-80 з 3 тонних причепів. Всю масу інтенсивно перемішують і складують в бурт на краю майданчика. Надалі дозрілий компост вивозять на поля.

Курячий послід вологістю 65-80% доставляють від пташників на майданчик тракторними причепами самоскидного типу 1-ПТС-9, а послід вологістю 90% транспортують в цистернах типу РЖТ-8, агрегуються з тракторами Т-150К. Сюди ж на бетонований майданчик доставляють торф вологістю 60% автомобілями-самоскидами типу МАЗ-503А з причепами

типу ГКБ-819 і вивантажують уздовж довгої сторони майданчика (l = 200 м) купами з інтервалом 5-6 м. З допомогою бульдозера Д-694А торф розрівнюють, утворюючи рівну торф'яну подушку товщиною 0,2-0,3 м, на яку вивантажують курячий гній з інтервалом 8-10 м, його також розрівнюють.



1 - бульдозер; 2 - трактор МТЗ з машиною для внесення мінеральних добрив 1-РМГ-4; 3 - автосамоскид; 4 - екскаватор; 5 - транспортний засіб

Рисунок 1.4 - Схема виробництва компостів на птицефабриці: I - майданчик зберігання торфу; II - заглиблене гноєсховище



Рисунок 1.5 – Розкидач 1-РМГ-4 в роботі

Залежно від призначення компосту в нього додають порошкоподібний суперфосфат або фосфоритне борошно. Перемішування гною і торфу виробляють бульдозером Д-694А, який підгортає масу уздовж площадки з поперечним зміщенням бурту на 5-6 м.

Для отримання гомогенної маси послід з торфом 2-3 рази перемішують і додатково перевантажують з одного бурту в одній на відстані 8-10 м екскаватором Е-304В і з його ж допомогою формують борт висотою до 2-3 м уздовж всього майданчика. Для формування бурту застосовують і одноковшевий фронтальний навантажувач Д-660. Час дозрівання компостів 3-4 місяці; при закладці в весняно-літній період цей термін скорочується до 1,5-2 місяців.

За даним типом приготування органо-мінерального компосту передбачена наступна технологія. На відкриту бетонну площадку завозять торф або інший наповнювач і укладають шаром 25-35 см, потім на нього вивантажують потрібну кількість посліду, розрівнюють і перемішують з торфом. Потім з отриманої суміші формують борт масою 2000 т. Розміри бурту: ширина - 18 м, довжина - 80 м, висота - 2,5 м. Для безперервності технологічного процесу проектом передбачені два майданчики розміром 105x138 м кожна. На одній розміщують п'ять бортів готового компосту. Поки його вивозять в поле, на другому майданчику компост в цей час (2 місяці) визріває. Після вивільнення першого майданчика від компосту на ній знову готують суміш, а з другого відбувається вивезення в поле дозрілого компосту. Таким чином забезпечується безперервність технологічного процесу. Для приготування компосту використовують навантажувачі ПЕ 0,8, ПФП-1,2, бульдозер Д-595 (Д-606), начіплених на трактор Т-74, і тракторні причепи 2-ПТС-4.

У холодний період року компостування припиняється, послід переміщують в крите гноєсховище. Гній в будівлях зберігається протягом 3 місяців. Недолік технології приготування компостів з використанням бульдозера - низька якість суміші, що знижує ефективність добрив, тому

більш перспективними є технології, що забезпечують ретельне змішування компонентів.

Виробництво компостів з використанням штабелюючої машини МТФ-71 або шнекового змішувача – аератора.

Торф автотранспортом завозять на майданчик і машиною МТФ-71 (рис. 1.6, а) або змішувачем-аератором формують в бурт шириною по підставі 8-10 м, висотою до 5 м. Потім на бічній укіс бурту машиною для внесення рідких органічних добрив РЖТ-8 (рис. 1.6, б) з пристосуванням для бокового викиду наносять шар напіврідкого гною. При поступальному русі машини МТФ-71 або змішувача-аератора вздовж штабеля робочим органом зрізається і одночасно перемішується шар торфу з гноем певної товщини.

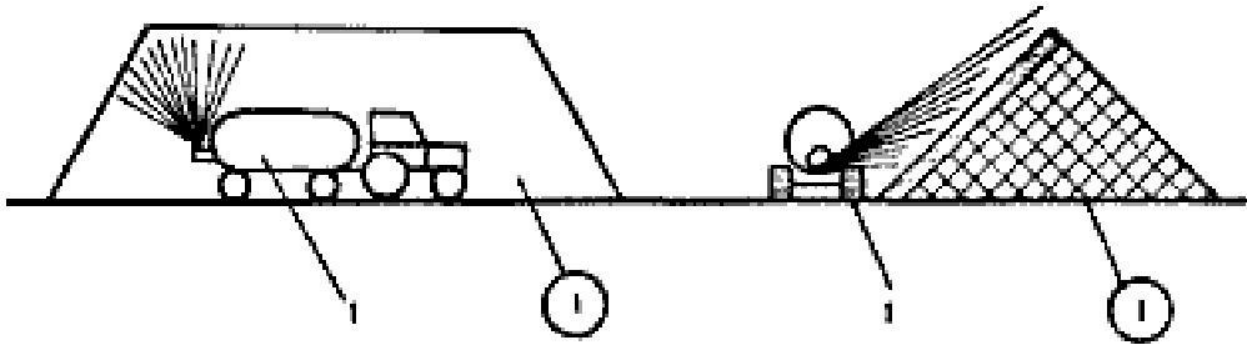


а)

б)

Рисунок 1.6 – Штабелювальна машина МТФ-71 (а); шнековий змішувач-аератор РЖТ-8

Ці операції повторюють до повного переміщення маси бурту на ширину заснування (рис. 1.7). Періодичне аерування суміші здійснюють машиною МТФ-71 або змішувачем-аератором за тим самим принципом, що і при змішуванні компонентів.

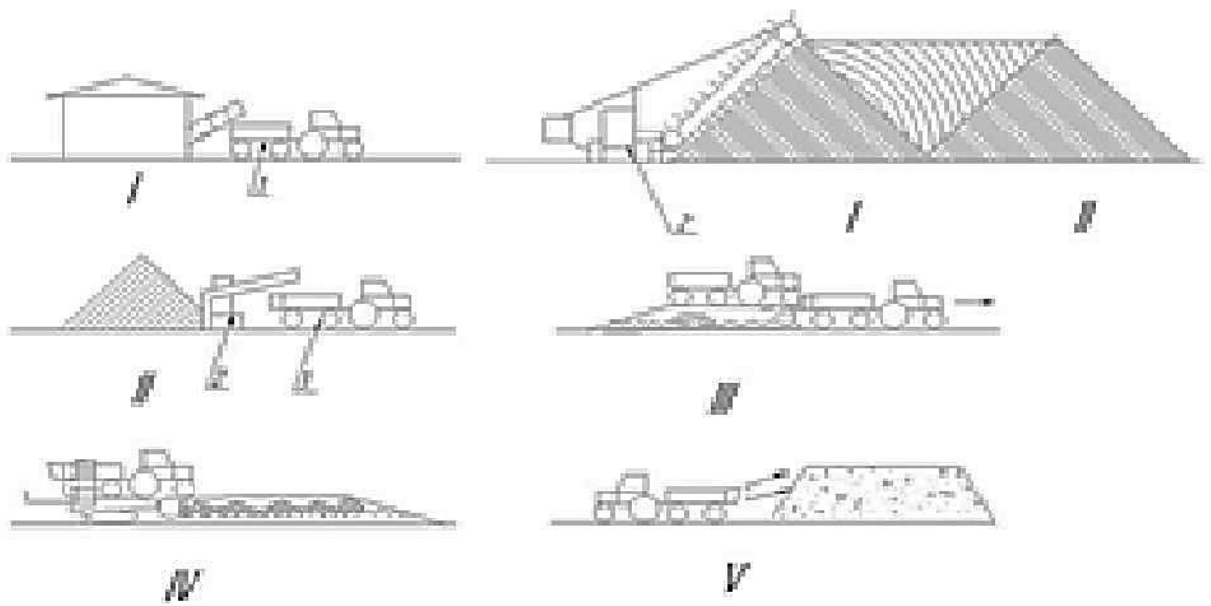


1 - машина для внесення рідких органічних добрив РЖТ (МЖТ) з пристосуванням для бокового викиду

Рисунок 1.7 - Схема виробництва компостів з використанням штабелювальної машини МТФ-71 або шнекового змішувача-аератора: I - штабель торфу.

Виробництво компостів з використанням навантажувача безперервної дії ПНД-250

Розроблена ВНІПТІОУ технологія включає в себе наступні операції (рис. 1.8). Торф вантажиться навантажувачем безперервної дії ПНД-250 (рис. 1.9) в машину для внесення твердих органічних добрив ПРТ-10 і вивозиться в лінзу змішування, де рівномірно розкидається по всій ширині шаром 0,5 м. Гній вивозиться з території птахофабрики в транспортних причепах 2 ПТС-4 і розвантажується з естакади в лінзу змішування на торф рівномірно по обидва боки. Змішування компонентів і навантаження суміші виконуються навантажувачем безперервної дії ПНД-250 в лінзі змішування за два проходи. Навантажувач ПНД-250, рухаючись по лівому краю лінзи, переміщує компоненти збірними робочим органом і завантажує суміш в машину, що рухається по правій естакаді для внесення твердих органічних добрив ПРТ-10. Частину компонентів, що залишилася, навантажувач змішує і відвантажує при зворотному ході.



1 - тракторний причіп 2-ПТС-4; 2 навантажувач безперервної дії ПНД-250; 3 - машина для внесення твердих органічних добрив ПРТ- 10 з робочим органом для формування суміші в бурти

Рисунок 1.8 - Схема виробництва компостів з використанням навантажувача безперервної дії ПНД-250 в лінзі змішування: I - пташник; II - майданчик для зберігання торфу; III - лінза змішування; IV - естакада; V - майданчик компостування



Рисунок 1.9 – Навантажувач безперервної дії

Для забезпечення безперервності технологічного процесу необхідні дві лінзи. Лінза наземна з твердим покриттям довжиною 60 м, шириною 4 м з бічних сторін обмежена естакадами. Естакади призначені для проїзду транспортних засобів при переміщенні гною в лінзи і вивезенні суміші. довжина естакади - 60 м, висота - 1 м, ширина - 3 м. Суміш вивантажують на майданчик компостування машиною для внесення твердих органічних добрив ПРТ-10, обладнаної робочим органом для буртування суміші.

Виробництво компостів з використанням роздавача-змішувача кормів РСП-10

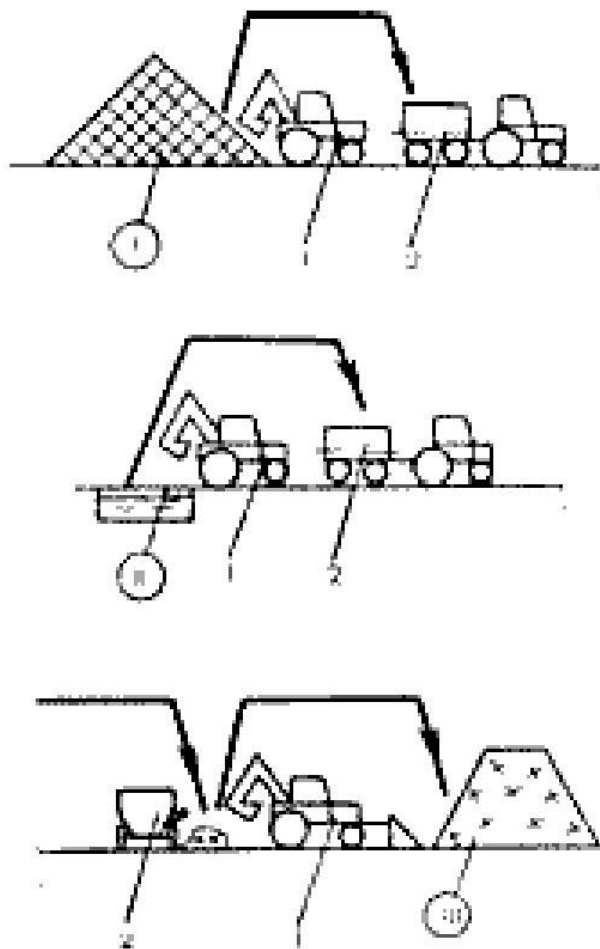
У кузов роздавача - змішувача кормів РСП-10 (рис. 1.10) навантажувачем-екскаватором ПЕ-0,8Б завантажують торф, який зберігається в одній із секцій наземного гноєсховища з бетонним покриттям (рис. 1.11). Потім РСП-10 транспортують в секцію зберігання гною, де навантажувач ПЕ-0,8Б завантажує на торф гній. Існує аналогічний навантажувач АРС-10, що агрегується на шасі автомобіля.



Рисунок 1.10 – Роздавач – змішувач кормів РСП-10

Компоненти дозуються ковшем навантажувального засобу з урахуванням щільності та вологості торфу і гною, а змішуються шнеками змішувача. Готова суміш вивантажується через вивантажувальне вікно на майданчик і формується в бурт.

Роздавальник-змішувач кормів РСП-10 забезпечує високу однорідність суміші при продуктивності 25-30 т / год. При наявності в системі видалення гною з бункерів-накопичувачів роздавальник-змішувач РСП-10 можна використовувати в якості транспортного засобу для вивезення гною і як мобільний змішувач компонентів.



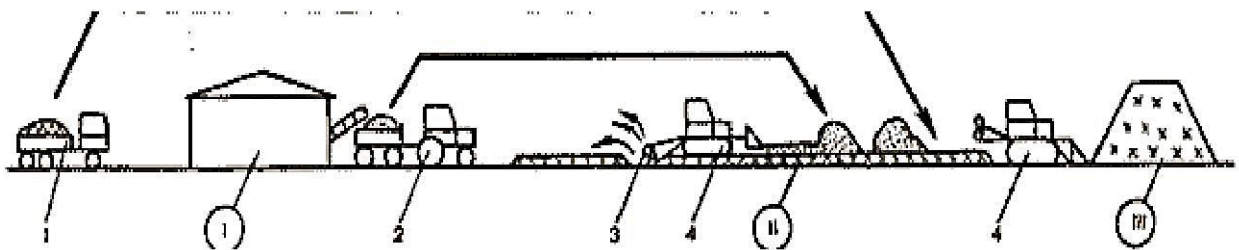
1 - навантажувач-екскаватор ПЕ-0.8Б; 2 - роздавальник- змішувач РСП-10.

Рисунок 1.11 - Схема виробництва компостів з використанням роздатчика- змішувача РСП-10: I - майданчик зберігання торфу; II - навозоприемник; III - майданчик компостування;

Виробництво компостів з використанням змішувача СН-2

Робочий орган представляє собою змішувач, який навішується на бульдозер Д-606, забезпечений уніфікованою системою навішування і ходозменшувачем.

Дана технологія виробництва компостів побудована на наступних процесах (рис. 1.12). На ґрунтовому майданчику або з твердим покриттям за допомогою бульдозера Д-606 формують подушку з торфу товщиною 0,3 м (при необхідності на неї вносять мінеральні добрива), на подушку укладають послід і розрівнюють за допомогою бульдозера. Потім компоненти компосту перемішують змішувачем з заглибленим робочим органом при русі агрегату човниковим способом. В кінці кожного проходу змішувач переводять в транспортний положення.



1 - автосамоскид; 2 - трактор МТЗ з причепом ПТС; 3 - змішувач СН-2;
4 - бульдозер Д-606.

Рисунок 1.12 - Схема виробництва компостів з використанням змішувача СН-2,0: I - пташник; II - майданчик змішування; III - майданчик компостування

Після перемішування компонентів компостну масу зсувають бульдозером Д-606 в бурти висотою до 2 м, після чого з буртів робочим органом екскаватору МТП-71 формується штабель компосту з заданими параметрами. Рівномірність перемішування компонентів досягає 90%.

Виробництво компостів в механізованих гноєсховищах

Технологія передбачає приготування компостів в гноєсховищах, оснащених козловими електрифікованими кранами ККС-Ф-2 (рис. 1.13), а також іншими промисловими або будівельними кранами з грейферними ковшами.

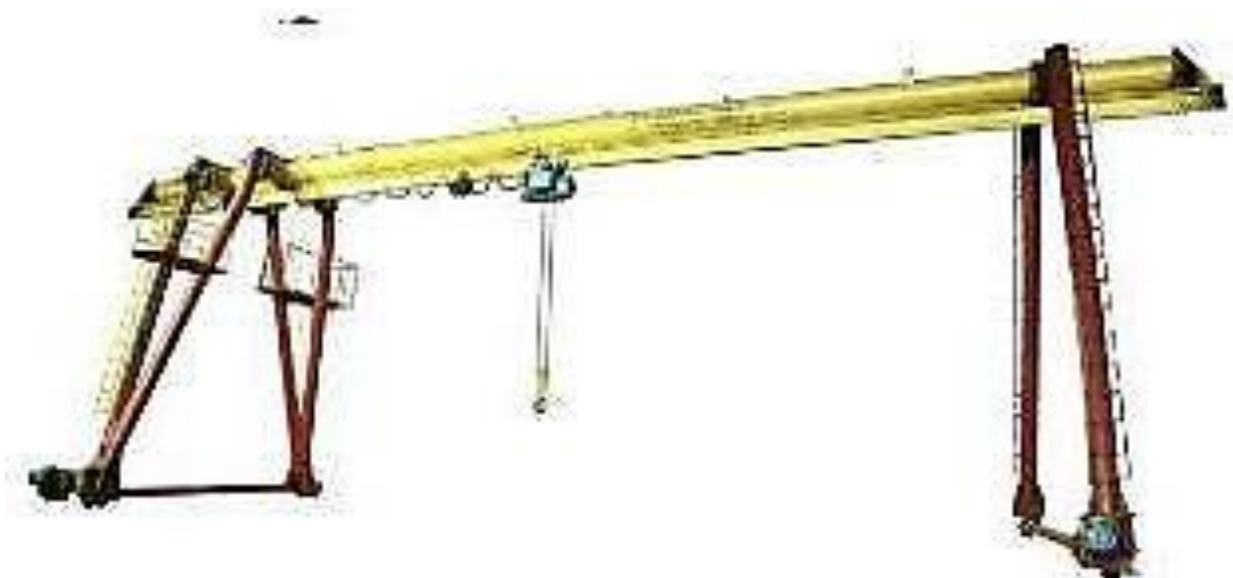


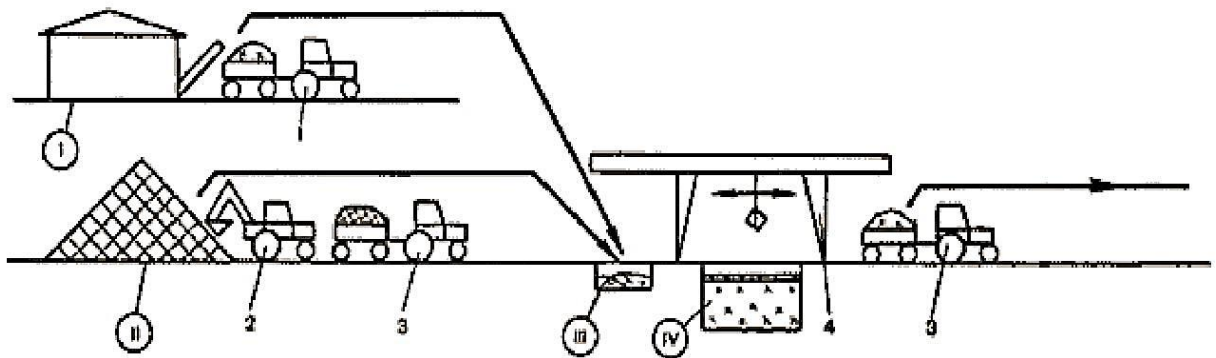
Рисунок 1.13 – Козловий електрифікований кран ККС-Ф-2

Послід та вологопоглинаючий матеріал доставляють транспортними засобами і вивантажують в лінзу, розташовану уздовж компостосховища (рис. 1.14). Кран ККС-Ф-2 укладає компоненти пошарово в компостосховище в заданому співвідношенні. Після дозрівання компост завантажують в транспортні засоби і доставляють на поля для внесення в ґрунт.

Виробництво компостів в стаціонарному механізованому цеху

Робота здійснюється цілий рік, що особливо важливо в районах з низькими температурами. Існує проект цеху з виробництва торфонавозних компостів потужністю 80 тис. т в рік з використанням стаціонарного дозатора-змішувача (СДС). Він складається з прийомних бункерів торфу і

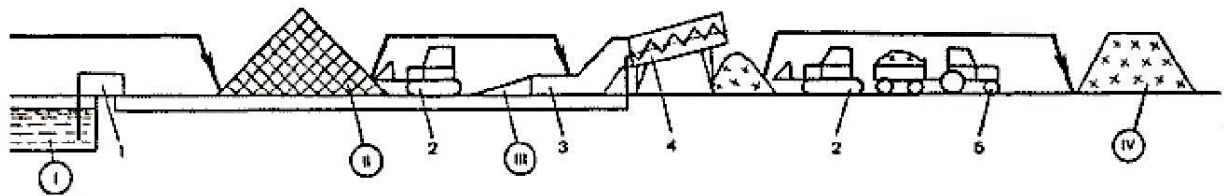
посліду, скребоквих транспортерів, бункерів-дозаторів торфугу, посліду і мінеральних домішок, змішувального пристрою у вигляді горизонтального гвинта з прийомними камерами, похилого гвинтового змішувача і пульта керування. Торф і послід завантажуються мобільним транспортом до відповідного бункера, з якого скребоквими транспортерами подаються в бункери-дозатори. Компоненти дозуються в заданому співвідношенні за допомогою регульованих шибєрних заслінок і надходять в приймальні камери горизонтального гвинта. Звідси суміш надходить в основний похилий гвинтовий змішувач для остаточного змішування і видачі в мобільний транспорт для доставки на майданчик компостування. Продуктивність СДС складає 25 т/год. цех обслуговують 5 чоловік у зміну.



1 - трактор МТЗ з причепом ПТС; 2 - навантажувач - екскаватор; 3 - транспортний засіб; 4 - кран козловий спеціальний ККС-Ф-2

Рисунок 1.14 - Схема виробництва компостів в механізованих навозохранилищах: I - пташник; II-майданчик зберігання торфугу; III - лінза; IV-компостохранилище.

У ВНПТІОУ розроблений технологічний процес виробництва торфонавозних компостів з використанням стаціонарного двогвинтового змішувача конструкції УНІМЕСХ (рис. 1.15).



1 - насос НЖН-200; 2 - бульдозер Д-606; 3 - живильник ПЗМ-1,5; 4 - змішувальні шнеки; 5 - транспортний засіб.

Рисунок 1.15 - Схема виробництва компостів з використанням стаціонарного двогвинтового змішувача: I - гноєсховище; II - майданчик зберігання торфу; III - естакада для завантаження торфу; IV - майданчик компостування

Торф з майданчика зберігання по завантажувальній естакаді бульдозером Д-606 подається у планчатий живильник (АВМ-1,5), звідки він потрапляє на змішувальні гвинти. Послід від пташників доставляється в гноєсховище мобільним транспортом і насосом НЖН-200 по трубопроводу подається на змішування. Подачу гною регулюють засувкою на трубопроводі. Співвідношення торфу до гною (по масі) - 1: 1, підстилкового до напіврідкого гною - 0,4: 1. Для отримання якісного компосту на 1 т суміші додають 20 кг фосфоритного борошна і 10 кг хлористого калію. Мінеральні домішки змішуються в необхідній пропорції і дозовано подаються в живильник торфу за допомогою дозатору - змішувача мінеральних добрив. Змішування компонентів здійснюється гвинтами стаціонарної установки. Компостна суміш вивантажується в транспортні засоби і вивозиться на майданчик компостування, де вантажним краном МТТ-16 формується в штабелі. Після закінчення процесу біотермічного знезараження готовий компост вивозиться для внесення в ґрунт винограднику.

Продуктивність обладнання - 100-120 т компостної суміші на годину. Собівартість 1 т торфонавозного суміші - 2000 грн. Один із стаціонарних способів приготування органомінерального компосту включає в себе використання стаціонарного лопатевого змішувача СМС-95А (рис. 1.16).

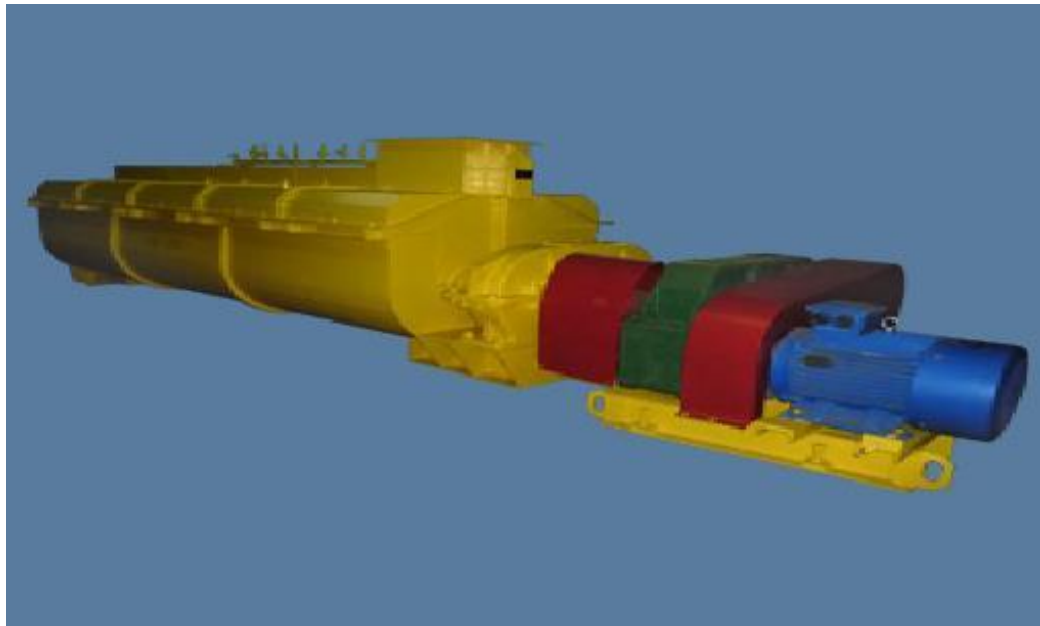
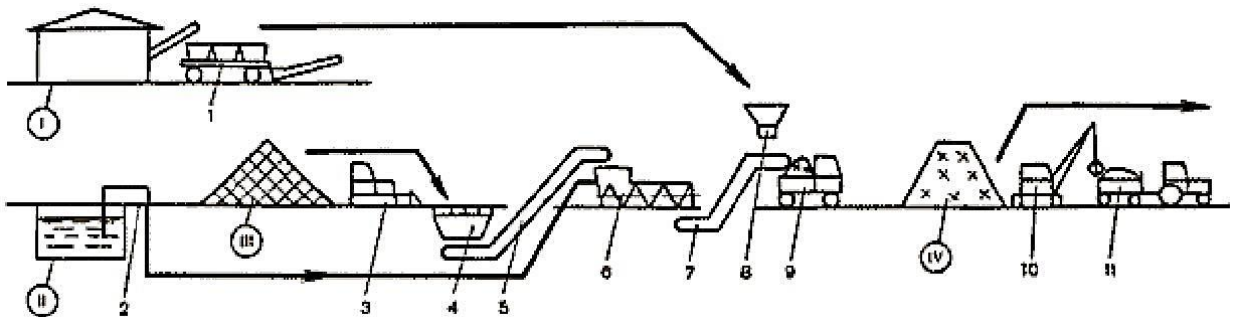


Рисунок 1.16 - Стационарний лопатевий змішувач СМС-95А

Технологічний процес виробництва компостів представлений на рисунку 1.17.



1 - установка тукозмішувальної УТС-30; 2 - насос НЖН-200; 3 - бульдозер; 4 - приймальний бункер торфу з віброрешітки; 5 - транспортер подачі торфу; 6 - змішувач СМС-95А; 7 - транспортер видачі суміші; 8 - дозатор мінеральних домішок; 9 - автотранспорт; 10 - кран МТТ-16; 11 - машина для внесення твердих органічних добрив РОУ-6

Рисунок 1.18 - Схема виробництва компостів з використанням стаціонарного лопатевого змішувача СМС-95А: I - пташник; II - гноєприймач; III - майданчик зберігання торфу; IV - майданчик компостування

Торф з майданчика зберігання бульдозером подається на віброрешітки приймального бункера торфу, з якого транспортером завантажується в змішувач СМС- 95А. Гній з приймача транспортується на змішування по трубопроводу насосом для рідкого гною НЖН-200. Мінеральні домішки завантажуються в тукозмішувальну установку УТС-30 і транспортером подаються в бункер-дозатор мінеральних домішок, який встановлений над транспортером вивантаження суміші. Компостна суміш вивантажується транспортером в транспортні засоби і доставляється на майданчик компостування, де формується в бурти вантажним краном МТТ-16.

Виробництво коропослідних компостів

В умовах нечорноземної зони додатковим джерелом сировини для виробництва органічних добрив може стати деревна кора, тим більше що більшість лісопромислових і деревообробних підприємств розташовані в північних і північно-західних регіонах країни, тобто там, де особливо відчувається дефіцит в органічних добривах.

Удобрювальна цінність кори в свіжому вигляді невелика: вона бідна азотом і елементами мінерального живлення рослин. При внесенні в ґрунт мікробіологічне розкладання її відбувається за рахунок ґрунтових запасів цих елементів, тим самим погіршується харчування рослин. Тому деревну кору застосовують тільки в поєднанні з іншими компонентами, багатими основними поживними елементами і, перш за все, азотом. Хорошим компонентом для отримання повноцінного добрива з деревної кори є гній.

Оскільки гуміфікація клітинних оболонок кори відбувається тільки після руйнування ізолюючих шарів коркової тканини, необхідно попереднє подрібнення її на дрібні частинки. Чим менше будуть частинки, тим швидше протікає процес компостування.

Розмел кори до необхідного ступеня дисперсності - найбільш складна і відповідальна частина технологічного процесу, так як від розмірів частинок в

значній мірі залежать витрати гною, тривалість компостування, і як наслідок розміри майданчика під бурт.

Вихідна кора, яка використовується для виробництва компостів, повинна мати вологість не більше 60%, містити домішки деревини до 15%, частинок розміром 10-40 мм - до 40%, причому частинок розміром 40 мм - не більше 15%.

Співвідношення кори і гною при весняно-літньої закладці становить 1 : 1, при осінньо-зимовій може бути збільшено до 2 : 1, вологість суміші 65-70%. Фосфоритне борошно додається в кількості 2 - 3% від загальної маси.

Сприятливі умови для компостування кори створюються при формуванні буртів наступних розмірів: ширина в основі - 4-6 м, висота - 2,2 - 2,5 м, довжина приймається в залежності від обсягу закладається компосту. Тривалість дозрівання компостів, як показали дослідження, складає близько 12 місяців.

Технологія виробництва компостів наступна. На майданчику компостування бульдозерною начіпкою агрегату Д-606 зі змішувачем СН-2,0 формують шар кори товщиною 0,2-0,3 м, шириною 30-40 м. На цю подушку за допомогою РУМ-5 або РУМ-8 розподіляється фосфоритне борошно, а потім пташиний послід. Компоненти ретельно перемішуються змішувачем СН-2,0 (рис. 1.18) При русі агрегату вперед змішувач опускається в робоче положення і підрізний ніж спрямовує шар компонентів, що перемішуються, на забірний гвинт, звідти вся маса потрапляє на перемішуючий гвинт. Агрегат рухається по майданчику при перемішуванні компонентів човниковим способом. В кінці кожного гону змішувач перекладається в транспортне положення.

Після перемішування компостна суміш формується в бурт. Компости готують на майданчиках як з твердим покриттям, так і на ґрунтових.

Добрива з деревної кори і гною використовують при вирощуванні різноманітних сільськогосподарських культур, а також посадкового матеріалу в лісорозсадниках.



Рисунок 1.18 - Робочий орган змішувача СН-2,0

Виробництво органічних добрив з використанням деревної кори і пташиного посліду дозволяє утилізувати відходи лісопереробних підприємств та промислового птахівництва. При цьому усуваються негативні якості вихідної сировини, знижується небезпека забруднення навколишнього середовища і збільшується вихід місцевих добрив.

Виробництво землеспідних компостів

У ряді регіонів відсутні закладення торфу, а побічна продукція рослинництва використовується як корм для тваринництва. У цих умовах гній краще компостувати з намітої ґрунтом балок і конусів виносу [4,⁵]. Завдання полягає в тому, щоб підібрати оптимальне співвідношення компонентів, забезпечити гарну якість компосту, рівномірно розподілити їх в загальній масі.

Для приблизного розрахунку беруть потужність намитого шару ґрунту, який використовують для разового компостування, 50 см. Маса цього шару на площі 1 га в залежності від маси намитої ґрунту становить в середньому близько 6000 т. ³¹ Для досягнення оптимальних сумішей і вмісту біофільних елементів в компості співвідношення гною і намитого ґрунту має становити 2 : 1, тобто на площі 1 га намитого ґрунту можна виробляти 18 000 т компосту.

У зоні діяльності птахівничого підприємства обирають 2-3 ділянки в балках з намитими ґрунтами або з муловими відкладеннями вільних водойм. Площа, придатна для виробництва компостів, повинна бути не менше 0,25 га, а потужність намитого шару - 50 см.

ґрунт на обраній ділянці аналізують на засоленість, вміст гумусу, рухомих форм елементів живлення, а також на гранулометричний склад, кислотність, наявність карбонатів, поглиненого калію, магнію (при необхідності і натрію). Результати аналізів служать підставою для вирішення питання про доцільність компостування і згодом використовуються при розробці техноробочого проекту і проектно-кошторисної документації для кожної конкретної ділянки.

Виробництво компосту на обраній ділянці починають з транспортування напіврідкого гною вологістю до 80% і внесення його у розрахунку 350 т/га. Після цього проводять оранку на глибину вибірки намитого шару ґрунту (50 см), рілля обробляють дисковими боронами і ділянку обваловують в нижній частині ухилу.

Надалі машиною для внесення рідких органічних добрив РЖТ на обраній майданчик вносять гній вологістю понад 86% з розрахунку 800 т/га. Через 7-14 днів проводять розпушування культиватором і ділянку розбивають на сектори шириною 75-10 м і довжиною до 100 м. У центрі кожного сектора бульдозером нарізають «кишені» шириною 2,5-3 м і глибиною 0,5 м, які заповнюють гноєм з розрахунку 1,2 т/м². Один бурт формують збором компостної маси з трьох секторів, загальна ширина яких

23-30 м. При довжині площадки 100 м в бурт укладається 4500-6000 т компосту.

Змішування компонентів і формування бурту починають в середньому з трьох секторів. Цю роботу виконують бульдозером. Потім змішують компоненти на крайніх секторах, і суміш остаточно формують в бурт в середньому секторі.

З цієї ж технології готують бурти в інших секторах. На площі в 1 га намитого ґрунту винограднику закладають чотири бурти із загальною масою компосту 18 тис. тонн.

1.4. Аналіз механізованої техніки для приготування органомінерального компосту

Приготування компосту, а тим більше органомінерального, є трудомісткою і складною технологічною операцією, так як доводиться переміщати велику кількість посліду, торфу та інших компонентів, а також вивірено дозувати мінеральні добрива. Тому для полегшення, покращення та здешевлення процесу використовують механізовану техніку, адаптовану під приготування компосту або спеціально розроблену. Однією з таких машин, спеціально розроблених і застосовуваних в Європі і Америці для провітрювання, ворошіння і перемішування компостних буртів, є ALLU AS 26 [6]. Дана машина (рис. 1.19) - самостійне обладнання, здатне працювати повністю автономно без будь-якого додаткового обладнання. Приводиться в рух дизельним двигуном Volvo TWD 710, обертання робочого органу забезпечується за допомогою гідравлічного двигуна. Робочий орган складається з перемішувачів барабанів діаметром 1,25 м, змонтованих на 5-метровому валу. Для управління ALLU AS 26 необхідний один оператор, який може керувати як дистанційно зовні, так і перебуваючи в кабіні, через ручне керування.

ALLU AS 26 має наступні технічні характеристики:

- 1) максимальна ширина бурту 5,5 м;
- 2) максимальний обсяг бурту 6 м³;
- 3) робоча швидкість 50 ... 500 м/год залежно від матеріалу;
- 4) швидкість руху 2 км/год;
- 5) продуктивність від 300 кг/год.
- 6) загальна маса 12 т.



Рисунок 1.19 - ALLU AS 26 в роботі

Модифікованим варіантом ALLU AS 26 є ALLU AS 38 [7]. Її відмінність полягає в габаритних розмірах і більш високій продуктивності (Рис. 1.20). ALLU AS 38 можна використовувати не тільки як ворушилку компосту, але і як ворушилку більш щільних компонентних матеріалів. Технічні характеристики ALLU AS 38: 1) максимальна ширина бурту 8 м; 2) максимальний обсяг бурту 12 м³; 3) робоча швидкість 50 ... 500 м/год

залежно від матеріалу; 4) швидкість руху 2 км/год; 5) продуктивність від 1100 кг/год; 6) загальна маса 22 т.



Рисунок 1.20 – ALLU AS 38 в роботі

Італійські виробники компанії "Агрі Технік" виробляють [8] обладнання для компосту SEKO (рис. 1.21). Це самохідні машини, що дозволяють виготовляти якісний компост з горизонтальним ротором. Високоєфективне перевертання і перемішування маси забезпечується завдяки ротору з подвійним витком; порізка довших частинок і розбивка можливих мас підвищеної вологості - за допомогою леза, яким обладнаний ротор; очищення проходів між рядами завдяки конвеєрам плугового типу, встановленим збоку (гідравлічний привід).

Технічні характеристики SEKO:

- 1) максимальна ширина бурту 5,7 м;
- 2) максимальний обсяг бурту 17,1 м³;
- 3) робоча швидкість 40 ... 100 м/год залежно від матеріалу;

- 4) швидкість руху 1,5 км/год;
- 5) продуктивність від 180 кг/год;
- 6) загальна маса 4 т;
- 7) Робоча ширина від 2,4 до 5,7 м;
- 8) Максимальна робоча висота від 1,3 до 3,0 м.



Рисунок 1.21 – Обладнання для компосту SEKO

З вітчизняних спеціалізованих навантажувачів-змішувачів випускався ПНД-250. В Україні серійно вироблявся навантажувач ПНД-250А, призначений для подрібнення і навантаження добрив і використовуваний для виготовлення органомінеральних добрив (рис. 1.22) [9].



Рисунок 1.22 – Навантажувач ПНД-250А

Навантажувач ПНД-250 складається з рами, на якій закріплені механізми прийомних і вивантажувальних транспортерів, ходозменшувача, гідросистеми, приводів робочих органів і транспортерів. Процес роботи навантажувача відбувається наступним чином: добрива, захоплювані робочим органом (фрезою), потрапляють в ліву частину ковша і на приймальний транспортер, потім в вивантажний і в кузов трактора. ПНД-250 працює на базі трактора ДТ-75 і обслуговується трактористом. Робочий орган складається з відвалу і фрези. У свою чергу фреза включає в себе дві частини: фрезерну, у вигляді лопаток на стійках, і гвинтову, що має ріжучі сегменти.

СЗУ-20 стаціонарно-пересувний причіпний (рис. 1.23) змішувач-завантажувач добрив. Призначений для змішування кількох видів сухих мінеральних добрив, здійснює одночасне завантаження готової суміші в кузов транспортного засобу. СЗУ-20 складається з рами, напівпричепа, кузова вантажопідємністю 3т, розділеного на три частини. Агрегатується з трактором МТЗ - 82, робочий орган приводиться в рух від ВВП або

електродвигуна. Робочими органами є гвинтовий поворотний транспортер-змішувач першої ступені і барабанно-дифузний другого ступеня, а також вивантажний механізм з можливістю повороту на 180° [10].

Існують пересувні механізовані засоби приготування органомінерального компосту, які були представлені вище, а також стаціонарні.



Рисунок 1.23 – Змішувач – завантажувач добрив СЗУ – 20

1.5 Класифікація технічних засобів для приготування органомінерального компосту

Після аналізу існуючих засобів механізації приготування компосту стало можливим сформулювати основні конструктивно-технічні ознаки та класифікацію.

Розрізняють пересувні, мобільні і стаціонарні (ПЗМ-1,5, ККС-Ф-2) механізовані засоби для приготування компосту.

Мобільні засоби не залежать від місця приготування компосту, швидко переміщаються на різних майданчиках і є більш універсальними механізованими засобами.

За призначенням змішувачі поділяють на багатофункціональні (МГФ-71, 1-РМГ-4) і спеціальні (СДС, МС 120); змішувачі-транспортери (СЗУ-20) і змішувачі-навантажувачі (ПНД-250).

Також існують інші ознаки, за якими класифікують технічні засоби для приготування органомінерального компосту - кількість робочих органів, один або два (СПУ-40М, ПДТ-1,5), наявність відвантажувального транспортера, який буває стрічковим, скребковим, гвинтовим.

Основним критерієм класифікації є робочий орган, що виконує основну функцію. Робочий орган в залежності від елементів може бути шнековим, у якого функцію змішування виконує гвинт; роторний - з обертаючими ножами, встановленими у вигляді ротора; лопатевим - у вигляді лопатевого барабана. Існують сегментні і пальцеві конструкції робочих органів.

Привод змішувачів здійснюється від гідроприводу, електродвигуна, валу відбору потужності трактора.

Залежно від кількості і виду матеріалів, що змішуються змішувачем, існують спеціальні, що працюють тільки з одним видом матеріалу, і універсальні, що працюють з різними видами матеріалу.

Аналіз існуючих технічних засобів, що використовуються для приготування органомінерального компосту, показує, що незважаючи на наявні дослідження, фізичні процеси, що відбуваються при змішуванні компонентів, розглянуті недостатньо, що не дозволяє застосовувати їх для обґрунтування параметрів робочих органів навантажувачів-змішувачів, які суміщають операції змішування і навантаження. Всі операції виконуються послідовно, для кожної використовується окрема машина. У виробництві органомінерального компосту суміщення операцій дозволяє значно зменшити витрати і знизити трудомісткість. Створення та обґрунтування параметрів навантажувача-змішувача, що дозволяє поєднати операції змішування і навантаження з одночасним дозуванням мінеральних добрив, є актуальною проблемою.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ОРГАНОМІНЕРАЛЬНОГО КОМПОСТУ НАВАНТАЖУВАЧЕМ-ЗМІШУВАЧЕМ

2.1 Аналіз існуючих досліджень процесу роботи навантажувачів – змішувачів для виробництва компосту

Процеси змішування та приготування компостів представляють великий науковий інтерес, тому їх дослідженню присвячено ряд раніше виконаних робіт.

Дослідженню навантажувача-змішувача добрив СПУ-40М присвячені роботи Н.В. Павлова.

У них розглянуті питання взаємодії робочих органів фрезбарабана живильника навантажувача з органічними добривами теоретичного і експериментального плану [11]. Особливу увагу приділено процесу фрезерування. Для визначення роботи фрезерування розглядали залежності, запропоновані Е.П. Логутенко [12]:

$$A_{\text{тр}} = m_2 \frac{v_1^2}{R_1^2} R l f_1 \sin \alpha \left(\frac{l}{\Delta r} + \frac{l}{r} \right) L k_{\sigma} + m_1 \frac{v_1^2}{R_1} f_2 L k_{\sigma}; \quad (2.1)$$

$$A_{\text{к}} = \frac{m_1 v_1^2}{2}; A_{\text{д}} = \frac{m_1 m_2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} k_{\sigma},$$

де $A_{\text{тр}}$ - робота, необхідна для подолання опору сил тертя;

v_1 - швидкість матеріалу;

R_1 - відстань від центра ваги молотка до центру фрезбарабана;

R - радіус фрезбарабана;

l - відстань від центра ваги шарніра до центра ваги молотка;

f_1 і f_2 - коефіцієнти тертя відповідно матеріалу по молотку і внутрішнього тертя молотка;

r - радіус шарніра;

L - шлях, що проходить молоток в матеріалі;

k_{σ} - коефіцієнт, що враховує деформування вантажу;

A_k - робота, необхідна для відкидання матеріалу;

A_d - робота, необхідна для деформації матеріалу.

В результаті подальших досліджень запропоновано рівняння для визначення потужності на відділення частини гною від основного масиву

$$N_{cp} = \frac{Q}{\eta_m} \left\{ \frac{A_s \eta_{12} \eta^3 \sqrt{n_s}}{\eta_3 \gamma} + \frac{\eta_k P_0^2 l_{нсс} (k/p) l}{\eta_3 \gamma k l \eta_0} + \frac{g f l}{\eta_3} \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{\eta_A}{\mu_0} + \eta_{po} + \frac{\eta_b^2 \eta_1}{2 \eta_0^2} \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \right] + g h + \frac{V^2}{2} \right\} \quad (2.2)$$

де N_{cp} - середня потужність при навантаженні, Вт;

Q - продуктивність навантажувача;

γ - об'ємна вага матеріалу, кг/м³;

l - довжина стінки, м;

φ - кут внутрішнього тертя, град;

f - коефіцієнт внутрішнього тертя;

P_0 - межа несучої здатності матеріалу;

$\eta_b, \eta_{ve}, \eta_s, \eta_3, \eta_k, \eta_A, \eta_0, \eta_{po}, \eta_1, \eta_v$ - коефіцієнти.

Дослідженнями Н.В. Павлова встановлено показники ефективності змішувача-навантажувача СПУ-40М, проте він розглядав тільки фрезерування і навантаження, практично не приділяючи увагу при цьому процес змішування компонентів органічних добрив.

Дослідженню навантажувача-змішувача для ґрунтових сумішей, використовуваних в теплицях, присвячена робота А.О. Везирова [13]. Відокремлення і перемішування компонентів ґрунтової суміші навантажувач-змішувач виконує гвинтовим робочим органом, оснащеним зубами з ріжучими поверхнями спеціальної форми. Зуби забезпечують відділення частин компонентів від основного масиву, їх подрібнення і

подальше перемішування. Відмінність запропонованого навантажувача-змішувача від попередніх навантажувачів безперервної дії полягає у його пристосованості до умов тепличного виробництва, оскільки потрібна висока якість змішування. У дослідженнях встановлено, що якість змішування компонентів ґрунту залежить від ступеню їх крошення. При високому ступені крошення компоненти при русі добре змішуються між собою. У свою чергу ступінь кришення прямо залежить від зусиль, що передаються на компоненти ґрунту при взаємодії з ними зуба робочого органу. Продуктивність навантажувача для суміші, що складається з n компонентів, при кількості зубів z , одночасно виконують відділення, пропонується визначати за формулою

$$Q_n = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots + \rho_n V_n) / t = (\rho_1 B_3 \frac{V\pi(y_2 - y_1)}{2\omega} + \rho_2 B_3 \frac{V\pi(y_3 - y_2)}{2\omega} + \dots + \rho_n B_3 \frac{V\pi(y_{n+1} - y_n)}{2\omega}) z K_z / t \quad (2.3)$$

де $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ - щільність 1, 2, ..., n -го компонента, кг/м^3 ;

V_1, V_2, \dots, V_n - відокремлений об'єм 1, 2, ..., n -го компонента, м^3 ;

t - час проходження зуба через все n компонентів ґрунтової суміші;

B_3 - ширина зуба;

y_1, y_2, y_3 - верхня межа шарів компонентів ґрунтової суміші;

ω - кутова швидкість обертання робочого органу навантажувача, $1/\text{с}$;

K_z - коефіцієнт впливу кількості зубів.

Потужність на відділення компонентів зубами рекомендовано визначати за виразом

$$P_p = \sum F_3 v_3 = \frac{z_3}{4} \sigma_p b B \sin(\varphi_{\text{тр}} + \frac{\gamma}{2}) v_3 \quad (2.4)$$

де z_3 - повне число зубів, встановлене на робочому органі.

У даній роботі теоретично ступінь змішування пропонується оцінювати ступенем крошення компонентів ґрунтової суміші. Технологічні показники, що визначають якість приготованих сумішей, - якість змішування компонентів, що характеризується коефіцієнтом якості змішування K ; вологоємність, повітряємність досліджували експериментальним шляхом. Встановлено значення конструктивних і режимних параметрів, при яких критерії оптимізації відповідають найбільшій ефективності навантажувача-змішувача.

Слід зазначити, що робота спрямована на дослідження процесу змішування компонентів ґрунтових сумішей. Процес змішування компосту з мінеральними добривами не розглядався. Ступінь крошення не в повній мірі дозволяє описати процес змішування органіномінерального компосту.

Вдосконалення технології і технічних засобів приготування компосту з ґною великої рогатої худоби та відходів деревообробки присвячена робота С.В. Петунова [14]. В роботі запропоновані динамічна модель приготування компосту, а так само математична модель біотермічного процесу в наступному вигляді

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= (\mu - \bar{\mu})T; \\ \frac{dS}{dt} &= \tau q_S T - Q + \bar{Q}; \\ \frac{dP}{dt} &= q_P T - M + \bar{M} \end{aligned} \quad (2.5)$$

де T, S, P - концентрації біомаси, субстрату і продукту метаболізму, кг/т;

τ - тривалість компостування, діб.;

μ і $\bar{\mu}$ - питомі швидкості росту і автолізу біомаси, діб⁻¹;

q_S і q_P - питомі швидкості утворення субстрату і продуктів метаболізму, діб⁻¹;

Q і \bar{Q} - швидкості утворення (або розкладання) субстрату і продукту метаболізму, кг/(т. на добу);

M і \bar{M} - швидкості масообміну і субстрату і продукту метаболізму з однієї фази в іншу, кг/(т. на добу.).

Запропоновано рівняння теплового балансу, схеми теплових потоків і операційна схема технологічної системи приготування компосту. В результаті досліджень встановлено, що кількість теплоти, що виділяється при компостуванні, залежить від швидкості розпаду органічної речовини і характеризується питомим тепловиділенням суміші з гною ВРХ та відходів деревообробки. В висновках вказується, що максимальне питоме тепловиділення, рівне 48,3 кДж/кг добу, отримано при вологості суміші 68%, довжині тріски 2-5 мм, співвідношення вуглецю і азоту 18 : 1. В іншому висновку зазначаються обґрунтовані конструктивні і режимні параметри запропонованого сепаратора: діаметр 300 мм; кількість зубів 8, висота 60 мм; зазор між дисками 7 мм; питома продуктивність 48,3 т/м³ год, швидкість обертання зубчастих дисків 74 хв⁻¹.

Однак, в даній роботі сам процес змішування розглянуто в основному з позицій теплового балансу і як операційна схема. Підвищення ефективності переробки органічних відходів в добрива шляхом вдосконалення процесу змішування розглянуто в роботі І.П. Новікова [15]. Об'єктом дослідження є процес змішування компонентів в технологічній лінії виробництва біокомпостів. Автор досліджував вузол змішування вихідних компонентів для технологічної лінії виробництва. Також приведена система управління основними параметрами процесу змішування. Запропоновано загальну модель процесу формування рівномірності розподілу вихідних компонентів в заздалегідь підготовленій масі в кінці процесу змішування з урахуванням впливу заданої продуктивності лінії (рис. 2.1).

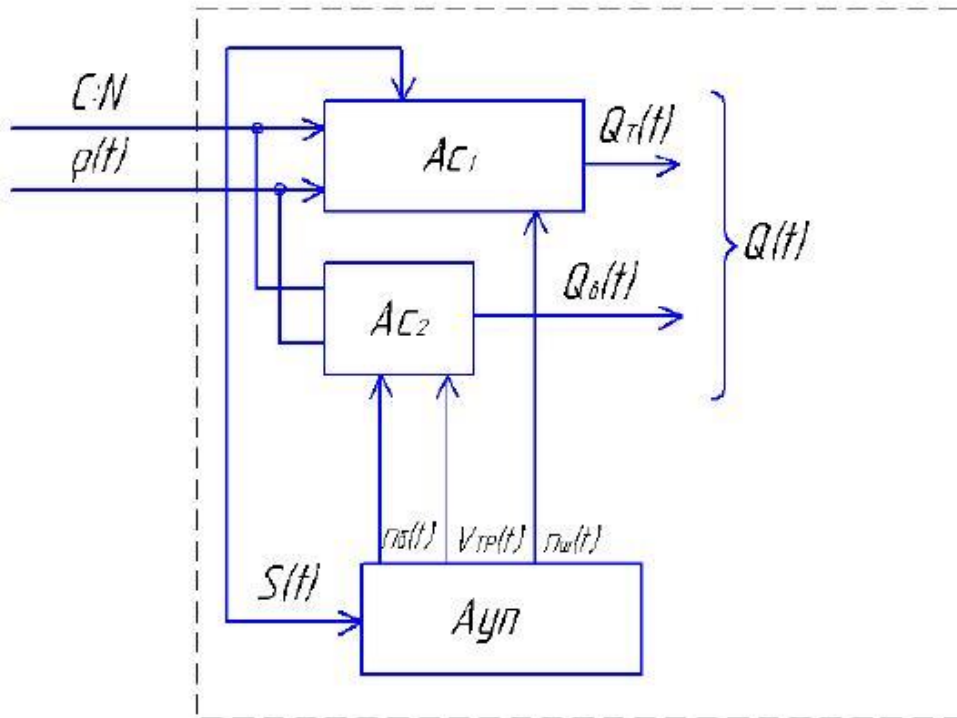


Рисунок 2.1 - Загальна модель процесу формування однорідності розподілу компонентів в масі при змішуванні

Прийнята модель описується оператором AQ - сукупністю з двох операторів перетворення приватних моделей - AC_1 і AC_2 . Вони перетворюють вхідні впливи: вологість вихідних компонентів, торфу та курячого посліду $\rho(t)$, відношення вуглецю до азоту в вихідних компонентах $C : N$, продуктивність вузла змішування і, як наслідок, режими роботи робочих органів, рівномірність розподілу вихідних компонентів в заздалегідь підготовленій компостній масі після змішування $Q(t)$.

У роботі розглядалася кожна приватна модель, яка вводить в оператор AQ , а також оператор зовнішніх збурень $A_{уп}$. І.П. Новиков розробив оператор AQ в вигляді двомірної моделі, який розбитий на дві елементарні моделі з операторами AQ_1 , AQ_2 , $A_{уп}$ представляють собою систему. Модель, що описує процес формування показника рівномірності розподілу вихідних компонентів в компостній масі, являє собою систему з двох елементарних моделей.

$$\left. \begin{aligned} Q_B^1(t) &= A_{Q1}[C : N(t); \rho(t)] \\ Q_T^2(t) &= A_{Q2}[C : N(t); \rho(t)] \\ S(t) &= A_{y\Pi}[n_6(t); n_{ш}(t)]; V_T(t) \end{aligned} \right\}; \quad (2.6)$$

$$A_Q = \begin{vmatrix} A_{Q1} \\ A_{Q2} \\ A_{y\Pi} \end{vmatrix}. \quad (2.7)$$

Складові, що входять до процесів вектор-функції F є постійними величинами, і їх значення лежать в межах допусків, що визначають оптимальне співвідношення вихідних компонентів в компостній масі для сприятливого перебігу процесу. У даних дослідженнях значення оптимальних параметрів процесу компостування, таких як відношення вуглецю до азоту і вологість компостної маси брали на основі даних попередніх досліджень. Автор приймає, що вид і структура оператора AQ , що описує перетворення вхідного процесу $F(t)$ з параметрами $C : N(t)$ і $\rho(t)$ у вихідний процес $Q(t)$, є математична модель процесу роботи вузла змішування.

У даній роботі процес формування показника рівномірності розподілу вихідних компонентів показаний у вигляді операторів, без розгляду взаємних переміщень частин матеріалів.

Таким чином, незважаючи на наявні дослідження, фізичні процеси, що відбуваються при змішуванні компонентів, розглянуті недостатньо, що не дозволяє застосовувати їх для обґрунтування параметрів робочих органів навантажувачів-змішувачів, які суміщають операції змішування і навантаження.

2.2 Технологічна схема запропонованого способу приготування органомінерального компосту

Спосіб приготування органо компосту здійснюється наступним чином (рис. 2.2). На майданчик певного розміру завозять торф, лігнін і формують торф'яну подушку товщиною 0,25-0,30 м. Потім укладають і розрівнюють шар посліду, торфу, соломи чергуючи пошарово. Компостну масу бульдозером згрібають в штабелі шириною 4-6 м, висотою 3-4 м. При формуванні органомінерального компосту компостну масу слід перемішувати дисковою бороною. Мінеральні добрива вносять безпосередньо перед навантаженням навантажувачем-змішувачем, який має дозатор мінеральних добрив. Для здійснення даної технології розроблено новий навантажувач-змішувач (рис. 2.3) органомінеральних добрив, який дозволяє рівномірно перемішувати мінеральні добрива всередині компосту під час навантаження. Навантажувач-змішувач складається з базової машини 1, редуктора 6, закріпленого на рамі 2 навантажувача- змішувача, стрічкового гвинта 5 з валом 4, що приводиться в рух від вала відбору потужності (ВВП) 14 через ланцюг 15 муфту 8 і зірочку 9. До складу навантажувача-змішувача також входять відвантажувальний транспортер 11 і бункер-дозатор 10 з вивантажувальними отворами і дозуючим валом 13. Завдяки жорсткому кінематичному зв'язку вал 4 через ланцюг 12 і зірочку 9 обертає дозуючий вал 13.

Бункер-дозатор має дві розділені секції, що дозволяє подавати на шнек два види мінеральних добрив. Вивантажувальні вікна бункера-дозатора розташовані таким чином, щоб мінеральні добрива подавалися до місця переміщення матеріалу шнеком.

Запропонована технологія

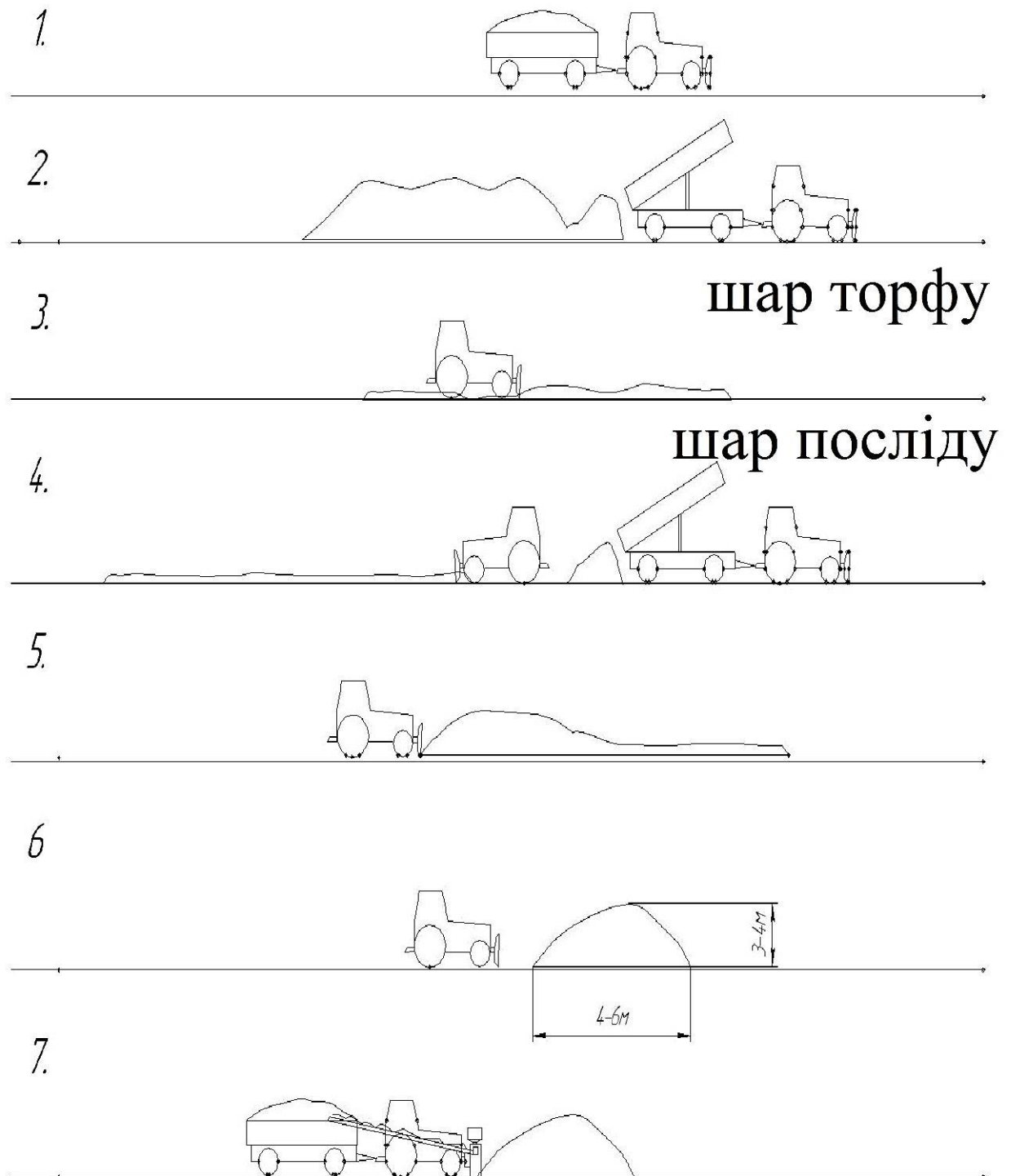
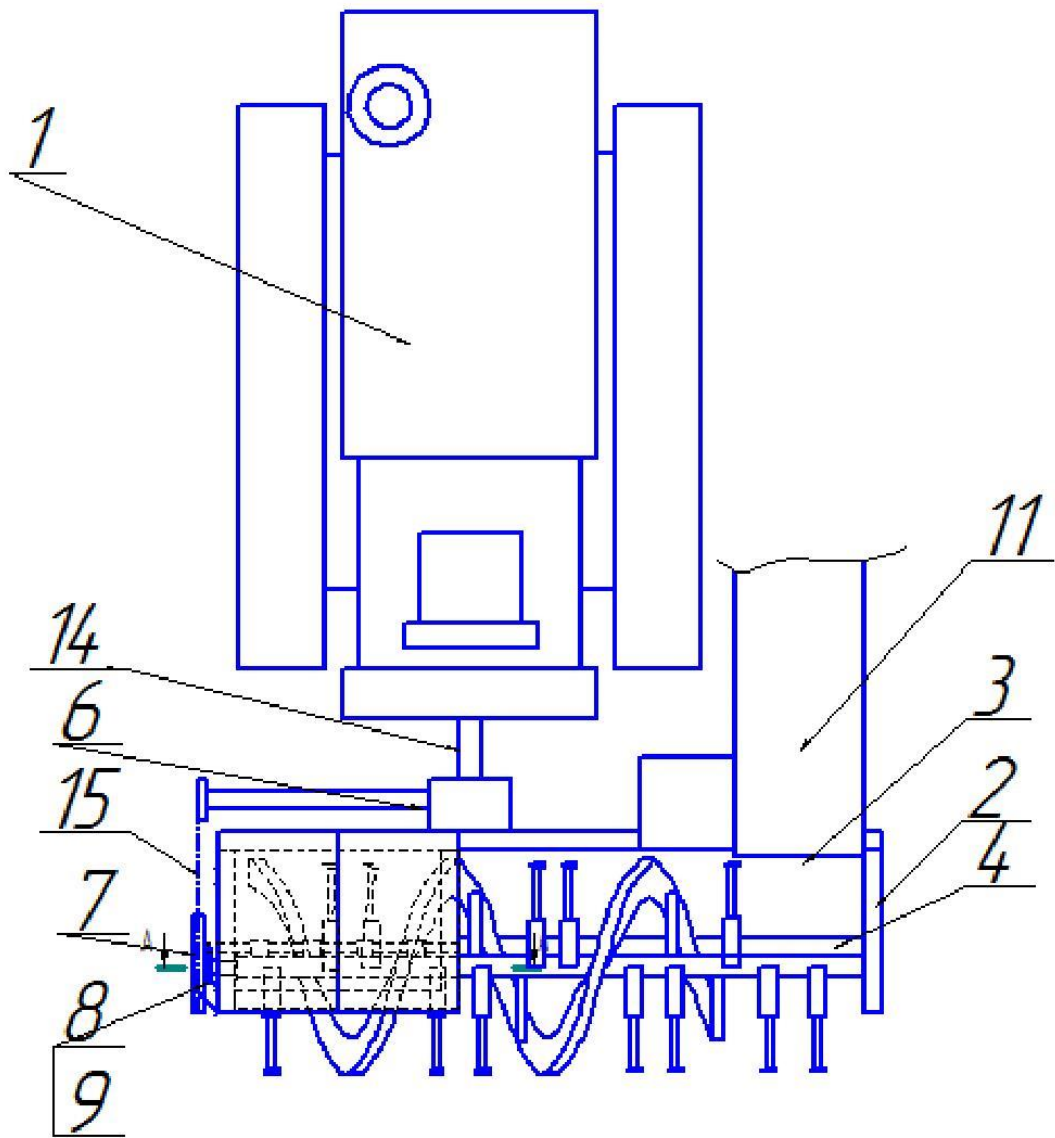


Рисунок 2.2 – Запропонована схема технологічного процесу приготування та змішування органо-мінерального компосту з одночасним навантаженням



1 - базова машина; 2 - рама; 3 - вивантажувальне вікно; 4 - вал; 5 - стрічковий гвинт; 6 - редуктор; 7 - ланцюг; 8 - муфта; 9 - шестерня; 10 - бункер-дозатор; 11 - вивантажувальний транспортер; 12 - ланцюг; 13 - дозуючий вал; 14 - вал відбору потужності; 15 – ланцюг.

Рисунок 2.3 - Схема пропонованого навантажувача-змішувача органомінерального компосту і його робочих органів

Бункер-дозатор має дві розділені секції, що дозволяє подавати на шнек два види мінеральних добрив. Вивантажувальні вікна бункера-дозатора розташовані таким чином, щоб мінеральні добрива подавалися до місця доставки матеріалу гвинтом.

Процес змішування і навантаження відбувається наступним чином. При поступальному русі базової машини 1 стрічковий гвинт 5 живильника 3, закріпленого на рамі 2 навантажувача-змішувача, обертається на валу 4, що приводиться в рух від ВВП через муфту 8, ланцюг і редуктор, і занурюється в пошарово розкладений бурт компосту. При обертанні гвинта 5 від бурту відокремлюються частини компосту, і починається переміщення його до вивантажувального транспортеру 11. Завдяки жорсткому кінематичному зв'язку вал 4 через ланцюг 12 і шестерню 9 обертає дозуючий вал 13 (рис. 2.4). При обертанні дозуючого валу 13 в бункері-дозаторе 10 через вивантажувальні отвори відбувається дозування мінеральних добрив, які потрапляють в зону стрічкового гвинта 5. Під час переміщення гвинтом 5 частин компосту і мінеральних добрив на вивантажувальний транспортер 11 відбувається їх взаємне перемішування.

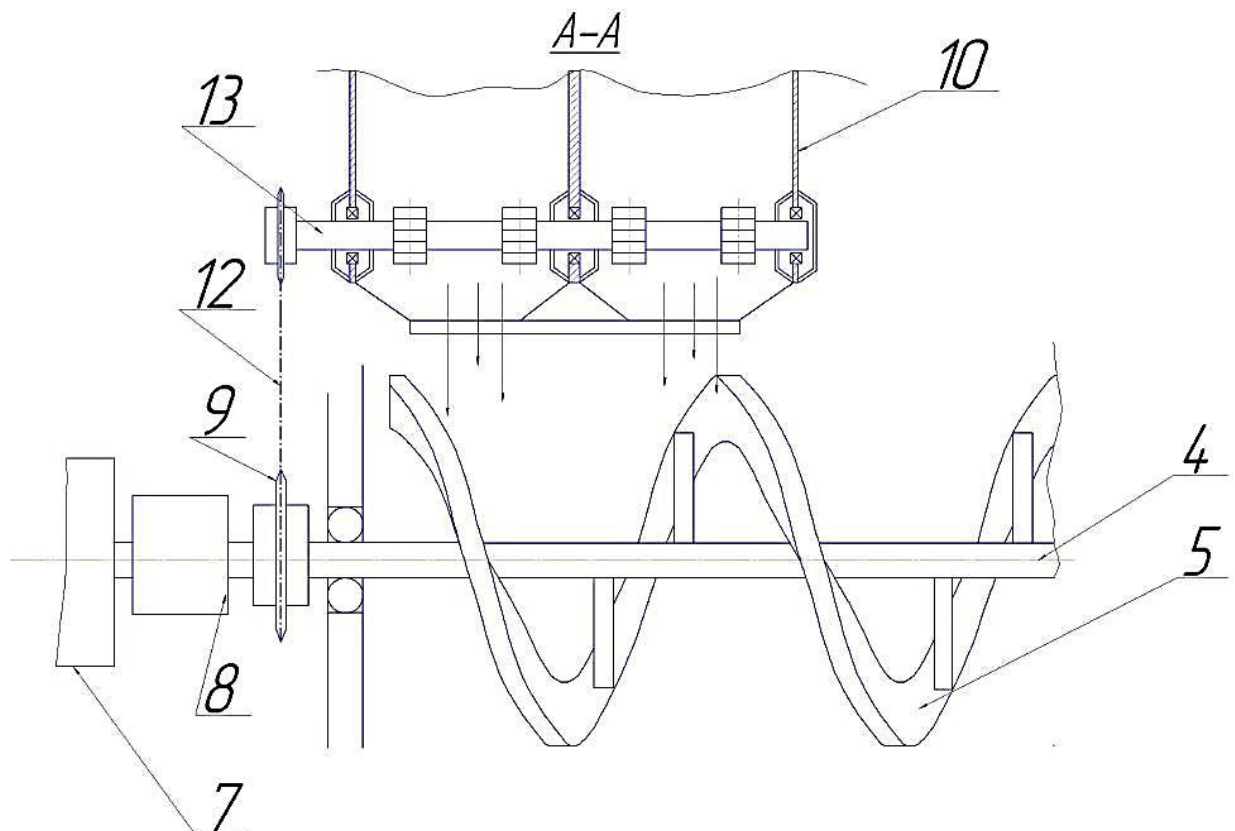


Рисунок 2.4 – Схема подачі мінеральних добрив до робочого органу навантажувача – змішувача

Пропонована технологія з використанням навантажувача-змішувача дозволяє забезпечити рівномірне змішування компонентів за допомогою робочого органу гвинта. Оскільки мінеральні добрива вносяться безпосередньо при навантаженні, відпадає необхідність в їх розподілі при укладанні компосту. Скорочення операцій обумовлює зниження витрат на приготування компосту.

Переваги технології з використанням навантажувача-змішувача - економія енергетичних і тимчасових витрат; не порушується процес перепрівання гною.

Пропонована технологія дозволяє знизити енергоємність приготування на 9-12% за рахунок виключення ряду операцій.

2.3 Конструктивні та режимні параметри робочих органів навантажувача – змішувача органомінерального компосту

До складу навантажувача-змішувача входять: дозуючі і подають робочі органи, що включають бункер-дозатор з вивантажувальними отворами і дозуючий вал з катушками; фрезерний і змішувальний робочий орган, який представляє собою стрічкового шнек, оснащений зубами; вивантажувальний транспортер.

Основними параметрами робочих органів навантажувача-змішувача органомінерального компосту є: режимні - швидкість обертання n , хв^{-1} , кутова швидкість $\omega_{\text{г}}$, рад/с , стрічкового гвинта; швидкість обертання $n_{\text{в}}$, хв^{-1} , кутова швидкість $\omega_{\text{в}}$, рад/с , дозуючого валу; поступальна швидкість навантажувача $v_{\text{н.с}}$, м/с ; швидкість падіння мінеральних добрив $v_{\text{у}}$, м/с).

Конструктивні параметри (рис. 2.5) також поділяються на три групи. Для дозуючих і подаючих робочих органів: ширина $b_{\text{б}}$, висота $h_{\text{б}}$, довжина $l_{\text{б}}$ бункера; місткість бункера $V_{\text{б}}$; довжина $l_{\text{о}}$, ширина $b_{\text{о}}$ вивантажувальних вікон і їх кількість $z_{\text{о}}$; діаметр $D_{\text{к}}$ і ширина $V_{\text{к}}$ катушок дозуючого валу;

параметри робочих поверхонь котушок (рис. 2.6) - діаметр $D_{ВП}$ і глибина западини $h_{ВП}$, об'єм $V_{ВП}$ і кількість западин $m_{ВП}$.

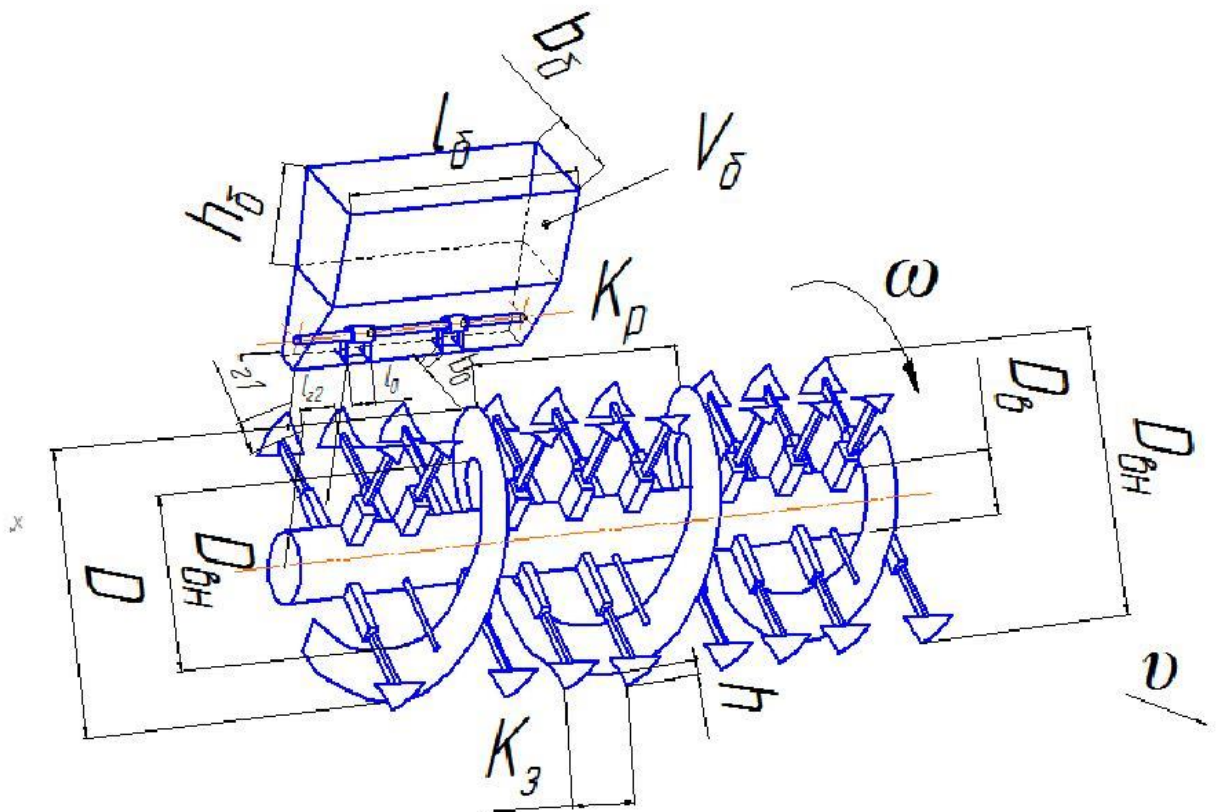


Рисунок 2.5 Параметри робочих органів навантажувача - змішувача

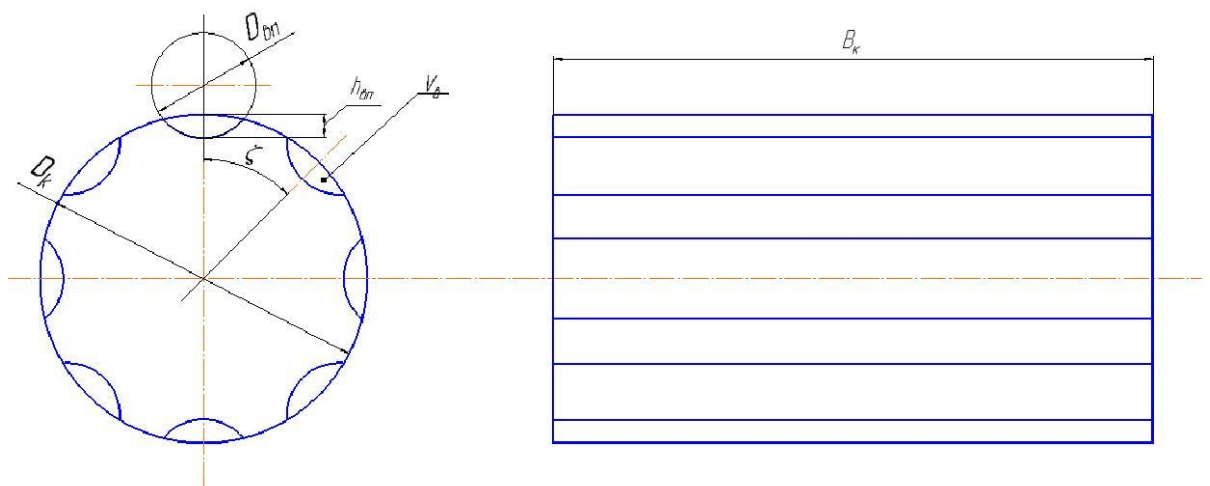


Рисунок 2.6 – Параметри робочих поверхонь котушок

Крім даних параметрів важливе значення має розташування вивантажувальних вікон бункера по відношенню до гвинтового робочого

органу (рис. 2.5): горизонтальна проекція відстані від осі шнека до краю вивантажувальних вікон l_{r1} , горизонтальна проекція відстані від початку гвинтової поверхні шнекового робочого органу до початку вивантажувальних вікон бункера l_{r2} .

Для фрезеруючого і змішувального гвинтового робочого органу (див. рис. 2.5): діаметр гвинта D , м (діаметр по зовнішній кромці гвинтової поверхні); діаметр по ріжучим зубам D_p , м; висота зубів по відношенню до зовнішньої кромки гвинтової поверхні h , м; діаметр шнека по внутрішній кромці гвинтової поверхні $D_{вн}$, м; діаметр вала D_m , м; крок гвинтової лінії шнека K_p , м; крок зубів K_z , м; k_p - коефіцієнт кроку гвинта; $k_p = K_p/D$

До конструктивних параметрів належать також параметри ріжучих зубів (рис. 2.7): ширина зуба B_z ; висота по передній і задній кромці h_z ; довжина горизонтальної проекції l_z ; радіус огинає окружності R_z (для криволінійної поверхні зубів).

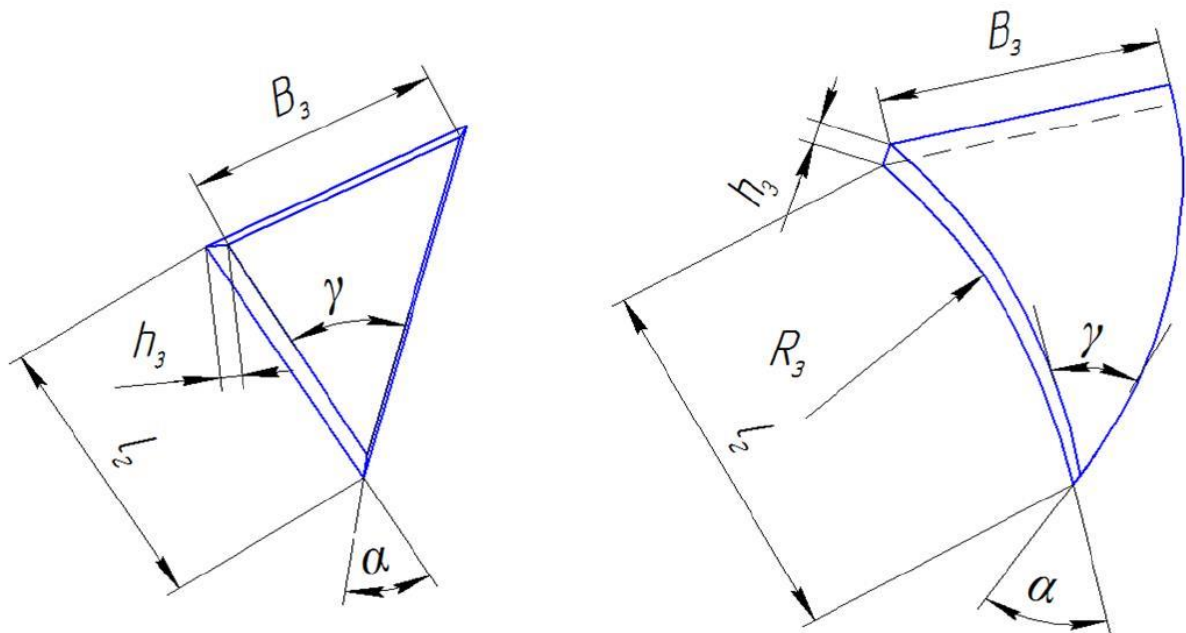


Рисунок 2.7 – Параметри зубів гвинтового робочого органу

Крім лінійних до параметрів ріжучих зубів відносяться кут при вершині зуба γ , кут заточки α . Раніше проведеними дослідженнями [3] були

встановлені значення даних параметрів для гною. Вони дають можливість повністю відобразити взаємодію робочого органу з компонентами компосту.

2.4 Рівняння руху шнекового робочого органу навантажувача-змішувача

Захоплення вантажу гвинтовий робочий орган здійснює в процесі обертального руху. Занурення у масив відбувається за рахунок поступального руху разом з навантажувачем. Таким чином, досліджуваний робочий орган є рухається механічною системою, що описується системою параметричних рівнянь. Рух кожної точки здійснюється в плоскій (двовимірній) системі координат (рис. 2.8) і описується наступною системою параметричних рівнянь:

$$\begin{aligned} X &= \frac{D_r}{2} \cos(\varphi_0 + \omega t) + v_{п.с} t; \\ Y &= \frac{D_r}{2} \sin(\varphi_0 + \omega t), \end{aligned} \tag{2.8}$$

де D_r - діаметр, на якому обертається розглянута точка, м;

φ_0 - початковий кут повороту точки;

ω - кутова швидкість обертання робочого органу, рад/с;

$v_{п.с}$ - поступальна швидкість робочого органу (навантажувача), м/с;

t - час, с;

Траєкторія руху кожної точки має вигляд циклоїдальних кривої через того, що швидкість обертання робочого органу вище поступальної швидкості.

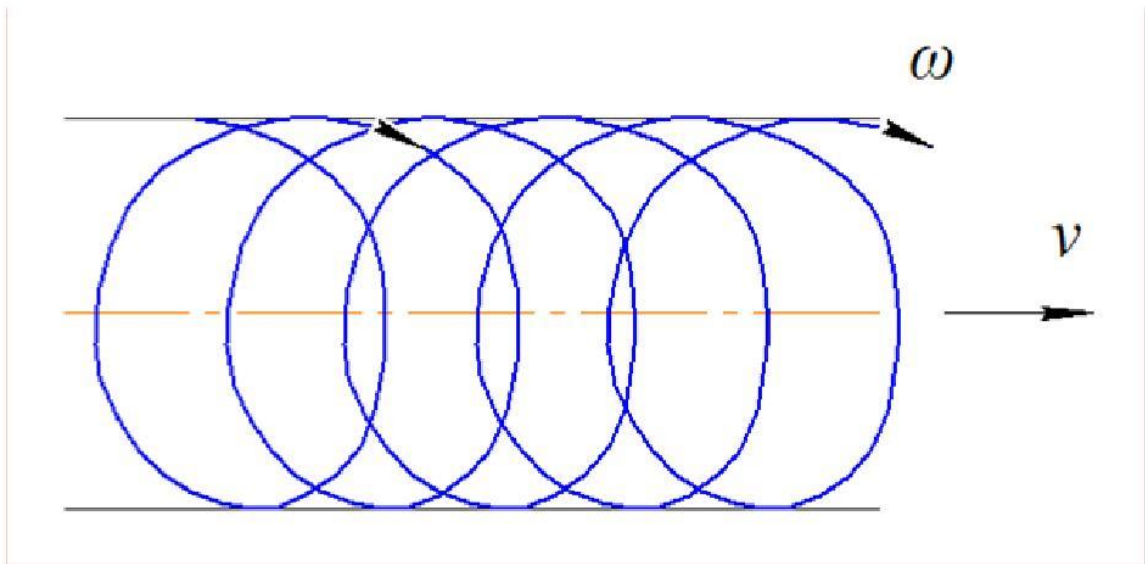


Рисунок 2.8 - Траєкторія руху точки робочого органу у вигляді циклоїди

2.5 Продуктивність змішування компосту

Продуктивність, кг / с, змішування - це маса компосту, що складається з перемішаних з необхідним ступенем компонентів і відвантажуються робочим органом в одиницю часу. Робочий орган відвантажує ту сумарну масу компонентів, яка подається в нього за рахунок поступального руху погрузчікасмесителя і з бункера. Продуктивність, кг / с, подачі за рахунок поступального руху навантажувача-змішувача

$$Q_{\text{п}} = \rho_{\text{к}} A_{\text{к}} v_{\text{п.с}}, \quad (2.9)$$

де $\rho_{\text{к}}$ - середня щільність компосту, кг/м³;

$A_{\text{к}}$ - площа поперечного перерізу бурту компосту, м²;

$v_{\text{п.с}}$ - поступальна швидкість навантажувача-змішувача, м/с.

Продуктивність, кг/с, висипання мінеральних компонентів з бункера-дозатора

$$Q_B = \rho_{m.y} V_{m.y} / t_B, \quad (2.10)$$

де $\rho_{m.y}$ - середня щільність мінеральних добрив, кг/м³;

$V_{m.y}$ – об'єм мінеральних добрив, що подаються з бункера-дозатора на змішування, м³;

t_B - час подачі обсягу $V_{m.y}$ на змішування, с.

Об'єм поданих мінеральних добрив визначається конструкцією бункера-дозатора і встановленого в ньому дозуючого пристрою. Для прийнятої конструкції котушкового типу

$$V_{m.y} = V_{1k} z_k n_k, \quad (2.11)$$

де V_{1k} - об'єм однієї западини котушки, м³;

z_k - число западин на котушці, шт.;

n_k - частота обертання котушки, хв⁻¹.

Обсяг однієї западини котушки

$$V_{1k} = A_k b_k, \quad (2.12)$$

де A_k - площа бічної проекції западини котушки, м²;

b_k - ширина котушки, м.

При простому профілі западини котушки у вигляді частини циліндра (рис. 2.6) площа бічної проекції западини котушки буде визначатися

$$A_k = \frac{D_{вп}^2}{8} \left(\frac{\pi \alpha_{вп}}{180} - \sin \alpha_{вп} \right), \quad (2.13)$$

де $\alpha_{вп}$ - центральний кут западини.

При використанні стандартної котушки висівного апарату сівалки площа бічної проекції западини котушки визначають за [16].

Таким чином, сумарна продуктивність подачі складає

$$Q = Q_{\Pi} + Q_{\text{В}} = \rho_{\text{к}} A_{\text{к}} v_{\text{п.с}} + \rho_{\text{м.у}} V_{\text{м.у}} t_{\text{в}}. \quad (2.14)$$

Для вивантаження робочий орган, здійснюючи обертальний рух, переміщує масу до транспортеру. Зуби робочого органу проводять відділення частин органічних добрив від бурту і подають їх до гвинтової поверхні гвинтового робочого органу.

Продуктивність відділення одним зубом визначають наступним чином

$$Q_1 = V_{\text{ц}} \rho_{\text{к}} / t, \quad (2.15)$$

де t - час, за який здійснюється відділення гною одним зубом, с.

При висоті бурту дорівнює діаметру шнека час відділення складе

$$t = 1/(2n) = \pi/\omega, \quad (2.16)$$

де n - швидкість обертання шнека, об/с.

При меншій висоті бурту час відділення буде визначатися величиною центрального кута ψ , рад., сторонами якого будуть радіуси, проведені через верхню і нижню точки бурту. Загальну продуктивність відокремлення визначають з урахуванням кількості зубів z_t , що одночасно беруть участь у відокремленні компосту від бурту

$$Q = z_t \rho_{\text{к}} \left[D_{\text{п}}^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_{\text{п}}^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{п.с}} D_{\text{п}}}{2\omega} \cos(\omega t) \right] B_3(\omega/\pi) \quad (2.17)$$

Загальна продуктивність відділення повинна бути більше або дорівнює продуктивності подачі компосту

$$\rho_k A_k v_{п.с} \leq z_t \rho_k \left[D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{п.с} D_p}{2\omega} \cos(\omega t) \right] B_3 (\omega / \pi). \quad (2.18)$$

Аналіз цього виразу показує, що обидві частини містять щільність компосту ρ_k . Скорочуючи щільності, можна зробити висновок, що для обґрунтування режимних параметрів необхідно визначати співвідношення об'єму компосту, що надходить за рахунок поступальної швидкості навантажувача-змішувача, і обсягу, відокремленого зубами робочого органу.

$$A_k v_{п.с} \leq z_t \left[D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{п.с} D_p}{2\omega} \cos(\omega t) \right] (B_3 / t). \quad (2.19)$$

Вирази (2.18) і (2.19) пов'язують між собою діаметр робочого органу по відокремлюючим зубам, поступальну швидкість навантажувача і кутову швидкість робочого органу, а також дозволяють обґрунтувати дані параметри. Рішення даного рівняння щодо поступальної швидкості має вигляд

$$v_{п.с} \leq \frac{z_t B_3 t \left(D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) \right)}{A_k - \frac{D_p}{2\omega} \cos(\omega t) z_t B_3 t}. \quad (2.20)$$

При висоті бурту дорівнює діаметру гвинта

$$v_{п.с} \leq \frac{z_t B_3 \frac{\omega}{\pi} \left(D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) \right)}{A_k - \frac{D_p}{2\omega} \cos(\omega t) z_t B_3 \frac{\omega}{\pi}}, \quad (2.21)$$

або

$$v_{п.с} \leq \frac{z_t B_3 \frac{\omega}{\pi} (D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t))}{A_k - \frac{D_p}{2\pi} \cos(\omega t) z_t B_3}. \quad (2.22)$$

Аналогічно, перетворюючи вираз (2.17), можна отримати вираз для обґрунтування кутової швидкості

$$\frac{Qt}{z_t B_3 \rho_k} = D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{п.с} D_p}{2\omega} \cos(\omega t). \quad (2.23)$$

Висловлюючи час через кутову швидкість, отримаємо

$$\frac{Q\psi}{z_t B_3 \rho_k \omega} = D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{п.с} D_p}{2\omega} \cos(\omega t). \quad (2.24)$$

Помножимо обидві частини рівняння (2.24) на ω

$$\frac{Q\psi}{z_t B_3 \rho_k} = D_p^2 \frac{\omega^2 t}{4} - \frac{D_p^2 \omega}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v D_p}{2} \cos(\omega t) \quad (2.25)$$

Аналіз виразу (2.25) показує, що продуктивність і кутова швидкість пов'язані квадратним рівнянням. Однак наявність тригонометричних функцій, також залежать від кутової швидкості, дозволяє вирішувати дане рівняння чисельними методами.

Продуктивність переміщення визначають з розгляду роботи гвинтової поверхні гвинтового робочого органу навантажувача-змішувача як гвинтового конвеєра. Дана задача вирішена в ряді робіт [17, 13, 18]. В цьому випадку гвинт робочого органу повинен забезпечувати транспортування всієї транспортованої в нього маси компонентів компосту. Аналіз вище зазначених робіт показує, що при швидкості обертання робочого органу, що

відповідає робочим режимам відділення, гвинт повністю вивантажує подану масу.

У вираженні для транспортувальної продуктивності необхідно врахувати зниження пропускної здатності шнека від стійок зубів.

$$\frac{Q\psi}{z_t B_z \rho_k} = D_p^2 \frac{\omega^2 t}{4} - \frac{D_p^2 \omega}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v D_p}{2} \cos(\omega t) \quad (2.26)$$

де k_c - коефіцієнт, що враховує опір руху вантажу від стійок, на яких встановлені зуби;

$D_{вн.г}$ - внутрішній діаметр поперечного перерізу потоку вантажу, м;

$k_{п}$ - коефіцієнт швидкості, що характеризує відставання вантажу від теоретичної швидкості руху гвинтової поверхні;

$k_{пр}$ - коефіцієнт продуктивності, що дорівнює добутку коефіцієнтів заповнення міжвиткового простору k_v , швидкості $k_{п}$;

$$k_{пр} = k_v k_{п}.$$

Суть нового коефіцієнта k_c полягає в тому, що стійки, на яких встановлені зуби, перекривають вільний перетин гвинта і створюють опір переміщенню компосту гвинтовою поверхнею. Величина цього коефіцієнта може бути представлена як відношення площі поперечного перерізу потоку компосту в гвинті $A_{ш}$, м², до площі, займаної в поперечному перерізі стійками A_c , м².

$$k_c = \frac{A_{ш}}{A_c} = \frac{0,25\pi(D^2 - D_{вн.г}^2)}{z_c(D - D_{вн.г})b_c}, \quad (2.27)$$

де z_c і b_c - кількість і ширина стійок в даному перетині.

Отримані вирази дозволяють визначати продуктивність і обґрунтовувати параметри гвинтового робочого органу навантажувача - змішувача.

2.6 Потужність, необхідна для приводу навантажувача-змішувача

Сумарна потужність, необхідна для приводу навантажувача-змішувача буде включати в себе потужність, необхідну для приводу робочого органу $P_{p.o}$; потужність, необхідну для приводу валу дозатора P_d ; потужність, необхідну для приводу вивантажувального транспортера P_{tr} .

$$P = P_{p.o} + P_d + P_{tr}. \quad (2.28)$$

Потужність, необхідна для приводу робочого органу, включає в себе потужність, витрачену на фрезерування зубами пошарово закладених компонентів компосту $P_{фр}$ і потужність для транспортування відокремлених частин до вивантажувального транспортеру P_{tr} .

$$P_{p.o} = P_{фр} + P_{tr} \quad (2.29)$$

Визначимо складові виразу (2.28)

Потужність на фрезерування одним зубом буде дорівнювати добутку зусилля на зубі $F_{фр}$ і окружній швидкості зубів v_z , яка буде швидкістю фрезерування.

$$P_{фр} = F_{фр} v_z. \quad (2.30)$$

Оскільки товщина леза і товщина відокремлюваної стружки близькі по абсолютній величині, то механізм відділення останньої може бути представлений як послідовність сколювання шарів компосту (рис. 2.9). У цьому випадку зусилля на зубі дорівнюватиме сумі зусиль на різання F_p ,

подрібнення $F_{кр}$ і передачу відокремленим частинам компосту кінетичної енергії $F_{и}$.

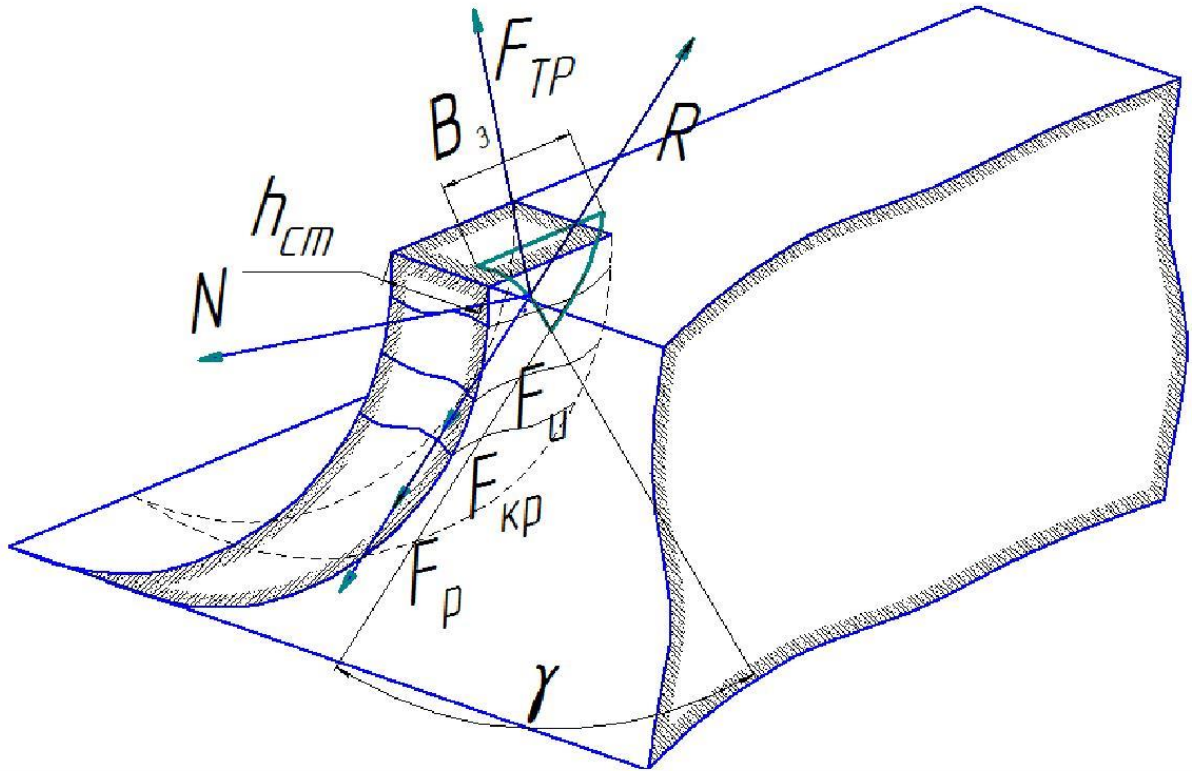


Рисунок 2.9 - Схема взаємодії передньої кромки зуба з масивом компосту

Прирівнюємо опір на зубі до зусилля на зубі. Зусилля на зубі

$$F_{фр} = F_p + F_{кр} + F_{и}. \quad (2.31)$$

Всі три зусилля діють в одній площині. Однак зусилля F_p має кут нахилу до лінії дії інших сил, спрямованих по дотичній до поверхні зуба.

F_p - зусилля на різання компосту. Оскільки різання відноситься до дотичних напружень, то

$$F_p = \tau_p B_3 h \sin(\varphi_T + 0,5\gamma), \quad (2.32)$$

де τ_p - напруження зрізу компоненту компосту, мПа;

φ_T - кут тертя компонентів по металу;

γ - кут при вершині зуба (рис. 2.9).

Кут заточування α також впливає на зусилля, однак він врахований в товщині h передньої кромки зуба.

$F_{кр}$ - зусилля, необхідне для крошення компонентів компосту.

Крошення пов'язано з напруженням розриву, що виникають при деформації стружки.

$$F_{кр} = \sigma_p A_{кр} = \sigma_p B_z h_{ст}, \quad (2.33)$$

де σ_p - напруження розриву стружки, МПа;

$h_{ст}$ - висота стружки, мм.

Висота стружки пов'язана з кінематичним режимом робочого органу. чим більше поступальна швидкість $v_{п.с}$, м/с, навантажувача-змішувача, тим більше товщина стружки, і навпаки, чим більше швидкість обертання робочого органу n , xv^{-1} , тим менше товщина стружки.

$$h_{ст} = v_{п.с} / (nz_1), \quad (2.34)$$

де z_1 - кількість зубів, що працюють в одній площині.

$$F_{кр} = \sigma_p A_{кр} = \sigma_p B_z v_{п.с} / (nz_1). \quad (2.35)$$

$F_{и}$ - зусилля, необхідне для відкидання відокремлених частинок; фактично являє собою силу інерції. Більшість відокремлених частинок розганяються від стану спокою до швидкості рівній окружній швидкості зубів v_t . В цьому випадку величина сили інерції буде визначатися часом взаємодії.

$$F_{\text{и}} = ma = m(v_t)/t, \quad (2.36)$$

де m - маса відокремлених частинок, кг;

a - прискорення, м/с^2 .

Виразивши окружну швидкість через кутову швидкість і діаметр робочого органу з ріжучим зубом, отримаємо

$$F_{\text{и}} = m(0,5\omega D_p)/t. \quad (2.37)$$

Таким чином, зусилля на зубі буде визначатися виразом

$$F_{\text{фр}} = \tau_p B_3 h \sin(\varphi_T + 0,5\gamma) + \sigma_p B_3 v_{\text{п.с}} / (nz_1) + m(0,5\omega D_p)/t. \quad (2.38)$$

З урахуванням кількості зубів z_0 , одночасно взаємодіючих з буртами компосту

$$F_{\text{фр}} = z_0 (\tau_p B_3 h \sin(\varphi_T + 0,5\gamma) + \sigma_p B_3 v_{\text{п.с}} / (nz_1) + m(0,5\omega D_p)/t). \quad (2.39)$$

Потужність на фрезерування

$$P_{\text{фр}} = F_{\text{фр}} v_3 = z_0 v_3 (\tau_p B_3 h \sin(\varphi_T + 0,5\gamma) + \sigma_p B_3 v_{\text{п.с}} / (nz_1) + m(0,5\omega D_p)/t). \quad (2.40)$$

Підставляючи вираз для окружної швидкості зубів, отримаємо

$$P_{\text{фр}} = 0,5\omega D_p z_0 (\tau_p B_3 h \sin(\varphi_T + 0,5\gamma) + \sigma_p B_3 v_{\text{п.с}} / (nz_1) + m(0,5\omega D_p)/t). \quad (2.41)$$

Оскільки процес змішування компонентів компосту суміщений з процесом їх транспортування гвинтовою поверхнею, то потужність для транспортування і змішування компонентів органомінерального компосту будемо розглядати як роботу A , що здійснюються за певний час t .

$$P_{\text{тр}} = A/t = F_s l/t, \quad (2.42)$$

де F_s – зусилля, що рухає відокремлені компоненти з боку гвинтової поверхні;

l - довжина траєкторії руху відокремлених компонентів, м.

Величина рушійної сили дорівнює сумі всіх опорів, що виникають при транспортуванні компонентів органомінерального компосту. На елемент компонента діють наступні сили: сила тяжіння F_g спрямована вертикально вниз, сила тертя об кожух $F_{\text{тр.к}}$, спрямована по дотичній до поверхні кожуха в кожен момент часу, сила тертя об гвинтову поверхню робочого органу $F_{\text{тр.в}}$, спрямована по дотичній до поверхні робочого органу в кожен момент часу, сила тертя об поверхню стійок, на яких встановлені зуби робочого органу $F_{\text{тр.с}}$, спрямована по дотичній до поверхні робочого органу в кожен момент часу. Крім даних сил на виділений елемент діятимуть сили інерції: відцентрова $F_{\text{цб}}$, і тангенціальна $F_{\text{и}}$ спрямована протилежно напрямку руху елемента. Дослідженню процесів транспортування різних матеріалів гвинтовими конвеєрами і транспортерами присвячений ряд робіт [17, 18, 19 та ін.]. У даних роботах вказується, що рішення системи диференціальних рівнянь руху точки в гвинтовому конвеєрі неможливо при будь-якому куті нахилу гвинта до горизонту. Для рішення вважають період переходу до сталого руху коротким і з розгляду виключають сили інерції. Тоді рівняння для сумарної сили опору матиме такий вигляд

$$\overline{F}_s = \overline{F}_{\text{тр.к}} + \overline{F}_{\text{тр.в}} + \overline{F}_{\text{тр.с}} + \overline{F}_{\text{цб}}. \quad (2.43)$$

Розкриваючи зусилля, отримаємо

$$F_s = mgf\cos\varphi + mgf\sin\alpha + fN_{\text{бс}} + 0,5m\omega^2 R\cos\theta. \quad (2.44)$$

Тоді потужність приводу на транспортування і змішування буде визначатися таким чином

$$P_{\text{тр}} = (mgf\cos\varphi + mgf\sin\alpha + f N_{\text{бс}} + 0,5m\omega^2 R\cos\theta) l/t. \quad (2.45)$$

З огляду на, що час t проходження траєкторії довжиною l визначається частотою обертання робочого органу n (с^{-1}) $t = l / n$, для потужності приводу отримаємо вираз

$$P_{\text{тр}} = (mgf\cos\varphi + mgf\sin\alpha + N_{\text{бс}} + 0,5m\omega^2 R\cos\theta)ln, \quad (2.46)$$

де m - маса компонентів компосту, що транспортуються, кг;

f - коефіцієнт тертя компонентів об поверхню кожуха і гвинта (сталь);

φ , α , θ - кути між відповідними силами і віссю шнекового робочого органу.

Сума виразів (2.41) і (2.46) дає потужність $P_{\text{р.о}}$ робочого органу.

Потужність на привод дозатора визначається як добуток крутного моменту на валу $T_{\text{д}}$ і його кутової швидкості $\omega_{\text{д}}$.

$$P_{\text{д}} = T_{\text{д}}\omega_{\text{д}}. \quad (2.47)$$

Потужність, необхідна для приводу вивантажувального транспортера $P_{\text{тр}}$, залежить від типу вивантажувального транспортера і в нашій роботі не була об'єктом дослідження.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

В експериментальних дослідженнях поставлено такі завдання:

- отримання експериментальних залежностей критеріїв оптимізації від параметрів роботи навантажувача-змішувача органомінерального компосту;
- експериментальне обґрунтування раціональних параметрів робочого органу;

Методикою експериментальних досліджень передбачалися такі компоненти: вивчення фізико-механічних властивостей органомінерального компосту; дослідження і оптимізація режимно-конструктивних параметрів навантажувача-змішувача органомінерального компосту експериментальним шляхом.

3.2 Методика лабораторних досліджень

Мета виробничих досліджень полягала у встановленні працездатності навантажувача-змішувача органомінерального компосту; у визначенні ступеня впливу на якість перемішування органомінерального компосту швидкості обертання стрічкового гвинта з зубами і швидкості обертання розподільчого вала в бункері-дозаторі.

В основу досліджень були покладені теорія планування експерименту, методи фізичного моделювання і двофакторного експерименту.

Органомінеральний компост складається з мінеральних і органічних добрив, лігніну, торфу та інших речовин у вигляді суміші. Всі ці компоненти мають різні фізико-механічні властивості. Після отримання органомінерального компосту він має фізико-механічні властивості, відмінні від компонентів. У зв'язку з цим виникає необхідність їх визначення і контролю. Такі властивості, як щільність, коефіцієнт тертя, вологість, опір

деформації: зрушення, стиску, коефіцієнт зовнішнього тертя необхідно визначати за відомими методиками [20, 21, 22, 23].

Перераховані вище властивості відносяться до фізико-механічних. Велике значення для приготування органомінерального компосту мають технологічні властивості. Одним з основних є якість змішування компонентів, що характеризується коефіцієнтом змішування K .

Коефіцієнт змішування K показує рівномірність змішування компонентів органомінерального компосту, тобто рівномірність вмісту компонентів в різних точках компосту. Він є важливим параметром, що визначає придатність компосту до використання у виробництві. При недостатньому перемішуванні компонентів органомінерального компосту виникає нерівномірність розподілу мінеральних і органічних складових по полю, що істотно знижує урожайність. Існують різні методики визначення якості змішування. Найбільш ефективним способом визначення якості змішування є спосіб його визначення по розподілу одного з компонентів органомінерального компосту [24]. Суміш вважається однорідною, коли вміст компонентів в будь-якій частині її обсягу збігається з заданим складом суміші. У процесі приготування органомінерального компосту робиться вибірка заданої кількості проб з подальшою обробкою. при обробці маркер, в нашому випадку тирса, виділяють з проби і зважують. Потім визначають відсотковий вміст маркера в кожній окремій пробі, роблять оцінку отриманого практичного значення його вмісту в органомінеральному компості і порівняння з теоретично можливим. Раніше проведеними дослідженнями встановлено, що якщо який-небудь компонент розподілений в суміші рівномірно, то і інші компоненти також розподілені рівномірно [24]. Рівномірність розподілу компонентів в суміші оцінюють по 1-2 «ключовим компонентам».

Теоретично можливу рівномірність розподілу визначається як

$$K_T = M_K/M, \quad (3.1)$$

де M_K - маса «ключового компонента», внесеного в суміш;

M - повна маса суміші.

Після визначення різниці між практичним і теоретичним значеннями в кожній точці виміру обчислюється коефіцієнт варіації K_B .

Коефіцієнт якості змішування K показує кількісний вміст «ключового компонента» в різних точках готової ґрунтової суміші по відношенню до можливого вмісту при теоретичному розподілі K_T , тобто

$$K = 1 - K_B. \quad (3.2)$$

3.3 Програма і методика експериментальних досліджень

У відповідності з поставленими завданнями і теоретичними розробками, програма досліджень включала в себе серію одно- і двофакторних експериментів для підтвердження працездатності навантажувача-змішувача органомінерального мінерального компосту в виробничих умовах. Основними параметрами, що впливають на продуктивність, є швидкість обертання шнека і висота зубів. Фактори, що впливають на якість змішування, швидкість обертання гвинта і швидкість обертання барабана в бункері-дозаторі. Фактором, від якого залежать обидва показники ефективності навантажувача- змішувача, є швидкість руху v , м/с, так як цей фактор визначає, який обсяг органомінерального компосту буде змішуватися за одиницю часу. Значення швидкості при проведенні двофакторного експерименту становили 0,03; 0,05 і 0,07 м/с відповідно. Вони прийняті в результаті пошукових однофакторних експериментів і з урахуванням швидкості руху базового трактора. Двофакторним експериментом вивчали вплив на критерії оптимізації конструктивних і

режимних параметрів: кутову швидкість обертання гвинтового робочого органу, висоту виступу зубів і швидкість обертання барабана в бункері-дозаторі. У таблиці 3.1 наведено симетричний двофакторний план експеримента за критерієм оптимізації продуктивності, аналогічний план реалізований за критерієм оптимізації «ступінь змішування».

Таблиця 3.1 - Симетричний двофакторний план експерименту за критерієм оптимізації продуктивності

N дослідю	Рівень факторів				Критерій оптимізації
	А (кутова швидкість обертання гвинта)		В (висота виступу зубів)		Продуктивність Q, кг/с
	N	хв. ⁻¹	N	мм	
1	1	294	1	75	Q ₁
2	1	294	2	50	Q ₂
3	1	294	3	25	Q ₃
4	1	294	4	0	Q ₄
5	2	219	1	75	Q ₅
6	2	219	2	50	Q ₆
7	2	219	3	25	Q ₇
8	2	219	4	0	Q ₈
9	3	144	1	75	Q ₉
10	3	144	2	50	Q ₁₀
11	3	144	3	25	Q ₁₁
12	3	144	4	0	Q ₁₂
13	4	69	1	75	Q ₁₃
14	4	69	2	50	Q ₁₄
15	4	69	3	25	Q ₁₅
16	4	69	4	0	Q ₁₆

За допомогою ЕОМ будуть оброблені результати експерименту. В результаті рівняння регресії набуде вигляду

$$Z = x_1 - Ax_2 + Bx_3 + A^2x_4 - x_5B^2 - A^3x_6, \quad (3.3)$$

$$Z = x_1 - Ax_2 + Cx_3 + A^2x_4 - x_5C^2 - A^3x_6, \quad (3.4)$$

де Z - один з критеріїв оптимізації - продуктивність Q , коефіцієнт якості змішування K ;

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ - коефіцієнти регресії;

A (фактор) - кутова швидкість обертання шнека, xv^{-1} ;

B (фактор) - висота виступу зубів, m ;

C (фактор) - швидкість обертання барабану, xv^{-1} .

Завдання регресійного аналізу полягає в побудові такого рівняння площині в $(p + 1)$ - мірному просторі, відхилення результатів спостереження Z_i від якого були б мінімальними. Для цього слід обчислити значення коефіцієнтів x_i в поліномі (3.3 і 3.4). Перевірка значущості рівняння регресії складається з декількох етапів [25, 26, 27, 28, 29]. Обчислюють залишкову дисперсію за формулою

$$\bar{S}_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z}_i)^2}{n - p - 1}, \quad (3.5)$$

яку потім порівнюють з дисперсією середнього \bar{S}_y^2 за допомогою F -критерію Фішера

$$F = \frac{\bar{S}_y^2}{\bar{S}_{\text{ост}}^2}, \quad (3.6)$$

з числом ступенів свободи в числі $v_{01} = n - 1$ і в знаменнику $v_{02} = n - p - 1$.

Рівняння (3.3) пророкує результати дослідів краще середнього, якщо \bar{F} досягається або перевищує межу значущості при обраному рівні значущості. Значимість коефіцієнтів регресії x_i перевіряють за критерієм Стьюдента

$$\hat{t} = \frac{A_i}{S_{bi}}. \quad (3.7)$$

Обчислення значення \bar{t} порівнюють з табличним t^T при числі ступеня волі $v_0 = n - p - 1$.

Похибка коефіцієнта регресії

$$\bar{S}_{Ai} = \sqrt{\bar{S}_{\text{ост}}^2 C_{ii}}. \quad (3.8)$$

Довірчий інтервал для коефіцієнта регресії

$$A_i - t^T \bar{S}_{Ai} \leq \beta_i \leq A_i + t^T \bar{S}_{Ai}, \quad (3.9)$$

де β_i - значення для коефіцієнта регресії в генеральній сукупності.

3.4. Програма проведення дослідів при дослідженні навантажувача-змішувача органомінерального компосту

Всі дослідів проводили в повторюваній послідовності.

1. Підготовка майданчика, очищення від бур'янів і технічного сміття. Пошарове укладання компонентів, застосування майданчикowego способу приготування органомінерального компосту.

Технологія приготування майданчикowego способу компосту складалася з наступних операцій: укладання пошарово торфу, посліду і мінеральних добрив з подальшим їх перемішуванням при навантаженні навантажувачем-змішувачем. Спосіб приготування органо компосту

здійснюється наступним чином. На майданчик певного розміру завозять торф, лігнін і формують торф'яну подушку товщиною 0,25-0,30 м. Потім укладають і розрівнюють шар гною, торфу, соломи чергуючи пошарово. Компостну масу бульдозером згрібають в штабелі шириною 4-6 м, висотою 3-4 м. Протягом формування органомінерального компосту компостну масу слід перемішувати дисковою бороною. Мінеральні добрива вносять безпосередньо перед вантаженням навантажувачем-змішувачем, що мають дозатор мінеральних добрив.

2. Перед експериментом проводили пуско-налагоджувальні роботи: запуск і прогрів трактора, установку необхідних режимних і конструктивних параметрів навантажувача-змішувача. Установка кутової швидкості робочого органа стрічкового гвинта з зубами проводили за допомогою розрахунку передавального числа і перестановки зірочок ланцюгової передачі, а також швидкості обертання розподільного валу в бункері-дозаторі. Здійснювали під'їзд навантажувача-змішувача і трактора до бурта компосту.

3. Проведення робочого процесу приготування органомінерального компосту навантажувачем-змішувачем з встановленою постійною швидкістю і з виміром тимчасового циклу робіт.

4. Зупинка робочого процесу навантажувача-змішувача.

5. Зважування органомінерального компосту.

6. Взяття проб отриманої суміші і передача її в лабораторію.

7. Оцінка критеріїв оптимізації продуктивності і якості змішування, їх розрахунок. Отримання лабораторних результатів за складом органомінерального компосту.

8. Заповнення експериментального журналу.

9. Повернення навантажувача-змішувача в початкове положення, нове буртування компостної купи.

10. Обробка даних, отриманих під час проведення експерименту; отримання експериментальних залежностей. За отриманими даними також проводять визначення техніко-економічних показників пропонованого

навантажувача-змішувача в порівнянні з існуючим способом приготування органомінерального компосту - розкидачами РУН - 800 і навантажувачами ПНД - 250.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Реалізація вимог нормативних документів з охорони праці при приготуванні кормів

1. Закон України «Про охорону праці»;
 2. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про охорону праці». – Введ. 17.12.2002.
 3. Законодательство Украины об охране труда. Сборник нормативных документов. Т.1-4. – К.: Основа, 1995.
 4. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці (Реєстр ДНАОП). – К.: Основа, 1995. - 234 с.
 5. НПАОП 01.1-1.01-00 «Правила охорони праці у с.-г. виробництві»;
 6. НПАОП 01.41-1.01-01 «Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва»;
 7. НАПБ А.01.001-04 «Правила пожежної безпеки в Україні»;
 8. НПАОП 0.00-1.03-02 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів»;
 9. ГОСТ 12.2.003-91 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки»;
 - 10.ГОСТ 12.2.061-81 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць»;
 - 11.ГОСТ 12.3.002-75 «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки»;
 - 12.НПАОП 0.03-1.07-73 «Санітарні правила організації технологічних процесів та гігієнічні вимоги до виробничого обладнання №1042-73» тощо;
 - 13.НАОП 1.8.10-4.01-80 Єдина система організації робіт з охорони праці,
- [30]

4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Санітарний захист включає наступні аспекти:

- Санітарні розриви (відстані між робочим приміщенням і потенційними джерелами) факторами передачі інфекції та інвазії;
- Санітарні зони (ізолювані один від одного території комплексів).
- Санітарні принципи в процесі санітарного обслуговування ферми;
- Санітарні режими пропускнуго характеру людей на підприємство;

Санітарні розриви між приміщеннями і потенційними джерелами заразного джерела - це охорона об'єктів шляхом розосередження за рахунок певних відстаней, узаконених норм технологічного проектування тваринницьких підприємств по виробництву харчових продуктів.

Санітарні зони - це ізолювані шляхом огороження ділянки території комплексу для запобігання занесенню заразного початку у виробничу зону розташування тварин від адміністративних, господарських, утилізаційних об'єктів і з зовнішньої території комплексу. Вони поділяються на 4 зони:

А - виробнича, яка включає приміщення для утримання тварин і вигульні дворики для них, а по периметру вона має ветеринарну підзону з об'єктами: лікарня, стаціонар, склади для біопрепаратів і деззасобів, майданчик для дезобробки шкіри і кінцівок, купальні ванни. На комплексах з повним виробничим циклом зона А підрозділяється ще на ізолювані між собою репродукторну і відгодівельну підзони, бажано, щоб між ними розташовувалася лісозахисна смуга шириною 20 м. Зона А по периметру повинна оточуватися іншими зонами Б,В,Г і ветеринарної підзоною. Санітарно-забійний пункт в зоні А повинен розташовуватися ближче до утилізаційної зони Р. У зону А заборонений в'їзд для зовнішнього транспорту без спеціальної дезобробки в дезблоці і дозволено відвідування внутрішнього транспорту. Зону А відвідують люди по певному санітарного режиму (дивись санітарні режими) через санпропускник. При цьому обслуговуючий персонал

репродуктивній підзони не повинен відвідувати відгодівельну і навпаки.

Б - адміністративно-господарська зона включає приміщення: контора, відновлювальний центр, їдальня, санпропускник, дезблок, дезбар'єр, гараж для внутрішнього і зовнішнього транспорту або машинний двір, майстерні для ремонту, склад ПММ та ін. Цю зону відвідують люди без санітарних обмежень.

В- Кормова зона включає об'єкти зберігання (скирти, сінажні башти і траншеї, склади для коренебульбоплодів, концкормів і кормових добавок) та приготування кормів (мийки, змішувачі, кормокухня). Між зонами А і В повинен бути окремий в'їзд з дезбар'єром тільки для внутрішнього транспорту, а на період масового заготовляння грубих і соковитих кормів зона повинна мати окремий сезонний в'їзд з дезбар'єром тільки для зовнішнього транспорту. Кормова зона В розташовується з боку пануючих вітрів на початку технологічного циклу (від репродуктивної підзони), на більш піднесеною території порівняно з зоною А. Зону В відвідують люди, пов'язані з транспортуванням, обробкою та роздачі кормів. Стороннім вхід заборонено.

Г - утилізаційна зона включає в себе об'єкти для зберігання і обробки гною, трупів та інших відходів комплексу. У зоні Г розміщують автоклави або котли для стерилізації трупів, піч для спалювання всіх невикористаних залишків. Вона має тільки зовнішній вихід в протилежну сторону від зони А. Зона Г розташовується в кінці технологічного циклу з протилежного боку від зони і на площі ділянки за рівнем нижче виробничої, кормової і адміністративно-господарської. Її відвідує обслуговуючий персонал тільки цієї зони. Стороннім вхід заборонено [30].

Артезіанська свердловина з водонапірною баштою і карантинний приміщення повинні розташовуватися за межами території санітарних зон комплексу на відстані, що забезпечує санітарну захист води і тварин від відходів тваринництва.

При організації інспектуючих, екскурсійних та інших комісій слід

дотримуватися санітарного принципу “Рух спереду - тому технологічного циклу” , тобто спочатку відвідують адміністративно-господарську, після санпропускника в кормову зону, потім на виробничу і , нарешті, утилізаційну зону.

Санітарні принципи - це неспецифічні заходи, які наступність і посилення вірулентності умовно-патогенної мікрофлори серед різних вікових груп сприйнятливих тварин. До них відносяться:

Виділення хворих тварин від здорових і лікування їх в ізольованих умовах до повного одужання, не можна повертати вилікуваних в колишні виробничі групи, а відправляти на відгодівлю.

Використання тваринницьких приміщень (секцій) за принципом “Все вільно від тварин - все зайнято тваринами” з повною санацією приміщення та профілактичними перервами.

Рух кормів, води, тварин та їх відходів спереду-тому технологічного циклу, по напрямку нахилу поверхні території ферми і пануючих вітрів. Маршрути руху гною і кормів не повинні перехрещуватися на одному рівні.

Чорно-білої лінії, тобто чіткої межі між виробничою білою та іншими чорними зонами комплексу. Особливо чітко повинна бути визначена вона в санпропускнику, на вантажній рампі і санітарно-забійній пункті, щоб не було безладних рухів обслуговуючого персоналу між виробничою та іншими зонами.

Найменшого контакту між єдиними виробничими групами худоби, між зовнішнім і внутрішнім транспортом, між обслуговуючому персоналу різних санітарних зон, секторів, відділів, між тваринами виробничої зони і різними зовнішніми факторами передачі інфекції.

Внутрішнього і зовнішнього транспорту: внутрішній транспорт не повинен виїжджати за межі зон А, Б, В, а зовнішній - не в'їжджати в виробничу зону без дезобробки. Внутрішній і зовнішній транспорт не повинні мати контакт між собою в гаражі, майстерень, ПММ та ін. або мати дезобробку після контакту між ними. Зона Р має обслуговуватися тільки

зовнішнім транспортом. На період масової заготовки грубих кормів кормову зону В відвідує тільки спеціально виділений для цих цілей зовнішній транспорт і тільки через зовнішній в'їзд, але не через виробничу зону.

Аналіз небезпечних факторів та ситуацій

Носіями небезпечних і шкідливих факторів на проектуваному підприємстві є об'єкти, що формують трудовий процес і входять у нього: предмет праці, засоби праці (машини, будинки, інструменти), задіяні в технологічному процесі [31].

До характерних небезпечних факторів при виробництві відносяться:

- рухливі частини устаткування;
- підвищена запиленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- недостатня освітленість робочої зони;
- пожежонебезпечні фактори (вибух, іскри, підвищений рівень вибухонебезпечного пилу);
- фізичні пере навантаження;
- нервово-психічні пере навантаження

На підприємстві для забезпечення пожежної безпеки, насамперед повинні бути вжиті всі заходи для запобігання виникнення пожеж, у помешканнях повинні бути вогнегасники. На території повинні бути резервуари запасу води. Необхідно дотримувати пожежні розриви між спорудами. Розмір протипожежних розривів регламентується по СНиП 15-89-80.

Необхідно створити передбачені технічним регламентом і паспортними даними режимів роботи устаткування, регламентів його експлуатації, припустимих навантажень. Необхідно оснастити устаткування, обладнання, у

яких можуть виникнути пожежонебезпечні умови, контроль-вимірною апаратура, термореле, які усувають або сигналізують про небезпечну ситуацію.

Дотримання режимів змащення відповідними мастилами виключає можливість збільшення температури тертьових поверхонь.

Машини повинні мати запобіжні пристрої для їх зупинки при перевантаженні.

Перелік небезпечних і шкідливих факторів приведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – План заходів, спрямованих на нормалізацію умов праці при обслуговуванні виробничих приміщень, на 2021 рік

Найменування заходів	Відповідальна особа	Термін виконання
ОРГАНІЗАЦІЙНІ		
1.1 Придбати необхідну нормативну й спеціальну літературу	Інженер з ОП	4 кв. 2021 р.
1.2 Контролювати проведення інструктажів з безпеки праці	Інженер з ОП	Регулярно
1.3 Провести навчання посадових осіб охороні праці	Інженер з ОП	2 кв. 2021 р.
1.4 Скласти комплект інструкцій по кожному робочому місцю	Завідуючий машинного двору	3 кв. 2021 р.
1.5 Контролювати виконання працівниками вимог нормативних документів по охороні праці	Головний інженер, завідуючий машинного двору	Регулярно відповідно до встановленої системи контролю
ТЕХНІЧНІ		
2.1 Встановити та привести до ладу перехідні містки, огороження тощо	Завідуючий машинного двору	2 кв. 2021 р.
2.2 Встановити захисне заземлення, засоби блискавкозахисту та освітлення	Інженер-електрик	1 кв. 2021 р.
2.3 Забезпечення тваринницьких приміщень засобами пожежогасіння	Інженер з ОП	1 кв. 2021 р.
2.4. Спроектувати та обладнати систему вентиляції приміщення	Головний інженер	4 кв. 2021 р.
САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ		
3.1 Своєчасне складання заявок на придбання ЗІЗ	Завідуючий машинного двору	1 кв. 2021 р.
3.2 Забезпечити санітарно-побутове обслуговування працівників	Завідуючий машинного двору	3 кв. 2021 р.
3.3 Провести атестацію робочих місць по показникам безпеки	Комісія з проведення атестації	4 кв. 2021 р.
3.4 Слідкувати за станом спецодягу працівників	Керівники робіт	Постійно

4.3 Аналітично - розрахункова частина з питань охорони праці на виробництві

4.3.1 Розрахунок витяжної вентиляції обладнання виробничого приміщення.

Розрахунок.

Визначаємо кількість видаляемого повітря (повітряобмін):

$$W = K \frac{Q \cdot n}{C \cdot \gamma \cdot (t_e - t_n)}; \quad (4.1)$$

де W – необхідний повітряобмін, м³/год.

Q – виділення в приміщенні тепла, ккал/год. $Q = 2500$.

C – теплоємність повітря, $C = 0,24$ ккал/кг;

t_e та t_n – температура видаляемого та приточного повітря, °С;

γ – густина повітря, кг/м³. $\gamma = 1,149$;

n – кількість обладнання, шт.;

K – коефіцієнт, що враховує тепловидалення від технологічного обладнання. $K = 0,8$.

$$W = 0,8 \cdot \frac{3 \cdot 2500}{0,24 \cdot 1,149 \cdot (42 - 29)} = 1073 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Визначаємо швидкість повітря

$$v = \frac{W}{3600 \cdot F}; \quad (4.2)$$

де F – площа перерізу каналу, м². $F = 0,04$.

$$v = \frac{1073}{3600 \cdot 0,04} = 7,45 \text{ м} / \text{год.}$$

Визначаємо продуктивність вентилятора

$$L_b = K_3 \cdot W; \quad (4.3)$$

де L_b – продуктивність вентилятора, м³/год;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,3 \dots 2$.

$$L_b = 1073 \cdot 1,3 = 1395 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Втрати повітря на прямолінійних ділянках

$$H_{en} = \frac{\psi_m \cdot l_m \cdot \gamma_n \cdot v^2}{2d_{mp}}; \quad (4.4)$$

де H_{en} – втрати на прямолінійних ділянках, Па;

ψ_T – коефіцієнт опору трубопроводу, $\psi_T = 0,02$;

γ_T – густина повітря при 42 °С, кг/м³, $\gamma_T = 1,12$;

$d_{тр}$ – еквівалентний діаметр трубопроводу, мм, $d_{тр} = 225$.

$$H_{en} = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 1,12 \cdot 7,45^2}{2 \cdot 225} = 0,01 \text{ Па.}$$

Місцеві втрати

$$H_m = 0,5 \cdot \psi_m \cdot v^2 \cdot \gamma_n; \quad (4.5)$$

де H_m – місцеві втрати, Па;

ψ_m – коефіцієнт місцевих втрат, $\psi_m = 0,5...3$.

$$H_m = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 7,45^2 \cdot 1,12 = 16 \text{ Па.}$$

Сумарні витрати

$$H_{yc} = H_{en} + H_m; \quad (4.6)$$

$$H_{yc} = 16 + 0,01 = 16,01 \text{ Па.}$$

Знаючи величину втрат, вибираємо вентилятор за номограмою.

Вентилятор № 4, $n = 915$ об/хв.

Електродвигун 4A71A643, $N = 0,37$ кВт, $n = 915$ об/хв.

4.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення виробничого приміщення

Для забезпечення нормативного освітлення в приміщенні вибирається тип лампи ЛД 6Г-4.

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i = S / H_p (L + B), \quad (4.7)$$

де S – площа приміщення, м².

$H_p = 1$ м - висота підвісу ліхтарів;

L і B – відповідно довжина та ширина приміщення, м;

$$i = 12 \cdot 6 / 1 (7+5) = 5,9$$

Кількість ламп розраховується таким чином:

$$N = E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z / \Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot m, \quad (4.8)$$

де E – освітленість, $E = 150$ лк;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,8$;

S – площа приміщення, $S = 72 \text{ м}^2$;

Z – коефіцієнт нерівномірності, $Z = 1,2$;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік, $\Phi_{\text{л}} = 3390$ лм;

n – коефіцієнт, що враховує індекс приміщення, $n = 0,6$;

m – коефіцієнт, що враховує затемнення іншими спорудами, $m = 4$.

$$N = 150 \cdot 1,8 \cdot 35 \cdot 1,2 / 3390 \cdot 0,6 \cdot 4 = 0,16$$

Приймаємо 1 лампу типу ЛД 6Г-4.

4.4 Заходи безпеки на виробництві

Підвищення ефективності робіт технологічних ліній багато в чому залежить від правильної організації праці обслуговуючого персоналу. Робота персоналу має бути організована з урахуванням розпорядку дня, прийнятого на обслуговуваній фермі. Ферма має бути закріплена за обслуговуючою ланкою, яка зобов'язана якісно і в строк виконувати усі операції при виробництві молока.

До робіт з машинами допускаються особи, що вивчили керівництво по експлуатації, що знають техніку безпеки, правила пожежної безпеки і що здали відповідний техмінімум.

До роботи на машинах і устаткуванні, вживаних для механізації трудомістких процесів, особи молодше 16 років не допускаються.

У місцях розміщення машин, механізмів і устаткування обов'язково

мають бути встановлені інструкції по їх безпечному обслуговуванню.

Експлуатація машин на оборотах вище вказаних в паспорті забороняється. При монтажі машин і устаткування слід застосовувати необхідні заходи і пристрої, що забезпечують максимальне зниження виробничих шумів і вібрації. Карданні, ланцюгові, зубчасті і ремінні передачі, сполучні муфти машин і устаткування мають бути надійно захищені відкидними і легкознімними кришками-обгороджуваннями.

При огляді, ремонті і інших роботах, пов'язаних з технічним обслуговуванням, машину необхідно зупинити, а приводний пас зняти.

Робітник повинен виконувати тільки ту роботу, яку йому доручають. При роботі треба бути уважним, не відволікатися за сторонніми справами і розмовами і не відволікати інших.

При проведенні робіт по технічному обслуговуванню повітряпроводів слід користуватися справним інструментом, пристосуваннями і засобами індивідуального захисту. При заміні ділянок повітряпроводів, що зносилися, забороняється проводити зварювальні роботи, якщо повітряпроводів знаходиться під тиском. При згинанні труб з нагрівом необхідно обслуговуючому персоналу мати захисні окуляри і рукавиці. При охолодженні нагрітих труб водою треба користуватися ковшами з подовженою ручкою. Забороняється використання повітряпроводів для кріплення тросів, тяги та ін.

Транспортери. Забороняється допускати до роботи сторонніх осіб. Забороняється пуск транспортера за відсутності заземлення електродвигуна і пускової апаратури. Забороняється робота транспортера зі зношеними і поламаними деталями. При огляді внутрішньої порожнини шнека транспортера слід користуватися переносною електричною лампою з напругою не більш 36В. Шнек в кожусі транспортера повинен встановлюватися проміжок не менше 10 мм від стінок, щоб він не зачіпав за дно і стінки і працював без невластивих йому шуму і стуку. Ремонт дозволяється проводити тільки при вимкненому рубильнику і знятих

запобіжниках ввідного щита.

Для покращення умов праці, приведення у відповідність технічного стану робочих місць та нормалізації параметрів виробничого середовища складається план заходів. Він повинен бути комплексним, всебічним та реальним, а хід його виконання повинен постійно підлягати контролю з боку посадових осіб підприємства.

Розробка заходів ведеться за трьома напрямками: організаційним, технічним, санітарно-гігієнічним, для кожного з яких визначаються відповідальні за це особи та прогнозується очікувана соціальна ефективність від їх запровадження. За результатами виявлених у підрозділі недоліків складемо перелік заходів, спрямованих на їх усунення чи мінімізацію їх наслідків та впливу на працівників.

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

- У зв'язку з законом “Про пожежну безпеку в Україні”, ССБГ, ГОСТ 12.1.053-81 необхідно передбачити на території підприємства декілька пожежних постів з усіма необхідними засобами пожежоня та зберігати їх в постійній готовності.
- Забороняється розпалювати вогнище на території підприємства.
- Забороняється палити в приміщеннях виробничого корпусу, у тому числі в компресорній та в складських приміщеннях. Палити дозволяється у спеціально відведених місцях.
- Забороняється оставляти без нагляду діюче устаткування, обладнання, прибори та апарати. Перед пуском машини необхідно перевірити справність заземлення.
- Необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки при зберіганні аміаку в балонах. Температура повітря в приміщеннях для

зберігання заповнених балонів не повинна перевищувати +35 °С.

- У випадку виникнення пожежі необхідно терміново сповістити в пожежну охорону та приступити до гасіння пожежі.
- При збільшеній ГДК пилу можливий вибух від відкритого джерела тепла. Слід регулярно перевіряти повітроводи та інше технологічне обладнання від надмірного забруднення пилом.
- При виникненні вибуху необхідно у короткочасний термін сповістити пожежну службу, а також приступити до тушіння вимкненої пожежі користуючись правилами тушіння пожежі. Працівник зобов'язаний надати першу медичну допомогу постраждавшим робітникам, використовуючи аптечку першої медичної допомоги, а також усі підручні матеріали.

Висновки по розділу

У результаті аналізу виконання робіт на підприємстві ТОВ «Агрофірма Україна» були виявлені потенційні небезпеки та шкідливості при роботі з устаткуванням.

На підставі виявлених небезпечних та шкідливих факторів запропоновано заходи, які мають на меті зменшити ймовірність виникнення травмонебезпечних ситуацій при виконанні основних операцій заготівлі кормів, які можуть спричинити матеріальні втрати та травмувати працівників.

Присвячено увагу питанням безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічну ефективність впровадження запропонованого навантажувача – змішувача компосту розраховували за існуючими методиками [32, 33]

Річне нормативне завантаження T визначається як відношення річного об'єму робіт V до продуктивності машини Q . На одному і тому ж підприємстві об'єм компосту, що готується по обом технологіям однаковий

$$T = \frac{V}{Q}. \quad (5.1)$$

Витрати праці (H) на одиницю компосту, що готується залежать від кількості зайнятого персоналу Z і продуктивності машини, визначаються по виразом

$$H = \frac{Z}{Q}, \quad (5.2)$$

де Z - обслуговуючий персонал, чол.

Витрати на заробітну плату L визначають залежно від годинної тарифної ставки оператора l , кількості зайнятого персоналу Z і продуктивності технологічного процесу Q і обчислюють за такою формулою

$$L = \frac{Zl}{Q}. \quad (5.3)$$

Питомі витрати палива G розраховують виходячи з годинної витрати всіх машин, що входять в технологічну лінію, і продуктивності

$$G = \frac{q}{Q}, \quad (5.4)$$

де q - витрата палива, кг / год, при роботі машин існуючої технології та технології, що пропонується.

Вартість ПММ, грн./т, визначають наступним чином

$$P = GC, \quad (5.5)$$

де C - ціна 1 кг палива, грн.

Відрахування на технічне обслуговування і амортизаційні відрахування пропонованого навантажувача-змішувача органомінерального компосту складуть

$$A_{т.о} = \frac{CMa}{100V}, \quad (5.6)$$

де CM - вартість нової машини або комплексу машин за новою технологією, грн.;

a - норма амортизаційних відрахувань і відрахувань за ТО, грн.

Накладні витрати по процесу, грн./т

$$H_{\Pi} = 0,5 (L + P + A_{т.о}). \quad (5.7)$$

Прямі витрати ПЗ розраховують як суму витрат на заробітну плату, вартість ПММ і амортизаційні відрахування

$$ПЗ = L + P + A_{т.о} + H_{п}. \quad (5.8)$$

Зниження прямих витрат

$$\frac{ПЗ_1 - ПЗ_2}{ПЗ_1} \cdot 100\%. \quad (5.9)$$

Приведені капіталовкладення

$$КП = \frac{SE_n}{V \cdot Q}, \quad (5.10)$$

де E_n - коефіцієнт ефективності капіталовкладень, рівний 0,15.

Приведені витрати ЗП визначаються сумою приведених капіталовкладень КП і прямих витрат ПЗ:

$$ЗП = КП + ПЗ. \quad (5.11)$$

Зниження наведених витрат

$$\frac{ЗП_1 - ЗП_2}{ЗП_1} \cdot 100\%. \quad (5.12)$$

Очікуваний річний економічний ефект

$$PE = (ЗП_1 - ЗП_2)V. \quad (5.13)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначають наступним чином

$$T_{ок} = CM/PE. \quad (5.14)$$

Розрахунки економічних показників за пропонованим навантажувачем - змішувачем органомінерального компосту і існуючої технологічної схеми

на основі навантажувача ПНД-250 і розкидачі мінеральних добрив РУН-800 зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Розрахунок економічної ефективності навантажувача-змішувача органомінерального компосту

Економічні показники	Позначення	Навантажувач ПНД-250 + РУН-800	Навантажувач - змішувач
1. Балансова вартість, грн..	СМ	546800	348300
2. Продуктивність за годину чистого часу, т/год	Q	104	142
3. Річний обсяг робіт, т	V	16400	16400
4. Обслуговуючий персонал, чол.	Z	2	1
5. Витрати праці, люд.-год	H	0,019	0,007
6. Зниження трудомісткості, %		-	63
7. Витрати палива, кг/год	q	32	21
8. Питома витрата палива, кг / т	G	0,308	0,148
9. Приведені капіталовкладення, грн./т	КП	0,048	0,022
10. Зниження приведених витрат, %		-	48
11. Річний економічний ефект, грн..	РЕ	-	201687,2
12. Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	Ток	-	1,7

Використання навантажувача-змішувача в порівнянні з навантажувачем ПНД-250 і розкидачів мінеральних добрив РУН-800 при змішуванні і навантаженні органомінерального компосту дозволяє отримати річний економічний ефект 201687,2 грн., термін окупності додаткових капіталовкладень складе 1,7 року.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу сучасного стану господарства та країни в цілому було виявлено ряд недоліків існуючого обладнання для приготування органомінеральних компостів, а саме було визначено за актуальний напрямок поєднання конструкцій для одночасного змішування, та навантаження компосту.

2. **Розроблено** конструктивно – технологічну схему навантажувача - змішувача, з виключенням негативних факторів попередніх пристроїв.

3. Отримано математичну залежність щодо розрахунку оптимальних параметрів технологічного процесу.

4. **Розроблені** програма та методика експериментальних досліджень запропонованого **інноваційного** зразку, в які увійшли такі основні моменти як **методика** визначення фізико-механічних властивостей органомінерального компосту та представлені методики визначення похибок вимірювань.

5. Проведений ретельний **аналіз** ситуації по питаннях охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Представлені небезпечні та шкідливі фактори та план заходів з їх реалізації.

6. Представлено економічні розрахунки показали ефективність запропонованої конструкції навантажувача - змішувача органомінерального компосту. Порівняння із базовим варіантом обладнання виявив, що річна економія складе 201687,2 грн., та зможе окупитися за 1,7 років. На нашу думку господарства мають усі необхідні можливості для виготовлення та застосування запропонованого обладнання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Органические удобрения в интенсивном земледелии / под ред. чл.-кор. ВАСХНИЛ В.Г. Минеева. – М.: Колос, 1984.
- 2 Річні звіти товариства з обмеженою відповідальністю «Агрофірма Україна» Мелітопольського району Запорізької області
- 3 Павлов, П.И. Комплекс машин для производства вермикомпоста / П.И. Павлов, Н.В. Спевак // Сельский механизатор. – 2012. – №11. – С. 26–27.
- 4 Агрохимические основы применения органических удобрений / М.А. Цуркан [и др.]. – Кишинев, 1985 – 287 с.
- 5 Мілько Д.О. Обґрунтування основних параметрів процесу ущільнення рослинної сировини двошнековим живильником / Д.О. Мілько // Вісник Харківського національного технічного університету імені П. Василенка / ХНТУСГ. Випуск 58. – Харків, 2007. – С. 112 – 116.
- 6 Офіційний сайт ALLU: <https://www.lecturaspecs.com/en/model/municipal-technology/compost-turners-allu/as-26-h-1015482> (дата звернення 03.02.2021).
- 7 Офіційний сайт ALLU: <https://www.lecturaspecs.com/en/model/municipal-technology/compost-turners-allu/as-38-h-1015482>. (дата звернення 03.02.2021).
- 8 Офіційний сайт: <http://www.agroru.com/doska/oborudovanie-dlya-komposta-seko-627015.htm>. (дата звернення 03.02.2021).
- 9 Офіційний сайт: <http://agri-tech.ru/catalog/20/0/0/tech85.html>. (дата звернення 03.02.2021).
- 10 Офіційний сайт: <http://hoztehnikka.ru/2011-07-17-11-57-32/2011-07-17-12-46-28/394-smesitel-zagryzchik-szy-20.html>. (дата звернення 03.02.2021).
- 11 Павлов, Н.В. Исследование энергоемкости процесса погрузки органических удобрений погрузчиками периодического и непрерывного

действия: дис. ... канд. техн. наук. – Рига, 1969. – 215 с.

12 Логутенко, Е.П. Исследование ротационных рабочих органов типа фрезбарабана для добычи торфа на удобрение: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.П. Логутенко. – М., 1964. – 21 с.

13 Везиров, А.О. Повышение эффективности технологического процесса приготовления почвенных смесей путем обоснования конструктивно–режимных параметров погрузчика–смесителя: дис. ...канд. техн. наук / Везиров А.О. – Саратов, 2013 – 126 с.

14 Петунов, С.В. Совершенствование технологии приготовления компоста из отходов животноводства и деревообработки: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Петунов С.В. – Улан-Удэ, 2006. – 21 с.

15 Новиков, И.П. Повышение эффективности переработки органических отходов в удобрения путем совершенствования процесса смешивания: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Новиков И.П. – СПб.; Пушкин, 2013. – 20 с.

16 Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад [та ін.]; під заг. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

17 Павлов, П.И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Павлов П.И. – Саратов, 2002. – 441 с.

18 Хитрова, Н.В. Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и обоснование параметров шнекофрезерного питателя: дис...канд. техн. наук / Хитрова Н.В. – Саратов, 1997. – 156 с.

19 Хакимянов, Р.Р. Повышение эффективности погрузчика органических удобрений путем оптимизации параметров фрезерно-шнекового питателя: дис. канд. техн. наук / Хакимянов Р.Р. – Саратов,

2001. – 165 с.

20 Дубинин, В.Ф. Физико-механические и перегрузочные свойства сельскохозяйственных грузов: учеб. пособие / В.Ф. Дубинин, П.И. Павлов; Саратов. гос. с. – х. акад. – Саратов, 1996. – 100 с.

21 Гимейн С.М. Физико-механические свойства навоза / С.М. Гимейн // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1962. – № 4. – С. 49–50.

22 Лозановская И.Н. Теория и практика использования органических удобрений / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, П.Д. Попов – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – 96 с.

23 Левченко, Г.В. Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и оптимизация параметров лопастного питателя: дис. ...канд. техн. наук / Левченко Г.В. – Саратов, 1998. – 171 с.

24 Офіційний сайт: www.inta.ru/mass-media/news/metodika-otsenki-kachestva-smesheniya. (дата звернення 05.02.2021).

25 Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

26 Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Е.Н. Львовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

27 Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. – 304 с.

28 Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер [и др.]. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

29 Веденяпин, Г.П. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.П. Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 242 с.

30 Охорона праці / Г. М. Грядник, С. Д. Лехман, Д. А. Бутко та ін. - К.: Урожай, 1994. – 271 с.

31 Рогач Ю. П. Пожежна безпека: Навчальний посібник / Ю. П. Рогач. – Сімферополь: Таврія Плюс, 2001. – 124с.

32 Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Госагропром УССР. – Киев: Урожай, 1986 – 117 с.

33 Методы определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно–исследовательских работ, новой техники и рационализаторских предложений. ВАСХНИЛ. – М., 1980. – 117 с.