

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет аграрної інженерії та екології
Кафедра аграрної інженерії імені професора Г.А.Хайліса

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

на тему:
**«ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ САПРОПЕЛЮ З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ШНЕКОВОГО ПРЕСА ДЛЯ ЙОГО
ЗНЕВОДНЕННЯ»**

спеціальності 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма «Агроінженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АІ- 41
МИКИТЧЕНКО Назар Сергійович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
ЦИЗЬ Ігор Євгенович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Луцьк 2025

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Ступінь вищої освіти	<i>бакалавр</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітня програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аграрної інженерії
імені професора Г.А. Хайліса
доц., к.т.н. ХОМИЧ Сергій
Миколайович _____

“ _____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Микотченко Назару Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Технічне забезпечення обробки сапропелю з модернізацією шнекового преса для його зневоднення

Керівник роботи: Цизь Ігор Євгенович, доцент, к.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від “17” січня 2025 р. № 33/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи

« _____ » _____ 202_ р.

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу бакалавра.
3. Анотація.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

	к-сть листів
1. Схема удосконаленої технології	- 1 лист
2. Функціональна (принципова) схема машини	- 1 лист
3. Організація робіт або операційно-технологічна карта	- 1 лист
4. Складальне креслення розроблюваного вузла	- 1 лист
5. Робочі креслення деталей	- 1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання «___» _____ 202_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з матеріалами і літературою	08.04 – 11.04.2025 р.	
2	Формування вихідних даних, мети та завдання виконання кваліфікаційної роботи	12.04 – 18.04.2025 р.	
3	Розробка рекомендації з покращення (удосконалення) технології	19.04 – 25.04.2025 р.	
4	Розрахунки параметрів машини і вузла, які проектуються	26.04 – 01.05.2025 р.	
5	Розробка функціональної (кінематичної) і принципової схем машини	02.05 – 08.05.2025 р.	
6	Розробка конструкції вузла і його деталей	09.05 – 15.05.2025 р.	
7	Розробка питань охорони праці та довкілля	16.05 – 22.05.2025 р.	
8	Оформлення пояснюючої записки	23.05 – 29.05.2025 р.	
9	Нормоконтроль	30.05 – 03.06.2025 р.	
10	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	до 10.06.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Микитченко Назар Сергійович

(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Цизь Ігор Євгенович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Микитченко Н.С. Технічне забезпечення обробки сапропелю з модернізацією шнекового преса для його зневоднення. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Агроінженерія» спеціальності 208 Агроінженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У роботі досліджено пропозицію вітчизняної та закордонної техніки для обробки сапропелю шляхом зневоднення, підібрано комплект техніки для виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив на його основі продуктивністю 5 т/год та запропоновано модернізований прес для зневоднення сапропелю.

Ключові слова:

Сапропель, зневоднення, технічне забезпечення, органо-мінеральні добрива, шнек, продуктивність, гранула.

					<i>КАІ.ПШС.00.00.0000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Микитченко</i>			<i>Прес шнековий</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цизь</i>				<i>к</i>	<i>3</i>	<i>51</i>
<i>Н. контр.</i>		<i>Юхимчук</i>			<i>ЛНТУ, каф. АІ ім. проф. Г.А. Хайліса гр. АІ-41</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Хамич</i>						

ABSTRACT

Mykytchenko N.S. Technical support for sapropel processing with modernization of the screw press for its dehydration. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Agroengineering" specialty 208 Agroengineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

In the work, the offer of domestic and foreign equipment for processing sapropel by dehydration was investigated, a set of equipment was selected for the production of granular organo-mineral fertilizers based on it with a productivity of 5 t/h, and a modernized press for sapropel dehydration was proposed.

Keywords:

Sapropel, dehydration, technical support, organo-mineral fertilizers, auger, productivity, granule.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>4</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

Завдання.....	2
Анотація.....	3
Abstract.....	4
Зміст.....	5
Вступ.....	6
Розділ 1. Оглядова частина.....	8
1.1. Огляд видів засобів для підвищення родючості ґрунтів.....	8
1.2. Аналіз технологій та техніки для зневоднення сапропелю.....	15
Розділ 2. Рекомендації з удосконалення технічного забезпечення обробки сапропелю.....	18
2.1. Підбір обладнання для зневоднення сапропелю та комплектування лінії з виробництва ОМД на його основі.....	18
2.2. Обґрунтування технічного рішення з модернізації шнекового преса для зневоднення сапропелю.....	23
2.3. Розробка плану цеху з обробки сапропелю для виробництва гранульованих ОМД.....	26
Розділ 3. Проектна частина.....	23
3.1. Розрахунок параметрів шнекового преса.....	29
3.2. Енергетичний розрахунок.....	30
3.3. Кінематичний розрахунок та вибір електродвигуна.....	30
3.4. Розрахунок параметрів черв'ячної передачі.....	32
Розділ 4. Охорона праці та довкілля.....	38
4.1. Аналіз конструкції шнекового преса з точки зору безпеки праці.....	38
4.2. Загальні вимоги до безпеки праці.....	40
4.3. Проектування заходів щодо ліквідації шкідливих виробничих факторів.....	43
4.4. Заходи по охороні навколишнього середовища під час обробки сапропелю.....	45
Висновки.....	49
Перелік джерел посилання	51
Додатки.....	53

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк. 5
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Передові аграрні підприємства Волині постійно ведуть пошук джерел для підвищення та збереження родючості ґрунтів. Традиційно у цій якості використовуються органічні та мінеральні добрива. Але лише органічні добрива здатні поповнювати гуміновий комплекс ґрунту, відновлювати його мікрофлору, покращувати його фізико-механічні властивості тощо. Традиційно для цього використовували гній та компост отримані на основі фекалій тварин. Але за даними Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2023 р. поголів'я ВРХ склало 2409100 голів, що на 13,5% менше відповідно до 2022 року. Такі процеси особливо прискорились протягом останніх років та стосуються усіх галузей тваринництва.

За умови дефіциту органіки тваринного походження варто звернути увагу на мулові відклади прісноводних озер – сапропелі. Використання такого ресурсу в якості добрива відомо із давньої історії, а на території Волині є дуже велика кількість озер із його покладами. Сапропель можна використовувати для виготовлення компосту з гноєм, гноївкою, рослинними рештками тощо. Для збалансування показників кислотності та вмісту макроелементів до такого компосту можна додавати вапно, фосфоритне борошно, попіл тощо.

Проте широкому використанню сапропелю стає на перешкоді висока його природна вологість, яка може досягати 98 %. Для використання у складі компосту його вологість потрібно довести до 50-60 відсотків.

Також відома практика використання органічної речовини сапропелю шляхом утворення органо-мінеральних добрив. Такі добрива отримують шляхом збагачення сапропелю мінеральними мікро- та макроелементами. Максимальний ефект досягається коли реалізується технологія виготовлення на його основі органо-мінеральних добрив у гранульованій формі.

Тому для даних цілей проведена розробка переліку технічного забезпечення для забезпечення обробки сапропелю шляхом його механічного зневоднення та наступного виробництва ОМД із використанням місцевих

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						6
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

сировинних ресурсів мінерального живлення та удосконалення конструкції шнекового преса для зневоднення сапропелю.

Об'єкт дослідження – технічне забезпечення для обробки сапропелю шляхом його зневоднення та виробництва ОМД.

Предмет дослідження – шнековий прес для зневоднення сапропелю із самоочисним фільтром.

Завданням дано кваліфікаційної роботи є:

- аналіз інформації із літературних джерел та інтернет-ресурсів за темою роботи;

- розробка перелік технічного обладнання та комплектування на його основі цеху для обробки сапропелю шляхом його зневоднення та виробництва ОМД з використанням місцевих сировинних ресурсів;

- розробити принципову схему шнекового преса для зневоднення сапропелю;

- провести розрахунки шнекового преса для зневоднення сапропелю;

- розробити складальне креслення пресувальної камери преса;

- розробити робочі креслення деталей пресувальної камери;

- розглянути питання охорони праці та довкілля під час обробки сапропелю.

Технічна новизна роботи полягає у розробленні нової конструкції шнекового преса для зневоднення сапропелю .

За умови реалізації комплексного наукового підходу, який базується на врахуванні усіх факторів отримано рішення яке дозволяє підвищити ефективність від використання сапропелю.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						7
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Огляд видів засобів для підвищення родючості ґрунтів.

Важливим ресурсом підвищення родючості ґрунтів є органічні та мінеральні добрива. І саме органічним добривам відводиться тут визначальна роль.

До загально відомих та найбільш поширених органічних добрив відносять гній, гноївку, пташиний послід, компост із органічних відходів, пожнивні рештки та сидерати.

Звичайно гній є цінним та загальнопоширеним видом органічних добрив. Цінність його полягає у наявності широкого кола необхідних для рослин елементів мінерального живлення: азот, фосфор, калій, сірка, магній, бор, молібден, марганець, кобальт тощо. Також гній насичує родючий шар мікроорганізмами які покращують та удосконалюють мікрофлору ґрунту, переводять мінеральні сполуки із недоступних для сільськогосподарських культур форм у доступні. У сукупності це сприяє зростанню вмісту гумусу та поліпшує фізичні властивості ґрунту. У процесі розкладу гній виділяє в приґрунтовий шар вуглекислий газ, який є важливим фактором газового живлення рослин.

Джерелом для отримання гною є фекалії свійських тварин: корів, биків, свиней, кіз, овець тощо. Іншою складовою гною є підстилка, яка може бути із соломи різних злакових культур, тирса, тощо або і її відсутність (гідрозмив). Також до гною можуть потрапляти залишки кормів. Усі ці фактори у сукупності визначають кількісні та якісні характеристики гною.

Узагальнені характеристики вмісту макроелементів у свіжому гної знаходяться в таких межах: азоту – 0,45-0,50 %, фосфору – 0,20-0,25 % і калію – 0,50-0,60 % відсотків.

Для отримання якісного органічного добрива проводять його компостування. На практиці використовують щільний і розпушений способи

					КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компостування гною. Ущільнений спосіб характеризують анаеробним процесом розкладу, який здійснюється без доступу повітря (кисню) або за мін. його кількості. Розпушений спосіб є аеробним процесом розкладу, та відбувається за вільного доступу всіх кисню з повітря. Залежно від можливості доступу повітря визначається інтенсивність біопроеесів розкладу.

Найкраще організувати площадку для компостування гною поблизу поля де він буде вноситись. Адже туди можна вивозити добрива наявною технікою у будь-яку пору року. А під час внесення зразу завантажувати його у гноєрозкидачі та вносити.

Для компостування із гною фомують бурти шириною 3 – 4 м, висотою 1,5 – 2,0 і з необхідною довжиною. Для якісного процесу розкладу та зменшення втрат азоту бурти доцільно обсипати землею чи вкрити соломною. Але найкращим варіантом є поліетиленова плівка. У таких умовах сирий гній перетвориться на цінне добриво за 4 – 6 місяців. Мінімальним є термін компостування – 2 місяці.

Основні вимоги до якості компостованого гною такі: він повинне бути напівперепрілим або перепрілим; містити у сумі не менше 10-12 кг на тонну діючої речовини азоту, фосфору та калію; містити мінімальну кількість схожого насіння бур'янів. Завдяки тому що процес компостування супроводжується підняттям температури у бурті до 60-70 °С то в цей період насіння бур'янів має повністю загинути.

Зазвичай компостований гній вносять в ґрунт під основний обробіток піз зяблеву оранку. Допустимим є проведення внесення і весною та в інші пори року. Визначальним тут є спосіб обробітку ґрунту, культура та доступна техніка.

У випадку утримання тварин на гідрозмиві отримуємо напіврідкий гній. Такий органічний ресурс треба компостувати із рослинним рештками пониженої вологості за збалансування співвідношення між вуглецем та азотом.

Подібні підходи до використання гноївки, яка є цінним місцевим швидкодіючим добривом. Та за вмістом поживних речовин вона має суттєво

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

нижчі показники через розбавлення тваринних екскрементів водою від миття приміщень та опадів. Тут середній вміст поживних речовин характеризується такими показниками: азот – 0,10, фосфор – 0,03 і калію – 0,28%.

Гноївку можна використовувати для виготовлення компостів так і для безпосереднього внесення у ґрунт. Ці роботи можуть виконуватись у будь-яку пору року за сприятливих погодних умов.

У останні десятиріччя найбільшим за обсягом став ресурс пташиного посліду. Завдяки вмісту необхідних макроелментів шляхом ферментації в процесі компостування із торфом або соломною з пташиного посліду можна отримати високоефективне швидкодіюче добриво.

Під час виробництва компостів на основі гною різного походження хороший результат забезпечує додавання торфу. Торф через природу походження характеризується дуже різноманітним властивостями. Така мінливість проявляється не лише для різних за місцем розташування родовищ, але й у межах одного родовища для різних шарів і ділянок. Для оперування такими мінливостями торф розділяють за умовами утворення на типи – верховий, низинний і перехідний. За рослинністю з якої він утворився формуються види торфу – моховий, трав'яний, деревинний. В залежності від ступеня розкладу або ще використовують термін мінералізації торф буває слабо розкладений - 5-25%, середньо розкладений - 25-40% та сильно розкладений - 40%.

Дослідження вказують, що залежно від типу торфу, він може мати у своєму складі у відсотках на суху речовину 0,8-3,3% азоту; 0,06-0,5% фосфору в перерахунку на P_2O_5 та 0,1-0,15% калію (в перерахунку на K_2O).

Придатність торфу для його використання в складі компосту визначає поглинаюча здатність аміаку. Межі зміни даного показника наведені у (табл. 1.1).

Як видно із значень табл. 1.1 вміст у торфі гумінових кислот прямо залежить від ступеня розкладу торфу. Тому придатність торфу до використання в складі компосту також визначає ступінь його розкладу.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>10</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.1. Характеристики видів торфу

Вид торфу	Ємність поглинання, %	Вміст ГК, %
Осоковий	0,7	34,4
Тростинний	1	37,1
Дерево-осоковий	1,15	33,7
Дерево-тростинний	1,12	35,8
Вільховий	0,93	31,3

Цінність торфу полягає у його різносторонній дії на ґрунт. Так за тривалого його застосуванні підвищується вологоємність ґрунту та поглинаюча здатність. Такі зміни мають особливе значення на піщаних ґрунтах.

У той же час торф має широке застосування і у виробництві паливних брикетів, а його запаси з кожним роком скорочуються. Тому використанню торфу у компості слід шукати заміну

Тому слід шукати альтернативу торфу. Тут варто звернути увагу на мулові відклади прісноводних озер – сапропелі. Використання такого ресурсу в якості добрива відомо із давньої історії, а на території Волині є дуже велика кількість озер із його покладами. Сапропель можна використовувати для виготовлення компостів з гноєм, гноївкою, рослинними рештками тощо. Для збалансування показників кислотності та вмісту макроелементів до такого компосту можна додавати вапно, фосфоритне борошно, попел тощо.

Проте широкому використанню сапропелю стає на перешкоді висока його природна вологість, яка може досягати 98 %. Для використання у складі компосту його вологість потрібно довести до 50-60 відсотків.

Під час приготування компостування сапропелю із гноєм ВРХ вистовують 1-2 частини сапропелю на одну кількість гною. За вищого ступеня розкладу органіки його вміст у компості зменшують до 1:1, а за використання пелогену вміст має бути вищим до 2:1.

Готувати компост із гною та сапропелю можна кількома технологіями. Так можна гній та сапропель вкладати шарами завтошки 30-50 сантиметрів у

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

кагати, так як і компостують гній. При цьому нижній шар “подушку” і верхній шар «одіяло» робимо із сапропелю. У таких буртах можна отримати якісний компост за період від 4 місяців. Такий компост за показниками вмісту макроелементів рівнозначний гноєвому.

Також можна використовувати сапропель шляхом утворення органо-мінеральних добрив. Такі добрива отримують шляхом збагачення сапропелю мінеральними мікро та макроелементами. Максимальний ефект досягається коли реалізується технологія виготовлення на його основі органо-мінеральних добрив у гранульованій формі.

Досвід свідчить, що досягнення максимального ефекту у підвищенні родючості ґрунтів досягається за сумісного використання органічних та мінеральних добрив.

Але обійтись використанням лише мінеральних добрив не можливо. Тому найбільш раціональною є система удобрення, яка передбачає поєднання мінеральних і органічних добрив під час розподілу їх під культури.

Загально відомо, що свій врожай сільськогосподарські культури формують із трьох основних макроелементів: азот, фосфор та калій. Тому і основні види добрив – це азотні, фосфорні та калійні. Значний вплив на об’єм та якість врожаю має кальцій, магній, сірка, залізо і ряд інших мікроелементів. Ці мікроелементи як правило включаються до складу комплексних добрив.

Набільш дешевим видом мінеральних добрив є рідкий аміак безводний. Але він вимагає спеціального обладнання для внесення. Тому більшого поширення набули азотні добрива у гранульованій формі. Це аміачна селітра та карбамід..

Аміачна селітра містить в аміачній і нітратній формах 34,5% азоту. Гранули мають білий колір, злегка підкислює ґрунт, та швидко розчиняється у воді. Основним недоліком аміачної селітри є висока гігроскопічність і як наслідок схильність до злежування і розкладання із виділенням аміаку.

Карбамід має також гранульовану форму із вмістом 46% азоту в аміачній формі. Також характеризується фізіологічною кислотністю але менш

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>12</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

гігроскопічне у порівнянні з аміачною селітрою. Містить близько 90% гранул розміром 1,0-2,5 мм.

Аміак рідкий безводний під тиском перетворюється у безколірну рідину а випаровуючись має різкий задушливий запахом. Вміст азоту складає 82%. Температура фазового переходу з рідини у газ – - 33,4°C. Тому при звичайному атмосферному тиску у газоподібному стані. Температура фазового переходу із рідини у тверде – - 77,7°C. Для зберігання і транспортування у вигляді рідини використовуються спеціальні цистерни, які розраховані на тиск 2000-3000 кПа.

Дане добриво добре розчинне у воді та має вартість у 2,5 рази нижчу від аміачної селітри. Характеризується вищою ефективністю на легких за механічним складом ґрунтах за умов хорошого зволоження у порівнянні із аміачною селітрою. Спочатку при внесенні у ґрунт має лужну реакцію, але із перетворенням аміаку в нітрати переходить у кислу реакцію. Для збереження газу у шарі ґрунту аміак слід вносити не менше ніж на глибину 14-18 – на легких і на 10-12 см на важких і ґрунтах.

Якщо розчинити аміак у воді то отримаємо аміачну воду. У результаті отримаємо жовтувату рідину без домішок але із різким запахом нашатирного спирту. В цьому випадку вміст азоту складе 20-25%. Такий розчин також легко випаровується, а тому його зберігають і транспортується у герметичних резервуарах здатних витримувати тиск 150-200 кПа. Забезпечує підкислення ґрунту.

У якості фосфорного живлення найбільшого поширення набув подвійний суперфосфати. Це добриво містить 43-49% діючої речовини, яка задовільно розчиняється в ґрунтового розчині. Часто до його складу додатково вводиться такий мікроелемент як сірка.

У вітчизняному агропромисловому комплексів використовується суперфосфат лише закордонного виробництва. Це відповідно спричинює відповідну його вартість. Здешевити процес забезпечення фосфорного живлення сільськогосподарських культур можна шляхом використання місцевих агроруд - фосфоритів. Так на території Волинської обл. є

					КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Старовижівське родовище фосфоритів. Та фосфор у цих рудах для його засвоєння рослинами вимагають додаткових впливів. Наприклад компостування.

Серед калійних добрив найбільшого поширення набув хлористий калій, який містить 53,6 – 62,2 % діючої речовини. Дане добриво має форму гранул не правильної форми рожевого із червонуватим відтінком кольору (нагадує подрібнену цеглу). Хлористий калій добре розчиняється у воді але не поглинає її з повітря. Якщо ж його зберігати за надмірної вологості то здатний сильно злежуватись. Так як і більшість мінеральних добрив підкислює ґрунт. Негативною особливістю цього добрива є наявність хлору. Тому його недоцільно використовувати безпосередньо під такі дуже чутливі до хлору культури як картопля, гречка, деяких овочів.

На відміну від хлористого калію сульфат калію не містить хлору, а вмість діючої речовини досягає 48 – 50%. Має форму дрібних кристалів, але добре розчиняється у воді, не злежується та добре розсівається висівальними апаратами машин для внесення добрив.

Особливо цінним видом калійних добрив є калімагнезій. Це калійно-магнієве добриво, яке окрім 28-30 % діючої речовини калію містить і 8-10 % магнію. Родовища руд для виготовлення такого добрива наявні на території Івано-Франківської області.

За достатньої кількості у ґрунті макрелементів спричинити втрати врожаю можуть відсутність у ґрунті бору, марганцю, молібдену, міді, цинку тощо. Хоча їх вміст вимірюється десятими частками відсотка, оскільки їх потреба для рослин незначна, але їх відсутність погіршує ріст і розвиток рослин. Це у результаті впливає на об'єм та якість врожаю і ураження рослин хворобами. погано плодоносять і пошкоджуються хворобами. Вносяться такі добрива також у незначній кількості і як правило в складі простих або комплексних складних мінеральних добрив. Також вони можуть входити до складу протруйників або сумішей для інкрустування насіння. Також можуть для позакореневого підживлення рослин в період вегетації.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>14</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Але дослідження науковців вказують що, мікроелементи є особливо ефективними у складі складних добрив. Так наприклад включення до складу нітрофоски марганцю підвищує її вплив на цукристість буряків до 0,3-0,7%. А включення до комплексних добрив молібдену забезпечує зростання вмісту білка на 0,3-0,8% у сїні конюшини.

Таким чином одним із перспективних засобів для підтримання та відтворення родючості ґрунту є органо-мінеральні добрива де у якості органічного складника входить сапропель. Сапропель, у свою чергу, для використання у таких добривах має бути зневоднений до вологості 50-60 %.

1.2. Аналіз технологій та техніки для зневоднення сапропелю.

У процесі добування сапропелю отримується сировина із вологістю в межах 92-98 %. Класична технологія його зневоднення передбачає відстоювання пульпи у відстійниках із наступним їх вистелюванням на площадках сушіння. Де вони сушаться у природних умовах до вологості 60 %. Календарне планування такого процесу наведеною у табл. 1.1. Для інтенсифікації процесу здійснюється поверхневе пошарове його розпушення за схемою наведеною на рис. 1.1. [3].

Таблиця. 1.1. Календарне планування процесу зневоднення сапропелю [3]

Період добування і вистелювання	Товщина шару, що вистелюється, м	Період розпушування, сушіння і складування	Глибина фрезерування, мм	Кінцева вологість, %
Березень-травень	0,4...0,9	Червень-серпень	70	60
Червень-серпень	0,3...0,5	Вересень-листопад	70	60
Вересень-листопад	0,4...0,9	Березень-травень наступного року	100 (проморожений)	55

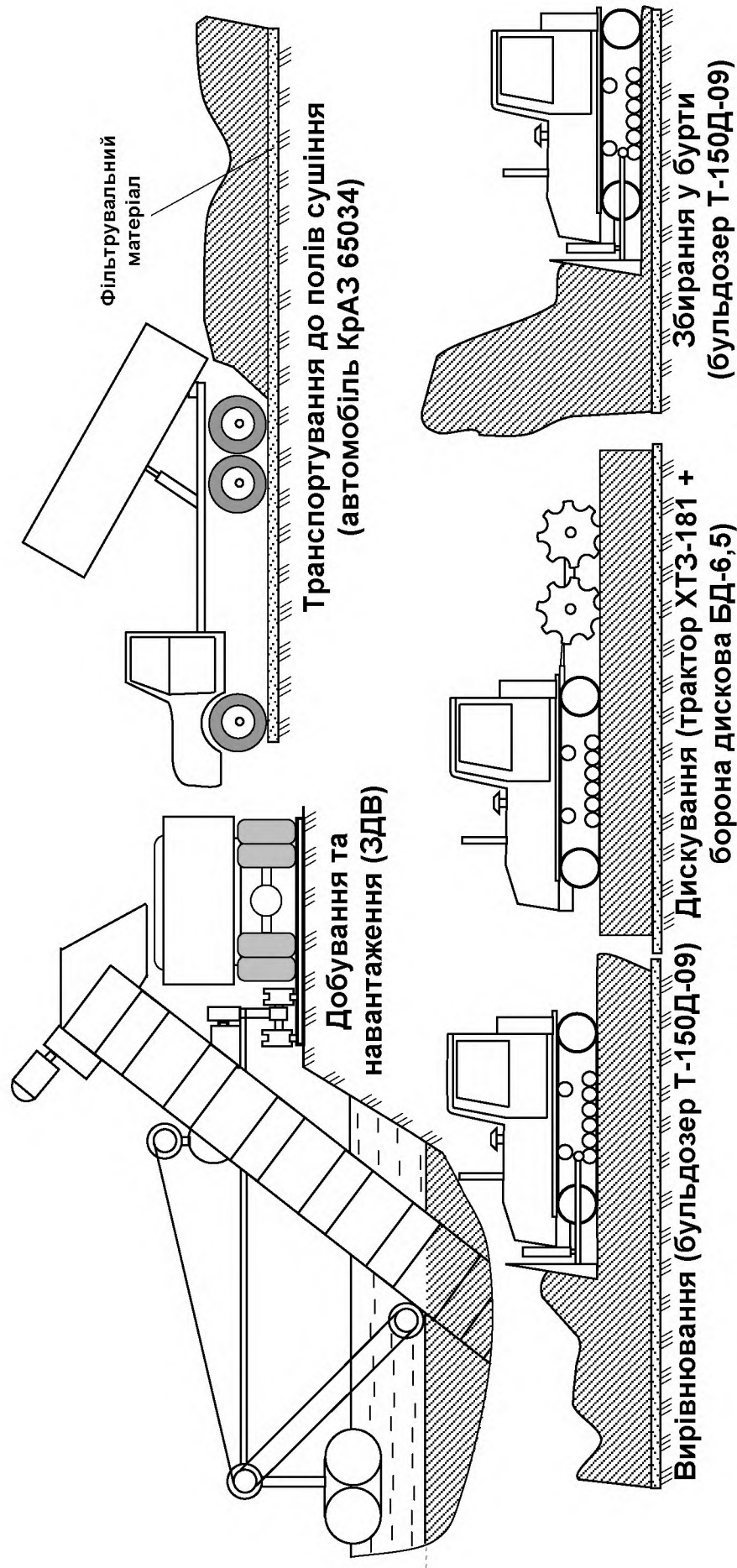


Рис. 1.1. Схема організації робіт із зневоднення сапропелю

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.

Арк.

16

Відповідно до календарного планування через 30 днів після завантаження на окремих майданчиках добутих донних відкладів проводять їх розрівнювання бульдозером, наприклад Т-150Д-09. Після терміну у 3-5 днів застосовують дискові борони, наприклад БД-6,5 у агрегаті із трактором ХТЗ-181, для поверхневого розпушення сапропелю. Через кожні 4 дні цикл розпушення знову повторюється. Після досягнення необхідної вологості проводять згортання сапропелю у бурти, наприклад бульдозером Т-150Д-09. Згідно відомих даних досліджень зниження вологості до необхідного значення у 60 % у шарі сапропелю товщиною 0,7 м відбувається за 6-7 циклів. Проте такий спосіб зневоднення вимагає значних площ, затрат роботи потужної техніки, і що найголовніше тривалого часу. Так добуті у березні-травні сапропелі досягають вказаної вологості донні відклади буртуються у вересні.

У той же час дослідження науковців вказують, що вільна волога із сапропелю може бути виділена шляхом механічного його стискання. Широкого використання метод віджиму у промислових масштабах набув у шнекових пресах. Але для забезпечення максимальної ефективності процесу зневоднення їх конструкція повинна враховувати особливості різних типів сапропелю. Тому у даній роботі розробляється шнековий прес із самоочисним фільтром, який враховує особливості органічного сапропелю волинських озер.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2
РЕКОМЕНДАЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ САПРОПЕЛЮ

2.1. Підбір обладнання для зневоднення сапропелю та комплектування лінії з виробництва ОМД на його основі.

Вихідними даними визначено продуктивність лінії з обробки сапропелю та виробництва гранульованих ОМД на його основі у 80 т за зміну. Для 8 годин зміни продуктивність лінії складе $Q_n = 10$ т/год. У такому випадку за $k_c = 30\%$ вмісту органічної речовини у складі суміші перед гранулюванням потреба у сапропелі складе

$$Q_c = \frac{Q_n \cdot k_c}{100} = \frac{10 \cdot 30}{100} = 4 \text{ т/год.}$$

Тому для роботи ліній потрібно забезпечити надходження зневодненого сапропелю у кількості 3 т/год. Отже продуктивність преса для зневоднення сапропелю має складати також 3 т/год. Оскільки існуючі конструкції шнекових пресів для зневоднення осадів не забезпечують зневоднення сапропелю то для цих цілей розроблятимемо власний прес із самоочисним фільтром.

Виробництво ОМД на основі сапропелю передбачає використання у якості мінеральних компонентів добрив що містять макроелементи азот, фосфор та калій.

У такому випадку для роботи проектованої лінії потрібні чотири бункери накопичувачі для вихідних компонентів: зневодненого сапропелю, азотних добрив, фосфорних добрив та калійних добрив. Для цих цілей обираємо бункер накопичувач LAN1-2 фірми Lane із годинною продуктивністю 5 т/год (рис. 2.1). Конструктивна особливість таких бункерів дозволяє завантажувати матеріал фронтальним навантажувачем. Габаритні розміри бункера-живильника складають 2250*1050*1590 мм. Загальна потужність його електродвигунів - 4.12 кВт [4].

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>18</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 2.1. Бункер-живильник ОМД LAN-1-2 фірми lane [4]

Сапрпель від шнекового преса до бункера живильника подаватимемо похилим реверсивним стрічковим транспортером довжиною 3 м виробництва ТОВ "МАСТЕР - ГРИГ". Ширина стрічки 0,4 м а швидкість 0,25 м/с. Потужність встановленого двигуна 0,25 кВт. Габаритні розміри 2900*540*2030.

Для дозування компонентів ОМД будем використовувати стрічковий живильник, конструкції зробленої науковцями кафедри аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету. Його габаритні розміри якого складають 1920*1075*2950. Потужність встановленого двигуна 0,37 кВт.

Для дозування чотирьох компонентів лінія буде обладнана чотирма такими дозаторами із яких дозований матеріал матеріал буде надходити на інший стрічковий транспортер довжиною 3 м виробництва ТОВ "МАСТЕР - ГРИГ", такий як і для подавання сапрпелю.

Змішування мінеральних та органічних компонентів будемо у шнековому змішувачі LAM - 0830D Lane, який забезпечує продуктивність у 6-10 т/год. Його габаритні розміри - 3950*1650*800 мм за потужність встановленого електродвигуна - 18.5 кВт [4].

Для забезпечення якісного гранулювання орґано-мінеральної суміші передбачаємо її диспергування у подрібнювачі із вертикальним валом LAC-80V (рис. 2.2). Його продуктивність складає 7-10 т/год за габаритних розмірів

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>19</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2100*1200*1100 мм та потужності двигуна приводу 18,5 кВт. Від зазначеного пристрою диспергована суміш падатиме у завантажувальну горловину барабанного гранулятора під дією власної ваги.



а



б

Рисунок 2.2 Подрібнювач із вертикальним валом LAC-60-120V (а); та будова робочого органу (б) [4]

Для формування гранул оберем гранулятор барабанний марки LAZJ – 1500 фірми Lane (рис. 2.3). Його продуктивність складає 8-10 т/год, за габаритних розмірів 6200*2800*2000 мм та потужності електродвигуна для приводу 110 кВт [4].

Транспортування сформованих гранул до сушарки здійснюватимемо також стрічковим транспортером ТОВ "МАСТЕР - ГРИГ".

Доведення гранул до необхідної вологості здійснюватимемо у барабанній сушарці LARD – 1616 фірми Lane (рис. 2.4). Продуктивність сушарки 8-12 т/год

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>20</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

за габаритних розмірів – 1600*16000*1600 та Потужності електродвигуна приводу 18,5 кВт [4].

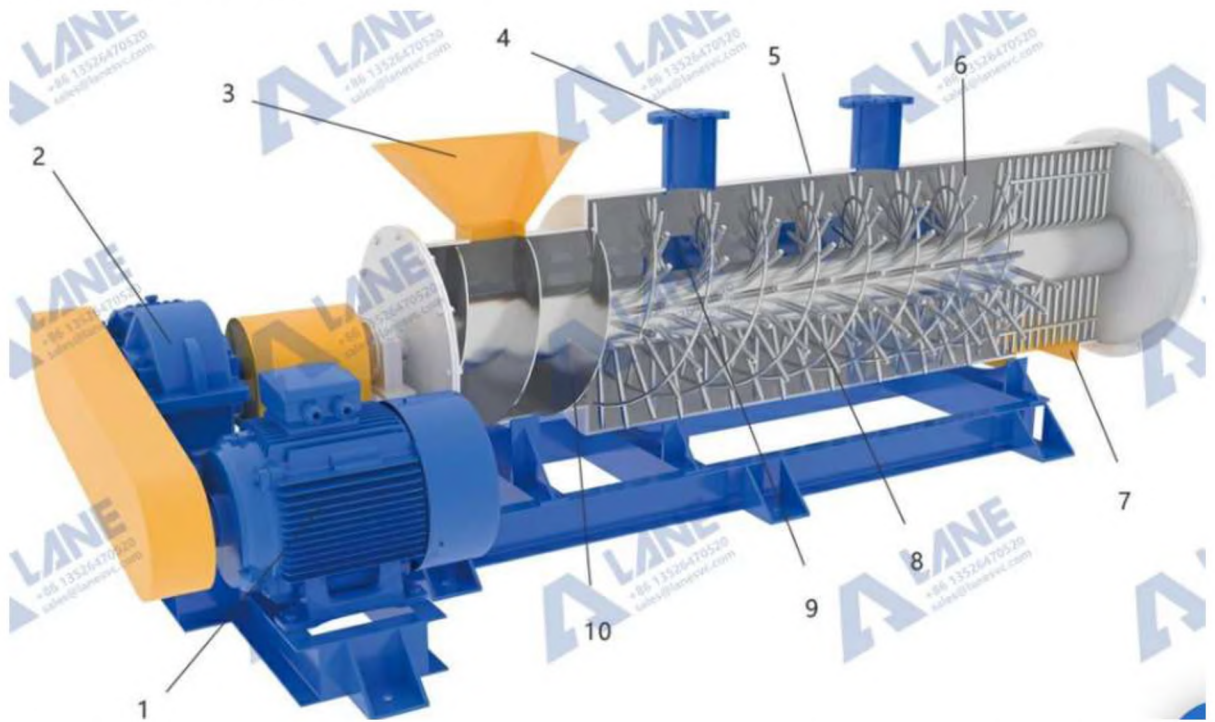


Рисунок 2.3 Барабанный гранулятор LAZJ -1000: 1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3- завантажувальна горловина; 4 – вентилятор; 5 – барабан; 6 – пальчиковий шнек; 7 – розвантажувальний отвір; 8 – вал пальчикового шнека; 9 – люк для обслуговування; 10 – суцільний шнек [4]



Рисунок 2.4 Модель барабанної сушарки LARD-1.2-12 [4]

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

З метою охолодження гранул використаємо охолоджувач LARC – 1616 фірми Lane. Його продуктивність 8-12 т/год, габарити – 1600*16000*1600 та потужність електродвигуна приводу 18,5 кВт.

Транспортування гранул між сушаркою та охолоджувачем виконуватимемо, а також перевантаження гранул від охолоджувача до сепаратора використовуватимемо транспортер ТОВ "МАСТЕР - ГРИГ".

Сепарацію гранул проведемо на машині LAS -1.5*5 М фірми Lane (рис. 2.5). Її продуктивність 5-10 т/год, габарити – 1500*5000*1500, а потужність електродвигуна приводу 5,5 кВт [4].



Рисунок 2.5 Сепаратора гранул LAS 1240

До затарювального автомата гранули подаватимуться також стрічковим транспортером ТОВ "МАСТЕР - ГРИГ".

Для затарювання готової продукції у мішки використаємо пакувальну машину LAV - 50F фірми Lane (рис. 2.6). Дана машина пакує у мішки масою 50 або 20 кг та має габаритні розміри – 820*1400*2300 із потужністю встановленого електрообладнання 1,2 кВт.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>22</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 2.6 Фото пакувальної машини LAB-50K [4]

2.2. Обґрунтування технічного рішення з модернізації шнекового преса для зневоднення сапропелю.

Відомий шнековий прес для зневоднення осадів, що містить фільтруючий барабан, утворений з нерухомих кілець з'єднаних між собою за допомогою шпильок, встановлених у отвори виступів наявних на периферії кожного нерухомого кільця [5]. На шпильках між нерухомими кільцями розташований набір дистанційних шайб, а в середині фільтрувального барабана розташований шнек, виконаний з можливістю обертання від приводу. При цьому з вхідної сторони шнека встановлений вхідний патрубок для осаду, а з протилежної сторони (зі сторони виходу кеку) на його валу, встановлена притискна пластина. Між нерухомими кільцями розміщені рухомі кільця. Основними суттєвими недоліками такого преса є відсутність можливості регулювання торцевого зазору між рухомими та нерухомими кільцями, недостатнє очищення

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						23
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

торцевого зазору між рухомими та нерухомими кільцями через обмеження їх відносного руху лише кутовими коливаннями у межах $\pm 30^{\circ}$.

Нами проведено удосконалення описаної конструкції з метою забезпечення її універсальності через надання можливості зневоднення осадів різного типу, включаючи різні типи сапропелю, спрощення конструкції та збільшення довговічності її використання.

Такий шнековий прес містить фільтруючий барабан 1, утворений з нерухомих кілець 2, з'єднаних між собою за допомогою шпильок 3 та 4, встановлених у отвори, виконані у виступах 5 наявних на периферії кожного нерухомого кільця 2 (рис. 1). На шпильках 3 та 4 між нерухомими кільцями 2 розташовано пружинні дистанційні шайби 6. У середині фільтрувального барабану 1 розташований шнек 7 виконаний із ділянкою з постійним кроком 8 та ділянкою зі змінним кроком 9 та можливістю обертання від механізму приводу 10 через вал 11. При цьому над ділянкою з постійним кроком 8 шнека 7 встановлено патрубков для подавання осаду 12, а з протилежної сторони шнека 7 (зі сторони виходу кеку) на валу 11 встановлена притискна пластина 13 та механізм регулювання тиску 14. Між нерухомим кільцями 2 розташовані пружні рухомі кільця 15, які мають виступи 16 із наскрізними отворами 17 та із зазором охоплюють пружинні дистанційні шайби 6 та шпильку 3 або 4. Шпильки 3 та 4 з одного кінця жорстко закріплені у фланці 18, а з іншого кінця на них встановлено регулювальний механізм проміжку 19. Фланець 18 має як мінімум два виступи 20 із отворами через які жорстко з'єднаний з рамою пристрою 27. Крайні нерухомі пластини 21 та 22 мають як мінімум два додаткові виступи 23 та 24 з отворами через які та осі 25 і 26 з'єднані з можливістю осьового переміщення із рамою пристрою 27. Кінематичний зв'язок пружних рухомих кілець 15 через отвори 17, наявні у виступах 16, через пружинні дистанційні шайби 6 із шпильками 3 або 4 унеможлиблює їх обертовий рух.

Перед початком роботи преса за допомогою регулювального механізму проміжку 19 здійснюється встановлення такого ступеня стиску пружинних

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						24
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

дистанційних шайб 6, який відповідає особливостям матеріалу, що зневоднюється. Завдяки цьому відбувається зміна віддалі між сусідніми нерухомими кільцями 2 та відповідно проміжку між нерухомими кільцями 2 та пружними рухомими кільцями 15. Регулювання здійснюється окремо для ділянки із постійним кроком 8 та ділянки із змінним кроком 9 шнека 7. Далі вмикають привід 10 валу 11 шнека 7. Через обертовий рух валу 11 витки шнека 7 взаємодіють із пружними рухомими кільцями 15. Завдяки цьому пружні рухомі кільця 15 здійснюють рух у радіальному напрямку між нерухомими кільцями 2 та забезпечують очищення проміжку між нерухомими кільцями 2 та пружними рухомими кільцями 15.

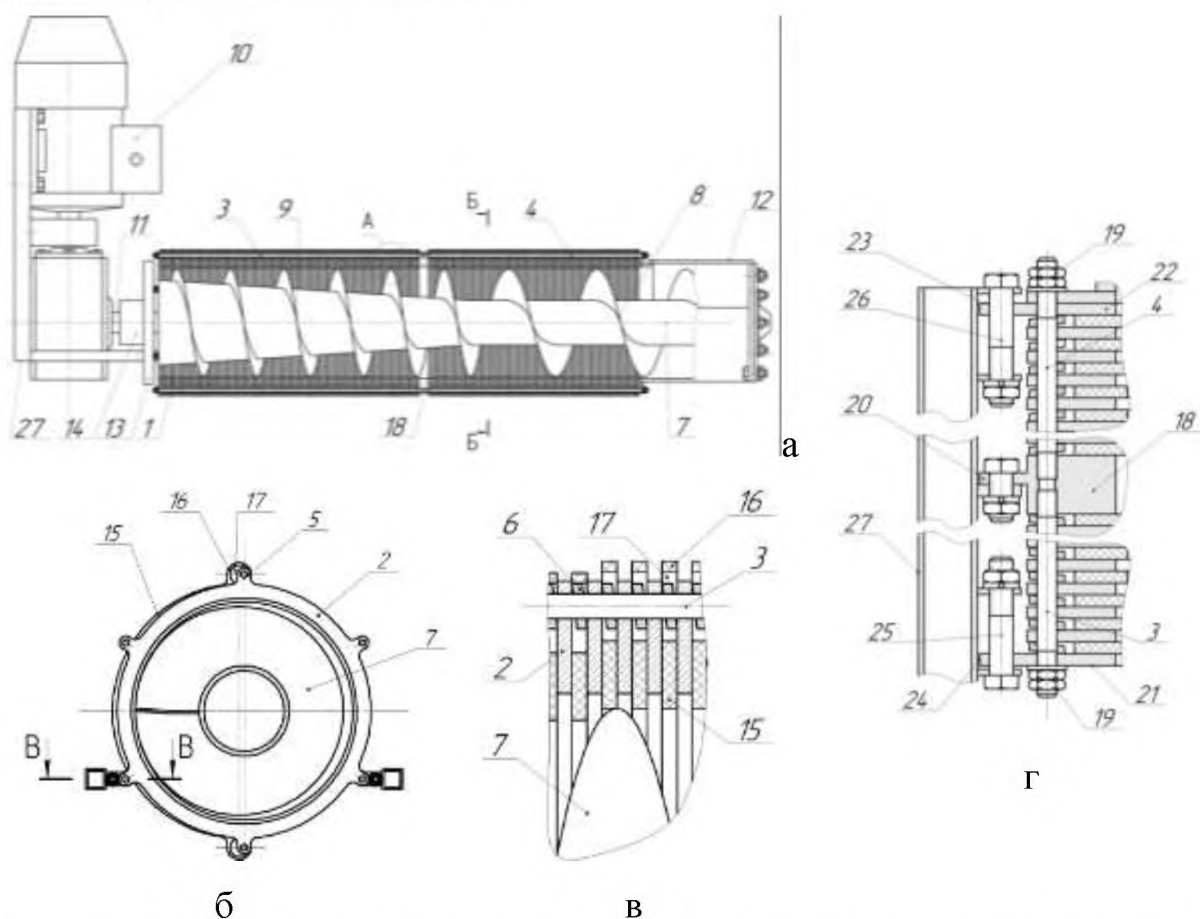


Рисунок 2.1 Схема преса із самоочисним фільтром: а – загальний вигляд; б – поперечний переріз; в – схема розташування кілець, г – кріплення фільтра

Далі вмикається подавання сапропелю до внутрішньої порожнини фільтрувального барабана 1 через патрубок для подавання осаду 12. Завдяки обертанню шнека 7 на ділянці з постійним кроком 8 відбувається згущення

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осаду через проходження рідини у проміжках між нерухомими 2 та пружними рухомими 15 кільцями. Остаточне зневоднення осаду відбувається на ділянці зі змінним кроком 9 шнека 7 завдяки зростанню тиску між витками та створенню опору виходу кеку притискною пластиною 13. Ступінь зневоднення кеку регулюється переміщенням притискної пластини 13 механізмом регулювання тиску 14.

Таким чином, запропоноване конструктивне рішення преса для зневоднення осадів забезпечує можливість його використання для зневоднення сапропелю різного типу шляхом зміни зазору між нерухомими кільцями 2 та пружним рухомими кільцями 15, а надання можливості рухомим кільцям 15 пружно деформуватися у процесі їх взаємодії із витками шнека 7 та нерухомими кільцями 2 забезпечує довговічність конструкції.

2.3. Розробка плану цеху з обробки сапропелю для виробництва гранульованих ОМД.

Площу виробничого приміщення цеху з обробки сапропелю для виробництва гранульованих ОМД розрахуємо так

$$F_n = (F_{m.o.} + F_{m.c.}) \cdot \sigma \quad (2.1)$$

де $F_{m.o.}$ – площа у цеху під встановленим обладнанням, м²;

$F_{m.c.}$ – площа, що відведена під транспортувальні пристрої, м²;

σ - коефіцієнт за допомогою якого враховуємо робочі зони та проходи.

Встановлення площі під технологічним обладнанням здійснимо за зведеними даним таблиці 2.1.

Коефіцієнт за допомогою якого враховуємо робочі зони та проходи візьмемо рівним $\sigma = 4,0$ як для підприємств, що здійснюють виробництво добрив, та врахувавши, що буде встановлено 6 стрічкових конвеєрів, які займають кожен площу 1,56 м² отримаємо

$$F_n = (106,13 + 6 \cdot 1,56) \cdot 4 = 461,96 \text{ м}^2$$

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Із стандартного ряду обираємо ширину приміщення рівною $B = 10$ м, тому довжина цеху складе: $L = 461,96/10 = 46,2$ м.

Приймаємо $L = 47$ м.

Таблиця 2.1. - Площа, яку займає технологічне обладнання цеху

№ п/п	Назва	Кількість штук	Площа м ²
1.	Прес шнековий ПШС	1	2,2
2.	Бункер накопичувач LAN1-2	4	9,45
3.	Дозатор стрічковий ДДС-	4	8,23
4.	Змішувач LAM - 0830D	1	6,52
5.	Подрібнювач із вертикальним валом LAC-80V	1	2,52
6.	Барабанний гранулятор LAZJ – 1500	1	17,36
7.	Барабанна сушарка LARD – 1616	1	25,60
8.	Охолоджувач гранул LARC – 1616	1	25,60
9.	Сепаратор гранул LAS -1.5*5 М	1	7,50
10.	Пакувальна машина LAB - 50F	1	1,15
	Всього	15	106,13

За отриманими значеннями розмірів цех проводимо компонування розміщення обладнання.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						27
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок параметрів шнекового преса

Робочий процес шнекового преса полягає в тому, що сапрпель із високою вологістю із бункера потрапляє у гвинтовий транспортер та ущільнюється під тиском. Завдяки цьому із сапрпелю виділяється вільна вода, яка проходить крізь щілини між пластинами самоочисного фільтра.

Тому головним технологічним показником такого преса є його продуктивність. Продуктивність гвинтового преса можна визначити взявши за основу формулу для розрахунку продуктивності гвинтового конвеєра [7]:

$$Q = \frac{K_n K_p \gamma \omega D^3}{8}, \quad (3.1)$$

де D - діаметр гвинта, м

K_n - коефіцієнт продуктивності конвеєра, який для випадку преса приймемо $K_n = 0.63$ [7].

K_p - відношення між кроком гвинта та його діаметром, яке приймемо за [7]
 $K_p = 0.8$;

γ - об'ємна маса сапрпелю вологістю 92 %, $\gamma = 0.990 \text{ т/м}^3$;

ω - кутова швидкість обертання гвинта преса, рад/с.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.2)$$

де n - частота обертання гвинта преса, для даної машини приймемо $n = 70$ об/хв.

За формуло (3.1) визначимо зовнішній діаметр гвинта

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{450 K_n K_p \gamma \omega}}. \quad (3.3)$$

Згідно розрахунків у другому розділі встановлено, що годинна продуктивність преса по зневодненому сапрпелю має складати 3 т/год. Для проектного розрахунку вважатимемо, що початкова вологість сапрпелю

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складатиме 92%, а після преса вона знижуватиметься до 75 %. За відомою продуктивністю преса по сапропелю певної вологості, його продуктивність за абсолютно сухим сапропелем можемо визначити із формули

$$W = \frac{m_e - m_c}{m_e} \times 100\%, \quad (3.4)$$

де W - вологість наявного сапропелю, %

m_e - маса сапропелю відомої вологості, кг;

m_c - маса абсолютно сухого сапропелю, кг.

Вважаючи, що вологість наявного сапропелю $W = 75\%$ за його маси рівної продуктивності $m_e = 3000$ кг отримаємо

$$m_c = m_e - \frac{W \times m_e}{100\%} = 3000 - \frac{75 \times 3000}{100} = 750 \text{ кг.}$$

Для отримання такої кількості сухої речовини сапропелю на виході з преса нам потрібно забезпечити подачу масу матеріалу вологістю 92 % у прес, яка складатиме на основі формули (3.6)

$$m_e = \frac{m_c}{1 - \frac{W}{100}} = \frac{750}{1 - \frac{92}{100}} = 9375 \text{ кг.}$$

У такому випадку за продуктивність приймемо $Q = 9,375$ т/год.

тому

$$D = \sqrt[3]{\frac{30 \cdot 9,375}{450 \cdot 0,63 \cdot 0,8 \cdot 0,990 \cdot 3,14 \cdot 70}} = 0,178 \text{ м.}$$

Уточнюємо діаметр гвинта за формулою

$$D' = \sqrt{D^2 + d_e^2}, \quad (3.5)$$

де d_e - діаметр вала гвинта, приймемо $d_e = 0,07$ м

$$D' = \sqrt{0,178^2 + 0,07^2} = 0,190 \text{ м}$$

Приймемо $D = 190$ мм, а крок гвинта у зоні згущення становитиме **150 мм** а у зоні зневоднення **100 мм**.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За остаточно встановленим діаметром гвинта D розраховуємо частоту обертання гвинта

$$n_{\phi} = n \left(\frac{D'}{D} \right)^3 = 70 \left(\frac{190}{178} \right)^3 = 71,5 \text{ об/хв.} \quad (3.6)$$

3.2. Енергетичний розрахунок.

Потужність, необхідну для роботи преса встановимо за формулою для потужності гвинтових конвеєрів [7]:

$$N_1 = \frac{2Q}{367} (LW + H) K_1 K_2 \quad (3.7)$$

де W - коефіцієнт, за допомогою якого враховують опір пресуванню матеріалу та його тертя по кожуху при переміщенні. Прийmemo $W = 2.5$;

L - довжина камери пресування яку для проектного розрахунку прийmemo $L = 0,8$ м;

H - висота підймання вантажу яка у нашому випадку $H = 0$ м;

K_1 - коефіцієнт, який враховує нахил осі шнека до горизонту, і оскільки $\beta = 0$, $K_1 = 1$

$K_2 = 1.05 \dots 1.2$ - інерційний коефіцієнт періоду пуску, який прийmemo $K_2 = 1.3$.

Отже

$$N_1 = \frac{2 \cdot 9,375 \cdot 0,8 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,3}{367} = 0.133 \text{ кВт}$$

3.3. Кінематичний розрахунок та вибір електродвигуна.

Для надійної та довговічної роботи механізмів приводів доцільним є застосування електродвигунів з частотами 1000 або 1500 об/хв. Це обумовлене тим, що двигуни з меншою частотою мають підвищену металомісткі, а із більшою є мало довговічні. Для проектного преса прийmemo $n_{\phi} = 1000 \text{ об/хв}$. Оскільки частота обертання валу шнека складає 71.5 об/хв то

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у такому випадку будемо проектувати механізм приводу із черв'ячним редуктор. У такому випадку крутний до валу шнека передається від двигуна через черв'як і черв'ячне колесо. Передатне відношення черв'ячного редуктора визначимо із залежності [6]:

$$U_p = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{ф}}} = \frac{1000}{71.5} = 14, \quad (3.8)$$

Тому передатне відношень черв'ячного редуктора прийmemo $U_p = 14$.

Потужність електродвигуна для приводу преса визначаемо за такою формулою

$$N_{\text{дв}} = \frac{K_0 \cdot N}{\eta}, \quad (3.9)$$

де $K_0 = 1.3 \dots 1.5$ - коефіцієнт перевантаження, який прийmemo $K_0 = 1.5$

η – коефіцієнт корисної дії суми елементів механізму приводу.

$$\eta = \eta_{\text{з.п.}} \cdot \eta_{\text{м.}} \cdot \eta_{\text{п.к.}} \quad (3.10)$$

де $\eta_{\text{з.п.}}$ – к.к.д. закритої передачі, який у черв'ячного редуктора складає $\eta_{\text{з.п.}} = 0,8$;

$\eta_{\text{м.}} = 0,98$ – к.к.д. муфти;

$\eta_{\text{п.к.}} = 0,99$ - к.к.д. однієї пари підшипників кочення, у передачі 2 пари.

Отже

$$N_{\text{дв}} = \frac{1.5 \cdot 0,133}{0,8 \cdot 0,98 \cdot 0,99^2} = 0,26 \text{ кВт.}$$

Обираемо електродвигун 4AM71A6У3 для якого $N_{\text{дв}} = 0,37 \text{ кВт}$, а частота обертання валу $n_{\text{дв}} = 910 \text{ об/хв}$.

За реальним значенням частоти обертання валу двигуна уточнюемо передатне відношення редуктора

$$U_p = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{ф}}} = \frac{910}{71.5} = 12,7.$$

Для подальших розрахунків приймаемо стандартизоване значення передатного числа редуктора $U_p = 12,5$

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						31
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.4. Розрахунок параметрів черв'ячної передачі.

3.4.1. Розрахунок силових параметрів передачі.

Крутний на валу електродвигуна становить[6]

$$T_{\text{дв}} = \frac{30 \cdot P_{\text{дв}}}{\pi \cdot n_{\text{ном}}} = \frac{30 \cdot 370}{3,14 \cdot 910} = 3,88 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.11)$$

Тоді крутний момент на черв'яку складе

$$T_1 = T_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{н.к.}} \cdot \eta_{\text{м}} = 3,88 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 3,76 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.12)$$

І на черв'ячному колесі

$$T_2 = T_1 \cdot U_p \cdot \eta_{\text{н.к.}} \cdot \eta_{\text{з.п.}} = 3,76 \cdot 12,5 \cdot 0,99 \cdot 0,8 = 37,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.13)$$

Ресурс черв'ячного приводу визначимо за формулою

$$L_h = 365 \cdot L_d \cdot K_p \cdot t_3 \cdot L_3 \cdot K_3 \quad (3.14)$$

де $L_d = 8$ років – термін служби шнекового перса;

K_p – коефіцієнт річного використання;

$t_3 = 8$ год – тривалість зміни;

$L_3 = 2$ – число змін на день;

K_3 - коефіцієнт використання змінного часу.

Коефіцієнт річного приводу становить:

$$K_p = \frac{N_p}{365} = \frac{290}{365} = 0,79, \quad (3.15)$$

де N_p – орієнтовна кількість робочих днів на рік.

Коефіцієнт використання часу зміни K_3 складе

$$K_3 = \frac{t_{\text{р.з.}}}{t_3} = \frac{7}{8} = 0,875 \quad (3.16)$$

де $t_{\text{р.з.}} = 7$ год – час чистої роботи преса у зміну.

$$L_h = 365 \cdot 8 \cdot 0,79 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,875 = 32295 \text{ год}$$

Обрання матеріалу та марки для черв'ячного колеса залежить від швидкості ковзання за табличними значеннями.

Швидкість ковзання у зачепленні розраховують за формулою

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						32
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$V_s = \frac{4,3 \cdot \omega \cdot U_p}{10^3} \cdot \sqrt[3]{T_2}, \quad (3.17)$$

де ω – кутова швидкість обертання тихохідного у c^{-1}

$$\omega = \frac{n_{ном} \cdot \pi}{U_p \cdot 30} = \frac{910 \cdot 3,14}{12,5 \cdot 30} = 7,61 c^{-1}. \quad (3.18)$$

Тоді

$$V_s = \frac{4,3 \cdot 7,61 \cdot 12,5}{10^3} \cdot \sqrt[3]{37,3} = 1,27 \text{ м/с}$$

Коли $V_s = 1,27 < 2 \text{ м/с}$, то для черв'ячного колеса рекомендовано обирати матеріал СЧ 18 із $\sigma_6 = 315 \text{ Н/мм}^2$

Допустимі напруження для такого матеріалу складе

$$[\sigma]_H = 175 - 35 \cdot V_s = 175 - 35 \cdot 1,27 = 130,6 \text{ Н/мм}. \quad (3.19)$$

3.4.2. Обчислення основних геометричних параметрів передачі.

Міжвісева відстань черв'ячної зачеплення рахуємо за формулою

$$a_w = 61 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{[\sigma]_H^2}} = 61 \cdot \sqrt[3]{\frac{37,3 \cdot 10^3}{130,6^2}} = 80,8 \text{ мм}. \quad (3.20)$$

Отримане значення заокруглюємо в більшу сторону до стандартного із ряду Ra40 значення $a_w = 82 \text{ мм}$.

Число витків у черв'яка Z_1 приймають залежно від передатного числа редуктора $U_p = 12,5$. Оскільки значення знаходиться у межах від 8 до 14 то такому випадку $Z_1 = 4$.

Кількість зубів черв'ячного колеса складе

$$Z_2 = Z_1 \cdot U_p = 4 \cdot 12,5 = 50. \quad (3.21)$$

Модуль зачеплення буде таким

$$m = (1,5 \dots 1,7) \cdot \frac{a_w}{Z_2} = (1,5 \dots 1,7) \cdot \frac{82}{50} = 2,46 \dots 2,79 \text{ мм}. \quad (3.22)$$

Значення модуля m заокруглюємо у більшу сторону до стандартного $m = 2,5 \text{ мм}$.

Коефіцієнт, яким оцінюємо діаметра черв'яка

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q \approx (0,212 \dots 0,25) \cdot Z_2 = (0,212 \dots 0,25) \cdot 50 = 10,6 \dots 12,5. \quad (3.23)$$

Приймаємо стандартне значення $q=12,5$

Коефіцієнт зміщення інструменту

$$X = (a_w/m) - 0,5 \cdot (q + Z_2) = 82/2,5 - 0,5 \cdot (12,5 + 50) = 1. \quad (3.24)$$

Отримане значення відповідає умові відсутності підрізання і загострювання зубів яка має вигляд $-1 \leq X \leq +1$.

Тоді дійсна міжвісєва відстань

$$a_w = 0,5 \cdot m \cdot (q + Z_2 + 2 \cdot X) = 0,5 \cdot 2,5 \cdot (12,5 + 50 + 2 \cdot 1) = 80,62 \text{ мм}. \quad (3.25)$$

Встановимо геометричн розміри черв'яка:

ділильний діаметр

$$d_1 = q \cdot m = 12,5 \cdot 2,5 = 31,25 \text{ мм}. \quad (3.26)$$

початковий діаметр

$$d_{w1} = m \cdot (q + 2 \cdot X) = 2,5 \cdot (12,5 + 2 \cdot 1) = 36,25 \text{ мм}. \quad (3.27)$$

діаметр вершин витків

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 36,25 + 2 \cdot 2,5 = 41,25 \text{ мм}. \quad (3.28)$$

діаметр впадин витків

$$d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m = 31,25 - 2,4 \cdot 2,5 = 25,25 \text{ мм}. \quad (3.29)$$

ділильний кут підйому лінії витків

$$\gamma = \arctg(Z_1/q) = \arctg(4/12,5) = 17,7^\circ. \quad (3.30)$$

довжина нарізної частини при $X < 0$

$$b_1 = (10 + 5,5 \cdot |X| + Z_1) \cdot m = (10 + 5,5 \cdot 1 + 4) \cdot 2,5 = 48,75 \text{ мм} \quad (3.31)$$

Основні геометричні розміри черв'ячного колеса:

ділильний діаметр

$$d_2 = d_{w2} = m \cdot Z_2 = 2,5 \cdot 50 = 175 \text{ мм}. \quad (3.32)$$

діаметр вершин зубів

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot (1 + X) = 175 + 2 \cdot 2,5 \cdot (1 + 1) = 185 \text{ мм}. \quad (3.33)$$

найбільший діаметр колеса

$$d_{am2} \leq d_{a2} + 6 \cdot m / (Z_1 + 2) = 185 + 6 \cdot 2,5 / (4 + 2) = 187,5 \text{ мм}. \quad (3.34)$$

діаметр впадин зубів

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{f1} = d_2 - 2 \cdot m \cdot (1,2 - X) = 185 - 2 \cdot 2,5 \cdot (1,2 - 1) = 184 \text{ мм.} \quad (3.35)$$

ширина вінця

$$b_2 = 0,355 \cdot a_w = 0,355 \cdot 82 = 29,11 \text{ мм.} \quad (3.36)$$

радіуси заокруглень зубів

$$R_a = 0,5 \cdot d_1 - m = 0,5 \cdot 31,25 - 2,5 = 13,125 \text{ мм.} \quad (3.37)$$

$$R_f = 0,5 \cdot d_1 + 1,2 \cdot m = 0,5 \cdot 31,25 + 1,2 \cdot 2,5 = 18,65 \text{ мм.} \quad (3.38)$$

умовний кут охоплення черв'яка вінцем колеса

$$\sin \delta = b_2 / (d_{a1} - 0,5 \cdot m) = 29,11 / (41,25 - 0,5 \cdot 2,5) = 0,72. \quad (3.39)$$

$$2 \cdot \delta = 2 \cdot \arcsin \delta = 2 \cdot 46,05 = 92,1^\circ. \quad (3.40)$$

3.4.3. Розрахунок перевірки.

ККД червяка встановлюють так

$$\eta = \operatorname{tg} \gamma / \operatorname{tg}(\gamma + \varphi), \quad (3.41)$$

де φ – кут тертя, який розраховується за фактичною швидкості ковзання V_s

$$V_s = U_\phi \cdot \omega \cdot d_1 / (2 \cdot \cos \gamma \cdot 10^3) = 12,5 \cdot 7,61 \cdot 31,25 / (2 \cdot \cos 17,7^\circ \cdot 10^3) = 1,56 \text{ м/с.} \quad (3.42)$$

При $V_s = 1,56 \text{ м/с}$ $\varphi = 2,5^\circ$

$$\eta = \operatorname{tg} 17,7^\circ / \operatorname{tg}(17,7 + 2,5) = 0,87$$

Перевірка зубів колеса за контактними напруженнями

$$\sigma_H = 340 \cdot \sqrt{\frac{F_{t2}}{d_1 \cdot d_2}} \leq [\sigma]_H, \quad (3.43)$$

де F_{t2} – колова сила на колесі, Н;

$[\sigma]_H$ – допустиме контактне напруження зубів колеса, Н/мм².

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot T_2 \cdot 10^3}{d_2} = \frac{2 \cdot 37,3 \cdot 10^3}{175} = 426,2 \text{ Н.} \quad (3.44)$$

$$[\sigma]_H = 175 - 35 \cdot V_s = 175 - 35 \cdot 1,56 = 120,4 \text{ Н/мм.}$$

$$\sigma_H = 340 \cdot \sqrt{\frac{426,2}{31,25 \cdot 175}} = 94,9 < [\sigma]_H = 120,4 \text{ Н/мм.}$$

Недовантаження становить

$$\Delta = \frac{[\sigma]_H - \sigma}{[\sigma]_H} \cdot 100\% = \frac{120,4 - 94,9}{120,4} \cdot 100\% = 20\% < 15\%. \quad (3.45)$$

					КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане недовантаження **20 %** забезпечить підвищену довговічність передачі.

3.4.4. Визначення сил, що діють у зачепленні

За правого напрямку ліній витка черв'яка, сили, що діють у зачепленні матимуть напрями відповідно до рис.3.1.

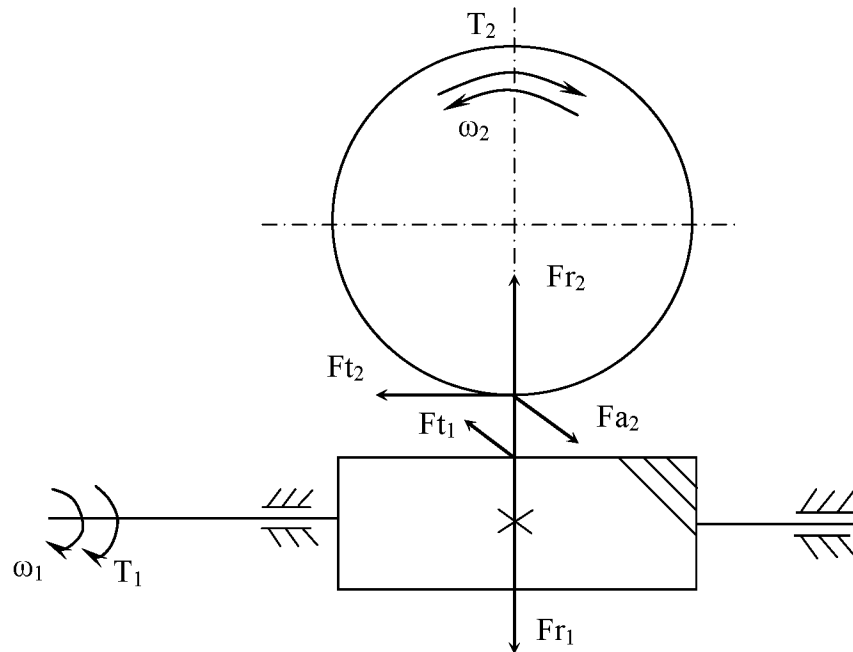


Рис.3.1. Схема дії сил в черв'ячній передачі

Тому колова сила становитиме:

на черв'яку

$$F_{t1} = \frac{2T_1 \cdot 10^3}{d_1} = \frac{2 \cdot 3,76 \cdot 10^3}{31,25} = 0,24 \text{ кН}, \quad (3.46)$$

на вторинному

$$F_{t2} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{d_2} = \frac{2 \cdot 37,3 \cdot 10^3}{175} = 426,2 \text{ кН}. \quad (3.47)$$

Радіальна сила рівна :

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \cdot \text{tg} \alpha, \quad (3.48)$$

де $\alpha = 20^\circ$ - стандартне значення кута зачеплення

$$F_{r1} = F_{r2} = 426,3 \cdot \text{tg} 20^\circ = 155,16 \text{ кН}$$

Осьова сила становить:

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{a1} = F_{t2} = 426,2 \text{ кН}; F_{a2} = F_{t1} = 0,24 \text{ кН}. \quad (3.49)$$

Оскільки на черв'яку для з'єднання редуктора з електродвигуном встановлено муфту то вал черв'яка перебуває під дією консольної сили. Тому маємо:

$$F_M = 50\sqrt{T_1} \dots 125\sqrt{T_1} = 50\sqrt{3,76} \dots 125\sqrt{3,76} = 96,95 \dots 242,4 \text{ Н}. \quad (3.50)$$

Для подальших розрахунків приймаємо $F_{m1} = 0,2 \text{ кН}$.

На валу черв'ячного колеса також встановлюється муфта яка зєднує його із шнеком. Тому:

$$F_M = 50\sqrt{T_2} \dots 125\sqrt{T_2} = 50\sqrt{426,2} \dots 125\sqrt{426,2} = 1031 \dots 2579 \text{ Н}. \quad (3.51)$$

Для подальших розрахунків приймаємо $F_{m2} = 2,5 \text{ кН}$.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

У процесі виробничої діяльності люди постійно взаємодіють з різними об'єктами та проявами навколишнього середовища: предмети і засоби праці, приміщення, споруди, світло, земля, атмосферні прояви, рослини тощо. Назва об'єкти і явища у цей момент впливають на людину і їх прийнято називати виробничими факторами. Серед цих факторів є ті, які у певних обставинах шкідливо впливають на людину. Звідси і виявляється завдання техніки безпеки - створити умови праці за яких буде збережено здоров'я людини за впливу шкідливих виробничих факторів.

У той же час збереження здоров'я людини можливе у випадку знання нею необхідних правил та беззаперечно їх виконання. Така вимога є обов'язковою до виконання усім персоналом.

Також потрібно враховувати, що суворе дотримання правил техніки безпеки і вимог пожежної безпеки також сприяє підвищенню продуктивності праці.

4.1. Аналіз конструкції шнекового преса з точки зору безпеки праці.

Конструкція шнекового преса для зневоднення сапропелю повинна ретельно аналізуватись з точки зору безпеки праці, оскільки цей тип обладнання працює з високим зусиллям стиснення, обертовими елементами та підвищеним навантаженням на механічні вузли. Під час експлуатації шнекового преса існує цілий ряд потенційних ризиків, які можуть загрожувати здоров'ю працівників, зокрема контакт із рухомими частинами, високий тиск у робочій камері, можливість витоку оброблюваного матеріалу, шумове навантаження та нещасні випадки при обслуговуванні агрегату. Аналіз конструкції повинен охоплювати як інженерні, так і організаційні заходи безпеки [9, 10].

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>38</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Шнековий прес зазвичай має бункер для подачі сапропелю, корпус із циліндричним шнеком всередині, перфоровану або щілинну обойму для відведення рідини, систему приводу (електродвигун з редуктором), а також механізм регулювання тиску на виході. Основна небезпека полягає у русі шнека та контакті з приводом. Всі рухомі частини повинні бути надійно захищені кожухами, виготовленими з міцних матеріалів, які виключають випадковий доступ працівників до обертових елементів. Прозорі вставки в огорожі можуть використовуватись для візуального контролю без зняття захисних елементів.

Під час зневоднення сапропель створює високий внутрішній тиск, особливо ближче до вихідного отвору, де матеріал ущільнюється. Конструкція преса повинна бути розрахована на значні навантаження з урахуванням коефіцієнтів безпеки відповідно до чинних стандартів, зокрема ДСТУ та ISO. Особлива увага приділяється герметичності з'єднань, відсутності можливості викиду матеріалу через негерметичні стики або ущільнення. Місця з можливим витоком повинні бути обладнані зливними каналами або жолобами для безпечного відведення матеріалу в разі надмірного тиску.

З точки зору ергономіки та безпеки праці, пульт керування шнековим пресом має бути розташований на зручній для оператора висоті, з чіткою індикацією стану обладнання (робочий режим, аварія, перегрів, перевантаження тощо). Усі органи керування повинні бути легко доступними, а електронна система — оснащеною аварійним стопом, що миттєво відключає двигун та зупиняє шнек у разі небезпеки. Аварійна кнопка повинна бути встановлена не тільки на пульті, але й по периметру преса, особливо у зонах обслуговування.

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці під час чищення, технічного обслуговування та ремонту преса. Обслуговуючий персонал повинен мати чітку інструкцію з безпечної зупинки агрегату, блокування приводу та запобігання його випадковому запуску. Для цього необхідна система блокування (лок-аут/таг-аут) та дублюючі пристрої контролю доступу. При відкриванні оглядових люків чи знятті захисних кожухів конструкція повинна передбачати

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						39
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

автоматичне знеструмлення або блокування механізму до моменту завершення обслуговування [9, 10].

Ще один важливий аспект — шум та вібрація, які супроводжують роботу шнекового преса. Рівень шуму на робочому місці оператора не повинен перевищувати допустимих норм згідно з державними санітарними правилами. Це досягається завдяки шумоізоляційним кожухам, встановленню обладнання на віброізолюючих опорах та правильному монтажу. Також необхідно забезпечити достатню вентиляцію або відсмоктування повітря, оскільки при обробці сапропелю може виділятися неприємний запах чи шкідливі випаровування, які негативно впливають на здоров'я працівників.

Таким чином, безпечна конструкція шнекового преса передбачає комплексний підхід, який поєднує інженерні рішення (огорожі, герметичність, надійність), організаційні заходи (інструктаж, обслуговування, індикація), а також постійний контроль за станом обладнання та умовами праці. Важливо, щоб усі елементи конструкції відповідали чинним нормам безпеки, а експлуатація супроводжувалась обов'язковим інструктуванням персоналу з техніки безпеки. Тільки у цьому випадку робота з шнековим пресом для зневоднення сапропелю може бути ефективною, продуктивною та безпечною для персоналу.

4.2. Загальні вимоги до безпеки праці.

Під час обробки сапропелю з метою виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив необхідно дотримуватись цілого комплексу загальних вимог до безпеки праці, які охоплюють як технологічні процеси, так і умови праці персоналу. Цей вид виробництва включає кілька етапів — зневоднення, подрібнення, змішування з мінеральними компонентами, гранулювання, сушіння, охолодження, фасування та зберігання готової продукції. Кожен з них несе потенційні ризики, пов'язані з впливом шкідливих факторів: пилу, газів, підвищеної температури, механічного травматизму, електричного струму,

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>40</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

шуму та вібрації. Безпечна організація праці на такому виробництві передбачає дотримання як державних стандартів, так і внутрішніх регламентів підприємства [9, 10].

Передусім, усі роботи мають проводитися виключно навченим і проінструктованим персоналом, який ознайомлений з технологічним процесом та інструкціями з охорони праці. Працівники повинні проходити медичні огляди, а також періодичні перевірки знань з питань безпеки праці. Допуск до роботи здійснюється лише за наявності відповідних допусків і посвідчень. Особливу увагу слід приділяти новим працівникам, для яких обов'язковим є проходження вступного інструктажу, а також первинного інструктажу на робочому місці.

Виробництво органо-мінеральних добрив із сапропелю часто супроводжується утворенням пилу, особливо на етапах сушіння та гранулювання. Пил може бути не лише вибухонебезпечним, а й шкідливим для дихальної системи. Тому всі технологічні ділянки повинні бути оснащені локальними витяжками, пиловловлювачами або аспіраційними установками. У місцях з високою концентрацією пилу працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання — фільтрувальні півмаски або респіратори. Забороняється виконання пиловмісних операцій без увімкненої вентиляції.

Температурні режими під час сушіння можуть досягати високих показників, тому необхідно передбачити теплову ізоляцію обладнання та огороження зон з небезпечним тепловим випромінюванням. У таких місцях слід попереджати працівників за допомогою візуальних знаків та попереджувальних табличок. Крім того, персонал повинен користуватися засобами захисту від опіків — термостійкими рукавицями, одягом із негорючих матеріалів, а у разі обслуговування відкритих вузлів — захисними окулярами або щитками.

На всіх етапах виробництва присутня небезпека механічного травмування — обертальні частини машин, транспортери, змішувачі, дробарки, гранулятори

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>41</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

тощо. Усі рухомі частини обладнання повинні мати огорожі, які виключають контакт з тілом працівника. Не дозволяється знімати захисні кожухи під час роботи обладнання. У разі необхідності ремонту чи обслуговування машини повинні бути повністю знеструмлені та зафіксовані від випадкового запуску. Заборонено проводити обслуговування обладнання без оформлення наряду-допуску на виконання робіт підвищеної небезпеки [9, 10].

Під час електричного живлення обладнання виникає ризик ураження струмом. Електроустановки повинні бути заземлені, регулярно перевірятись на справність, а електроштити — замикатись на замок. Електрообладнання повинно відповідати вимогам вибухозахисту, особливо в зонах, де можливе скупчення легкозаймистого пилу. Обслуговування електрообладнання дозволяється лише працівникам з відповідною кваліфікацією.

Загальна організація робочих місць повинна забезпечувати зручність та безпеку для персоналу. Робочі платформи, переходи, сходи повинні мати протиковзке покриття, освітлення має відповідати санітарним нормам, зокрема у зонах обслуговування складного обладнання. Для попередження травматизму важливо дотримуватись порядку на робочому місці, не захарашувати проходи, своєчасно прибирати пролиту рідину чи сипкі матеріали.

При фасуванні добрив працівники можуть контактувати з пилом, залишками хімічних домішок, гострими елементами тари. Тому необхідно забезпечити працівників відповідними засобами індивідуального захисту — рукавицями, захисним одягом, окулярами. Вантажно-розвантажувальні роботи мають виконуватись із використанням механізованих засобів або за дотриманням гранично допустимих норм підняття вантажів вручну. Забороняється використовувати несправні підйомні пристрої або перевантажувати їх понад розрахункові норми [9, 10].

Окрема увага приділяється протипожежній безпеці. Виробництво добрив може супроводжуватись накопиченням легкозаймистих матеріалів, а пил у повітрі створює вибухонебезпечне середовище. На підприємстві має бути встановлена система автоматичного пожежного сповіщення та пожежогасіння,

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						42
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

наявні вогнегасники відповідного типу, розроблений і затверджений план евакуації. Працівники повинні проходити навчання з пожежної безпеки та вміти користуватись первинними засобами гасіння.

Таким чином, загальні вимоги до безпеки праці при обробці сапропелю та виробництві гранульованих добрив включають системний підхід до запобігання ризикам. Це передбачає технічне оснащення виробництва засобами захисту, грамотну організацію робочих процесів, навчання персоналу, регулярний технічний контроль за станом обладнання та дотримання культури безпечної праці. Впровадження цих вимог забезпечує не лише охорону здоров'я працівників, а й стабільну, безперебійну роботу всього виробничого процесу.

4.3. Проектування заходів щодо ліквідації шкідливих виробничих факторів.

Для забезпечення безпечних умов праці під час виробництва органо-мінеральних добрив на основі сапропелю необхідно розробити ефективні заходи щодо ліквідації або мінімізації шкідливих виробничих факторів, які супроводжують цей процес. Серед основних небезпечних і шкідливих факторів можна виділити запилення повітря, шкідливі газоподібні виділення, підвищені температури, шум і вібрацію, а також механічні травмонебезпечні ситуації. Заходи щодо їх усунення мають бути комплексними, охоплюючи як інженерно-технічні рішення, так і організаційні дії, спрямовані на підвищення культури виробництва та відповідальності персоналу.

Одним із найпоширеніших шкідливих факторів у такому виробництві є підвищений рівень пилу, що утворюється на етапах сушіння, подрібнення, транспортування та гранулювання сапропелю. Пил має не лише подразнюючий вплив на дихальні шляхи, але й за певних умов може становити вибухонебезпечну суміш. Для боротьби з цим фактором необхідно впроваджувати закриті системи транспортування матеріалів та використовувати локальні аспіраційні установки, які забезпечують відведення пилу

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						43
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

безпосередньо з місця його утворення. Важливою є наявність централізованої вентиляції з багаторазовою фільтрацією повітря та утримання робочої зони в умовах, що відповідають нормативам граничнодопустимих концентрацій пилу.

Ще одним значним фактором є газові виділення, що можуть утворюватись внаслідок хімічних реакцій між сапропелем та мінеральними компонентами, особливо за підвищених температур. Для запобігання накопиченню таких речовин у повітрі необхідно облаштувати ефективні витяжні системи у критичних зонах, зокрема у змішувальних вузлах, сушарках і грануляторах. Контроль повітряного середовища має здійснюватись за допомогою датчиків концентрації шкідливих речовин, які при перевищенні порогових значень повинні автоматично сигналізувати оператору або запускати аварійну вентиляцію.

Умови підвищеної температури, характерні для сушіння та термічного оброблення матеріалу, можуть створювати теплове навантаження на працівників. Для зменшення впливу цього чинника слід забезпечити ефективну теплоізоляцію обладнання, уникати відкритих джерел випромінювання тепла в робочій зоні та організувати режимні перерви у спеціально обладнаних охолоджуваних приміщеннях. Крім того, має бути забезпечене достатнє споживання води та індивідуальні засоби захисту, як-от термостійкий одяг і рукавиці [9, 10].

Шум і вібрація, які виникають при роботі грануляторів, дробарок, транспортерів та іншого обладнання, негативно впливають на нервову систему працівників і можуть викликати хронічні захворювання. З метою зниження шумового навантаження рекомендується встановлювати шумопоглинальні кожухи, розмішувати найгучніше обладнання в окремих приміщеннях з підвищеною звукоізоляцією та використовувати індивідуальні засоби захисту — протишумні навушники або беруші. Додатково, монтаж обладнання на віброізолюючих основах сприятиме зниженню як шуму, так і вібраційного впливу.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						44
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Окремо необхідно розглянути механічні фактори ризику — контакт із рухомими частинами машин, можливість затягування одягу в приводи, небезпека защемлення кінцівок тощо. Для усунення цих загроз конструкції всього обладнання повинні бути обладнані захисними кожухами, автоматичними блокуваннями при відкриванні люків і кришок, а також аварійними кнопками зупинки, розміщеними у зручних місцях. Крім того, працівники повинні бути забезпечені спецодягом, який не має вільних кінців, що могли б зачепитись за механізми.

Не менш важливим є організаційний аспект заходів з безпеки — розробка інструкцій з охорони праці, проведення регулярних інструктажів, навчань та перевірки знань працівників. На підприємстві має бути створена служба охорони праці, яка контролює дотримання технічних регламентів і оперативно реагує на виявлені відхилення. Потрібно також впроваджувати систему внутрішнього аудиту з безпеки, що дозволяє виявляти приховані ризики до того, як вони призведуть до нещасних випадків [9, 10].

Таким чином, ліквідація шкідливих виробничих факторів на підприємстві з виробництва органо-мінеральних добрив із сапропелю має будуватись на принципах превентивної безпеки, технічного переоснащення виробництва, чіткої організації праці та постійного підвищення обізнаності працівників. Лише при поєднанні технічних засобів, організаційних заходів та активної участі всіх учасників виробничого процесу можна досягти ефективного зниження впливу небезпечних чинників і створення безпечного середовища праці.

4.4. Заходи по охороні навколишнього середовища під час обробки сапропелю.

Під час обробки сапропелю для виробництва органо-мінеральних добрив особливу увагу слід приділяти охороні навколишнього середовища, оскільки цей процес охоплює комплекс дій, які потенційно можуть спричинити

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						45
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

забруднення водного середовища, ґрунтів, атмосфери та негативно вплинути на біорізноманіття. Враховуючи, що сапропель є осадовим органо-мінеральним утворенням, яке формується протягом тривалого часу на дні водойм, його видобуток потребує обережного та науково обґрунтованого підходу з урахуванням природоохоронних вимог і норм.

Раціональне користування природними ресурсами передбачає, що об'єм видобутку сапропелю має відповідати природному рівню його відновлення. Видобування повинне здійснюватись лише за наявності затвердженої технічної документації, що включає результати екологічної експертизи та план рекультивациі. Такі документи повинні містити оцінку впливу на навколишнє середовище, зокрема на гідробіологічні показники водойми, флору та фауну, а також заходи з відновлення порушених ділянок. Варто уникати вилучення сапропелю з ділянок, що мають статус природоохоронних територій або є місцем гніздування водоплавних птахів. Доцільним є також зонування водойм і чергування видобувних ділянок для забезпечення регенерації біоценозів.

Одним із найважливіших напрямків природоохоронної діяльності є контроль за викидами в атмосферу. На виробничих ділянках, пов'язаних із сушінням сапропелю, його подрібненням, змішуванням із мінеральними речовинами та гранулюванням, виникає значна кількість пилу та парів, які можуть містити органічні речовини й мінеральні сполуки. Для запобігання цьому слід використовувати герметичні технологічні лінії, обладнані ефективними системами фільтрації - циклонами, рукавними фільтрами, скруберами та іншими видами очисних пристроїв. Викиди в атмосферу мають постійно контролюватися за допомогою автоматизованих систем моніторингу, які дозволяють фіксувати навіть незначні перевищення допустимих концентрацій і своєчасно вживати заходів.

Не менш важливим є захист водних ресурсів від забруднення. В процесі обробки сапропелю можливе утворення технологічних стоків, що містять органічні речовини, залишки мінеральних добрив, а також допоміжні хімічні реагенти, які використовуються в процесі гранулювання. Такі стоки

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						46
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

категорично заборонено скидати у відкриті водойми без попереднього очищення. Для цього необхідно впровадити локальні очисні споруди, які включають механічну, хімічну та біологічну очистку. На підприємстві слід створити систему замкнутого водопостачання, яка дозволяє багаторазове використання технологічної води, зменшуючи її споживання та запобігаючи екологічним втратам.

Окрему увагу потрібно приділяти поводженню з відходами виробництва. Частина органічних залишків, які не підлягають гранулюванню, може бути використана для компостування або додаткової переробки з метою виготовлення інших видів органічних добрив. Неорганічні залишки - тара, пакувальні матеріали, фільтрувальні елементи тощо - повинні збиратись, сортуватись та передаватись на утилізацію ліцензованим компаніям. Уникаючи захоронення відходів, підприємство не лише дотримується екологічних вимог, а й сприяє переходу до циркулярної економіки.

Зменшення енергоспоживання також є важливою частиною екологічної стратегії підприємства. Використання енергоощадного обладнання, автоматизація процесів, перехід на альтернативні джерела енергії - зокрема біомасу, сонячну або вітрову енергію - дають змогу суттєво знизити вуглецевий слід виробництва. Доцільним є також впровадження систем рекуперації тепла з сушильних установок, що дозволяє повторно використовувати енергію в інших технологічних процесах.

Крім технічних заходів, важливо формувати екологічну культуру серед працівників підприємства. Проведення навчань, інструктажів з охорони навколишнього середовища, а також створення системи екологічного менеджменту сприяють підвищенню свідомості персоналу та їх особистої відповідальності за екологічні наслідки своєї діяльності. Усі працівники повинні знати процедури поводження з небезпечними речовинами, правила реагування на випадки аварійних викидів або розливів, а також вміти надати першу допомогу у разі контакту з шкідливими речовинами.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						47
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таким чином, охорона навколишнього середовища під час обробки сапропелю для виробництва органо-мінеральних добрив повинна бути системною, інтегрованою в усі етапи технологічного процесу - від видобування сировини до утилізації відходів. Комплексність підходу, впровадження сучасних екологічно безпечних технологій, належний моніторинг і активна участь персоналу в природоохоронній діяльності забезпечують не лише відповідність чинному законодавству, але й сталий розвиток підприємства, його репутацію та довіру з боку суспільства.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	Арк.
						48
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

За умови дефіциту органіки тваринного походження варто звернути увагу на мулові відклади прісноводних озер – сапропелі. Використання такого ресурсу в якості добрива відомо із давньої історії, а на території Волині є дуже велика кількість озер із його покладами. Сапропель можна використовувати для виготовлення компостів з гноєм, гноївкою, рослинними рештками тощо. Для збалансування показників кислотності та вмісту макроелементів до такого компосту можна додавати вапно, фосфоритне борошно, попел тощо.

Проте широкому використанню сапропелю стає на перешкоді висока його природна вологість, яка може досягати 98 %. Для використання у складі компосту його вологість потрібно довести до 50-60 відсотків.

Також відома практика використання органічної речовини сапропелю шляхом утворення органо-мінеральних добрив. Такі добрива отримують шляхом збагачення сапропелю мінеральними мікро- та макроелементами. Максимальний ефект досягається коли реалізується технологія виготовлення на його основі органо-мінеральних добрив у гранульованій формі.

Тому для даних цілей проведена розробка переліку технічного забезпечення для забезпечення обробки сапропелю шляхом його механічного зневоднення та наступного виробництва ОМД із використанням місцевих сировинних ресурсів мінерального живлення та удосконалення конструкції шнекового преса для зневоднення сапропелю.

На основі наведеного у роботі аналізу технічного забезпечення для обробки сапропелю шляхом зневоднення та виробництва ОМД, розрахунку параметрів цеху, розробки удосконаленої конструкції шнекового преса встановлено:

1. Стабілізація та покращення родючості ґрунтів може бути досягнуте шляхом використання добрив виготовлених на основі органічного сапропелю.
2. Для виробництва добрив основі сапропелю доцільно проводити його зневоднення на удосконаленому в роботі шнековому пресі.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						49
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. Забезпечення рентабельності виробництва ОМД можливе у випадку використання у комплекті обладнання удосконаленого у роботі об'ємного шнекового преса із самоочисним фільтром.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>50</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Fertilizer use by crop in Ukraine. (2005). Published by FAO, Rome, 2005. 56 p.
2. Шевчук М. Й., Дідух В. Ф., Цизь І. Є. Виробництво і використання органо-мінеральних добрив. / Вісник аграрної науки, 2000, № 2. С. 9-12.
3. Шевчук М. Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання. –Луцьк: Надстир'я, 1996. -383 с.
4. 3-5 Т/Н Organic fertilizer production Liner. <https://fertilizerindustryleader.com/product/> (дата звернення 29.05.2025)
5. Лучков В.В. Патент України 117431. Пристрій для зневоднення осаду. Київ: Державний департамент інтелектуальної власності.
6. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Підручник. - Луцьк: ЛДТУ, 2001.-564с., іл.
7. Козуб Ю.Г., Маслійов С.В. Підйомно-транспортні машини: Підручник / Ю.Г. Козуб, С.В. Маслійов – Старобільськ: вид-во ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2018. – 277с.
8. Правила охорони праці у сільському виробництві. – К.: Форт, 2001. – 384 с.
9. Березуцький В.В. Основи охорони праці: Навч. посіб. / В.В. Безруцький, Т.С. Бондаренко, Г.Г. Валенко та ін. // За заг. ред. В.В. Безруцького. – 2-ге вид., перероб. І доп. – Х.: Факт, 2007. – 480с.
10. Правилами охорони праці у сільському господарстві ДНАОП 2.0.00-1.01.00. – К, 2000. -141 с.

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>51</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					<i>КАІ.ДДС.00.00.00.0000.ПЗ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>52</i>

