

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу формування органо-мінеральних гранул каскадним механізмом і розробка сушарки-гранулятора»

Виконав: студент 2 курсу, групи ОСВмз- 22
спеціальності 133 Галузе
машинобудування
за освітньо-професійною
програмою «Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

Оніщук В.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Тарасюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Сай В.А.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

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

	к-сть листів
1. Вихідні дані	-1 лист
2. Аналіз машин аналогів	-1 лист
3. Функціональна схема досліджуваної машини	-1 лист
4. Теоретичні положення	-1 лист
5. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень	-1 лист
6. Результати експериментальних досліджень	-1 лист
7. Складальне креслення розроблюваного вузла	-1 лист
8. Схема удосконаленої технології	-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 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10.	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11.	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

_____ (підпис)

Оніщук В.Є.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хомич С.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПШ

_____ (підпис)

Тарасюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Структура кваліфікаційної роботи виконана згідно методичних рекомендацій. До складу пояснювальної записки входить: дослідження машин аналогів та процесу виробництва гранульованої продукції; аналіз відомих теоретичних обґрунтувань вищевказаного процесу; обґрунтування до отримання нової схеми машини, яка працює з в'язким, пастоподібним, підвищеної вологості матеріалом (органомінеральною сумішшю ОМС на основі сапропелю + Р, К); теоретичні дослідження процесу подрібнення ОМС на частинки для нової машини, як перший етап формування гранул; методики та результати лабораторних досліджень утворення ОМС; дослідження та результати фізико-механічних властивостей ОМС, зокрема липкості; дослідження та результати процесів усушки гранул (зміни величини) та міцності; теоретичні обґрунтування окремих параметрів нової машини методом математичного планування експерименту та висновки.

Щодо графічного аспекту у роботі виконані креслення структурної та принципової схеми машини, схеми лінії по виробництву сипких органомінеральних добрив з сапропелю та креслення подрібнювального механізму.

Досліджені щодо удосконалення процесу виробництва гранул органомінеральних добрив та рекомендації доцільності використання обладнання можуть бути цікавими для розробників машин такого типу.

Подрібнення, сапропель, озеро, частинка, родовище, вологість, ушительний агент, вальці, в'язкість, перфорована решітка, липкість, зирнина, суміш, органічне добриво.

ABSTRACT

The structure of the qualification work is performed according to methodical recommendations. The scale of the explanatory note includes: a study of analogue machines and the production process of granular products; analysis of known theoretical justifications of the above process; rationale for obtaining a new scheme of the machine, which works with viscous, pasty, high-humidity material (organo-mineral mixture of OMS based on sapropel + P, K); theoretical studies of the process of grinding OMS into particles for a new machine, as the first stage of granule formation; methods and results of laboratory studies of the formation of OMS; research and results of physical and mechanical properties of OMS, in particular stickiness; research and results of granule drying processes (changes in size) and strength; theoretical substantiation of individual parameters of the new machine by the method of mathematical planning of the experiment and conclusions.

Regarding the graphic aspect, the work includes drawings of the structural and principle diagram of the machine, a diagram of the line for the production of loose organic-mineral fertilizers from sapropel, and drawings of the grinding mechanism.

Researched on the improvement of the production process of organo-mineral fertilizer granules and recommendations on the expediency of using equipment may be interesting for developers of machines of this type.

Grinding, sapropel, lake, particle, deposit, moisture, drying agent, rollers, viscosity, perforated lattice, stickiness, raw material, mixture, organic fertilizer

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
1.1 Опис матеріалу що обробляється та технологічного процесу який досліджується.....	
1.2 Аналіз аналогів машин та робочих органів, що приймають участь у технологічному процесі	
1.3 Огляд теоретичних досліджень процесів подрібнення.....	
1.4 Висновки до розділу 1 і задачі досліджень.....	
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЕННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СУМІШІ НА ОСНОВІ САПРОПЕЛЮ.....	
2.1 Описи запропонованої конструкції машини та удосконаленого подрібнюючого пристрою	
2.2 Теоретичні обґрунтування параметрів та режимів роботи подрібнювача ОМД	
2.3 Висновки до розділу 2.....	
3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕН-ТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
3.1 Програма експериментальних досліджень	
3.2 Прилади, обладнання та апаратура для проведення досліджень.....	
3.3 Методика та результати забезпечення органічною сапропелевою сировиною дослідження	
3.4 Методика та результати самостійного зневоднення органічног сапропелю	

3.5	Методика утворення органо-мінеральної суміші (ОМС)
3.6	Методика та результати визначення липкості органо-мінеральної суміші
3.7	Методика проведення подрібнення сапропелю для формування гранул та результати досліджень
3.8	Методика і результати визначення температури нагрітої поверхні та вплив її на зміну вологості гранул, а також здатності їх прилипати і змінювати величину.....
3.9	Висновки до розділу 3.....
4	МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МЕТОДУ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ
4.1	Методика проведення три факторного експерименту.....
4.2	Результати дослідження режимних параметрів роботи подрібнювача ОМС
4.3	Висновки до розділу 4
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....
	ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Основою успіху аграрного машинобудування є проектування нових інженерних розробок. Разом з ними удосконалюються технології та технологічні процеси, зменшується кількість ручної праці та підвищується ефективність отримання продукту.

Досконале вивчення досліджуваного процесу, завжди несе позитивний результат. Досить популярним способом ведення аграрного підприємництва є самозабезпечення, та не завжди воно може бути повністю присутнє. Окремими принципами потрібно нехтувати і закуповувати матеріали у інших виробників чи конкурентів.

Проблеми забезпечення добривами сільськогосподарські орні землі завжди стояли на першому місці а їх дефіцит і висока собівартість спонукають до пошуку нових видів добрив, технологій обробки ґрунту, ефективних засобів і машин їх супроводу. Як правило глобальні проблема вирішують досить важко і складно, бо інтерес в отриманні надприбутків конкурує на аграрному ринку. Але її можна вирішити та за допомогою простих і нескладних підходів наприклад використання необроблених матеріалів, сировинних корисних копалин, чи продукції яка є дешевою та надмірною.

Одним з новаційних елементів розвитку аграрного виробництва є впровадження нових шляхів застосування сировинних матеріалів, що викликає комплексний підхід до вирішення поставленої задачі.

Наприклад, ефект можна побачити при застосуванні подрібненої соломи, після обмолоту злакових. Солома є сировинний сільськогосподарський матеріалу, який зразу після отримання лише частково обробляють (тобто подрібнюють комбайном) та у натуральному вигляді залишають на стерні і використовують, як добрива для ґрунту [2, 8, 11]. Також для підвищення родючості ґрунту можна використовувати сировини інших видів промисловості це – дифікати, відстійникові осади, деревну тирсу, харчові відходи, корисні копалини тощо, які впливають на підвищення показників

продуктивності ґрунту та досягненні високих результатів [1, 11, 15]. Також приклад ефективності використання сировини, можна побачити виходячи з застосування альтернативних видів добрив у якості яких використовують сапропелеві корисні копалини.

Такий підхід до вирішення питання, щодо зростання родючості і підвищення рівня вмісту органіки у ґрунті, є досить потрібним для сучасних умов розвитку АПК, тому зупинимось на окремих елементах вирішенні питання, яке пов'язане з удосконаленням технології виробництва добрив на основі сапропелю.

Розробками технологій забезпечення сапропелевою сировиною аграрний комплекс, і виробництво добрив, основою яких є сапропель, займаються більше пів століття [1, 2, 10, 13, 15], звісно з роками технології застарівають і втрачають свою рентабельність, тому завдання сьогодення їх невідкладно вдосконалювати і оновлювати.

Звичайно будь які дослідження виконують тому що зустрічаються із складністю. Якщо вносити сировинний матеріал то дещо втрачається його потужність, а якщо частково обробити то ефективність буде підвищено. Так замість суцільного внесення органічного сапропелю у натуральному вигляді можна його дещо мінералізувати утворити гранули та вносити індивідуально чи локально.

На сьогодні реальні виробництва такої продукції відсутні, а розробки які зустрічаються є малопродуктивними. Тому при експериментальних дослідженнях виробництва органо-мінеральних добрив на основі сапропелю основною складністю можна вважати підвищену кількість операцій робочого процесу. Також можна додати складність та здатність виготовити гранулу добрива з в'язкого матеріалу, яка б довготривало зберігалась та якісно виконувала свої функції при внесенні в ґрунт. Це пов'язано з тим, що сапропель, який розглядають, як добриво у суцільній масі швидко втрачає свої властивості після того як проходить природню обробку, за неналежного зберігання з нього виводяться поживні речовини і ефективність падає. Звісно

Його можна вносити одразу після видобування у натуральному вигляді, та це потребує великих затрат на логістику процесу, пов'язаних з великою вологістю сировини (92...98%), та перервністю видобутку, тому що вносити щорічно сапропель у ґрунт ми не можемо, лише у певні агротехнічні строки.

Тому нам потрібно його обробити для кращого ефекту збільшити життєво важливі мінерали та гранулювати його для довготривалого збереження.

Щодо багатоопераційності та підвищеній кількості додаткових технологічних операцій, саме вони спрямовані на отримання якісного готового продукту.

Тому новацією роботи буде зменшення багатоопераційності технології та обґрунтування доцільності застосування розробленого механізму утворення гранул або гранулоподібних частинок.

Також важливим є те, що осередок органічного сапропелю розміщений саме у Волинському регіоні, а запаси його тут становлять більше 100 млн. тон, при перерахуванні на 60%-ву вологість. Тому застосування технології виробництва сапропелевих ОМД для цього регіону буде досить рентабельним. Підготовка сировинного матеріалу дасть змогу щорічно застосовувати добувне та зневоднювальне обладнання чим підвищить якість функціонування озера і створить нові робочі місця.

Актуальність теми. Виробництво гранулоподібних сапропелевих добрив є досить потрібним для багаторічного ведення землеробства. При однорічному внесенні таких добрив післядія їх продовжується ще на два роки за правильних сівозмінах. Тому популярність їх використання набуває попиту.

Для їх формування потрібно використовувати органічний сапропель із вмістом органіки понад 60%. Слід зазначити, що саме процес підготовки сапропелевої сировини впливає на правильність та якість виконання технологічної операції формування гранулоподібних частинок. А дотримання необхідних вимог забезпечить накопичити готову продукцію на складах та не створювати потребувати у дефіциті добрив.

Наукове та практичне значення. Запропоновано технічне рішення конструкції механізму формування гранул або гранулоподібних частинок, який застосовується, у технології виробництва ОМД. Проведені теоретичні дослідження пристрою подрібнення підготовленої сировини сапропелю та мінералів. Спроектовано і виготовлено експериментальний зразок подріднювача. Проведено експериментальні дослідження його робочого процесу.

Запропоновано методики та обладнання для дослідження фізико механічних властивостей суміші, які впливають на процес формування гранул.

Дане обладнання використовується у навчальному процесі ЛНТУ. Матеріали тематики досліджень представлені у студентському науковому віснику (серія – природничі та технічні науки) науковий збірник випуск 49 факультету аграрних технологій та екології.

Об'єкт дослідження – процес утворення гранул з суцільної маси органічно-мінеральної суміші, процес формування і контактного сушіння грануло подібних частинок ОМД, процес переміщення гранулоподібних частинок по циліндричній сушильній поверхні процес дослідження фізико – механічних властивостей ОМС.

Предмет дослідження – встановлення взаємозв'язку між ефективністю роботи барабанної сушарки та параметрами каскадного механізму а також підготовка базового сировинного матеріалу і дослідження його механічних властивостей

Мета роботи і завдання дослідження. підвищення ефективності виробництва сипких ОМД на основі органічного сапропелю, шляхом отримання гранул

Для досягнення мети вирішували наступні завдання:

- провести аналіз відомих технологічних процесів виготовлення самостійних частинок з суцільного матеріалу та запропонувати передумови проектування нового механізму виготовлення гранул для в'язких матеріалів;
- обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес роботи

механізму формування гранул;

- теоретично обґрунтувати параметри та режими роботи подрібнювального пристрою (перфорованого циліндра з роликками) каскадного механізму;

- дослідити механічні властивості органо-мінеральної суміші для виробництва гранул ОМД;

- провести експериментальні дослідження підбору ефективних параметрів каскадного механізму.

Новизна полягає в тому, що:

- вперше запропоновано конструктивну схему механізму формування гранул при виробництві сипких ОМД на основі сапропелю;

- вперше розроблено теоретичне обґрунтування процесу подрібнення ОМС за рахунок взаємодії котка та циліндричного перфорованого барабану;

- набули подальшого розвитку дослідження, які визначають властивості органо-мінеральної суміші сапропель+ Р, К;

- вперше теоретично обґрунтовані конструктивно-технологічні параметри обладнання першого етапу формування гранул з органо-мінеральної суміші.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, реферату, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилань, додатків.

І ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Сапрпель, як альтернативна сировина для органічних добрив

На сьогоднішній день, як в Україні так і за її межами, актуальним є питання відтворення гумусу в орних землях. Однак, для досягнення високих врожаїв аграрії використовують багато способів і методів підвищення родючості ґрунту, які абсолютно не збільшують гумус. Так, щоб вирощувати однорічні сільськогосподарської культури, достатньо виконати правильний догляд та сформувати якісне мінеральне ґрунтове середовище. Процеси підвищення родючості ґрунту та збільшення в ньому гумусу тісно пов'язані між собою, однак річне вирощування культури, практично завжди закінчуються без приросту останнього. Досить популярною методикою підвищення врожайності стало внесення мінералів, які не накопичуються і не зберігаються в ґрунті, а мають лише кілька добову сезонну чи однорічну дію, і після себе залишають ґрунтовий баласт. При цьому збільшення гумусу не досягається утворенням сприятливих ґрунтових середовищ, в яких би проходили природні перетворюючі процеси, де разом з мікрофлорою зароджувались і виникали б гумусоутворюючі речовини.

Тому, разом з мінеральними, варто вносити органічні добрива особливо комплексні, вони містять основу елементів для засвоєння рослинами поживного спектру речовин, а також слугують енергетичним матеріалом для мікроорганізмів. Після певного бактеріального розкладу утворюють і доповнюють засоби регулювання якісних властивостей ґрунту та формують гумус.

Перш ніж приступити до внесення комплексних добрив у ґрунт необхідно скласти їх збалансований вміст, для певного виду ґрунту, де вони застосовуватимуться. У відповідності до різновидів таких добрив, для їх створення необхідно мати значні ресурси потрібних сировинних матеріалів,

відповідні площі складування, задіяти досить багато технічного оснащення та енергетики, виконати складні технологічні операції.

Що стосується ресурсів, то це, як правило: вторинні сільськогосподарські продукти та маси, відходи переробних і харчових виробництв, корисні копалини, відходи біоенергетики, органічні відходи очисних споруд тощо.

Якщо брати з точки зору рентабельності виготовлення такого виду добрива, і водночас яке б забезпечувало вимоги аграріїв та підвищувало вміст гумусу, то потрібно прагнути до якнайменш енергетичного використання ресурсів та якнайбільш широкого впровадження, тобто використання на всіх видах збіднелих ґрунтів та для всіх видів культур.

В такому випадку, згідно пропонованого алгоритму, складовою створення добрив мають бути наступні аспекти, це: гранульовані чи гранулоподібні сипкі частинки тривалого зберігання, з високим вмістом органічної речовини, дешевими складовими елементами, виготовлені за енергозберігаючою технологією.

Тут варто зазначити, що основною найдешевшою сировиною можуть бути високоорганічні корисні копалини – сапропелі, які є в достатній кількості щоб забезпечити довготривале виробництво. Ефект добрив з органічних сапропелів полягає у тривалій післядії хімічних речовин, що в них містяться. Також вони забезпечують високі показники підвищення врожайності та екологічно безпечні, і слугують джерелом природного відновлення потенціалу ґрунтів, тобто підвищення гумусу.

Склад органічних речовин сапропелю представлений різноманітними комплексами зокрема бігумоїдами, вуглеводами, гуміновими речовинами.

Результати аналізу літературних [1-15] джерел свідчать, що щорічне внесення сапропелів та добрив на його основі, спонукають до збільшення гумусоутворюючих процесів в ґрунті та часткове його накопичення. Дослідження показали також, що відбувається суттєвий якісний вплив на гранулометричний склад, водо-повітряний режим, структуру, хімічний склад, будову профілю, бактеріальний, мікроорганізмовий світ. Так, сапропель у

чистому виді (тут мається на увазі добутий та самостійно зневоднений (відлежаний чи проморожений) органічний сапропель до вологості 60%), забезпечує у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах, зі приблизним вмістом гумусу 1,28%, зростання потрібних фракційних елементів (агрегатників ґрунту чи грудок до 2мм) у поверхневому шарі ґрунту до 10см, на 50...70%, а у шарі 10...20см грудкуватість теж зростає та не настільки активно – приблизно 20...25%; коефіцієнт структурності ґрунту на глибині до 10 см зростає до 8% і є ефективним, його можна порівняти з найкращими органічними добривами – підстилковим гноєм; а також збільшення вологи до 4 разів, збільшенням умісту гумінових кислот та основних поживних елементів. До цього також відноситься пришвидшення мікробіологічних процесів розкладу залишків рослинного світу, зростання чисельності корисної мікробіоти (перш за все важливих нітрифікуючих і фосфатмобілізівних бактерій та азотобактеру).

В цілому підвищення врожайності сільгоспкультур, а саме коренебульбоплодів, зокрема бульб картоплі до 2,5 разів, зерна вівса до 1,2 разу, зеленої маси люпину до 5 разів.

Експериментально доведено, що сапропель придатний також і для виробництва органомінеральних добрив. Особливий ефект проявили саме сипкі гранульовані сапропелєві ОМД. Органічна його частина, яка є базовою та займає основну частку за масою, разом із мінералами утворює органомінеральну композиційну систему. Основна частина сапропелю, яка поглинає мінеральний матеріал та насичується ним, захищає останній від взаємодії з вологою, що знаходиться в атмосфері під час зберігання, та дозволяє найшвидше потрапити до споживання рослиною при внесенні в ґрунт. Також зменшує щільність мінералів в середовищі та знижує передозування рослин при надлишковому внесенні добрив. Поєднання мінералу з органічним сапропелем зменшує корозійну взаємодію добрив із металевими виробами.

Оскільки Україна має одні з найбільших природних запасів сапропелевих покладів в Європі, то актуальність виробництва альтернативних добрив з позитивними показниками якості зростає.

На сьогодні більшість озерних екосистем в Україні, на жаль, потребують негайного відновлення і перебувають у стані занепаду, коли процеси евтрофії набувають незворотного характеру. Котловини таких озер, як правило повністю заповнені високоорганічним сапропелем, тому тут можна поєднати кілька позитивних процесів це – відновлення озер, шляхом очищення від органічних покладів, і зменшення болотних територій зі створенням туристично-відпочивальних комплексів, суттєве збільшення запасів прісної води, збільшення кількості органічних та органомінеральних добрив для рільництва, швидка рекультивация малопродуктивних орних угідь і відновлення структурно-порушених земельних ділянок та здешевлення добривної продукції за рахунок виробництва альтернативної.

Також, технологічні роботи по видобуванню органічного сапропелю мають бути, науково обґрунтованими та екологічно безпечними для навколишнього середовища, і спрямованими на збереження цілісності екосистеми.

1.2 Опис матеріалу що обробляється та технологічного процесу який досліджується

З огляду на альтернативу використання сапропелевих органомінеральних добрив у рільництві та й взагалі в системі органічного землеробства вкрай важливим етапом є – виробництво добрив. Враховуючи те, що традиційні органічні добрива такі як, підстилковий гній отримуються за досить простою технологією, а їх кількість залежить від поголів'я тварин, то сапропелеві ОМД залежать від якості і вмісту органіки у базовій сировині та параметрів родовища.

Визначальним елементом при виборі сировинного матеріалу є місткість у ньому органічної речовини, яка повинна сягати понад 70%. Також при

органічному землеробстві слід пам'ятати про підбір поживних речовин до кожного виду рослини, та післядію на наступний рік. Зрештою тут варто зупинитись не тільки на якісному вирощуванні, а й підвищенні вмісту гумусу в процесі вирощування сільськогосподарських культур. Тому, рекомендуємо вносити гранулеподібні сипкі органо-мінеральні добрива на основі сапропелю з параметрами еквівалентного діаметру 5...8мм.

Оскільки, головний з матеріалів, що обробляється є органічний сапропель а іншими компонентами ОМД будуть мінерали Р та К, то представимо їх характеристики окремо В перекладі сапропель означає гнилий мул, або мул що гниє. Є кілька різновидів сапропелю, це: кремнеземний органічний, карбонатний, змішаний тощо. Органічний сапропель утворюються на дні прісноводних непроточних водоймах, зокрема озерах, за рахунок безкисневого розкладу флори і фауни водного. Високоорганічний сапропель утворюється за рахунок довготривалого часу накопичення де максимально можливий органічний його вміст мінералізується і набуває вищої якості.

Вцілому можливе виробництво органомінеральних добрив з сапропелю, якщо його органічний міст перевищує 50%. Тоді, лише доцільно його використовувати, як базовий елемент для виробництва. Назватись органічним сапропель можна починаючи з вмісту в ньому органіки понад 30%, в окремих джерелах інформації зустрічається 15...18%. [1, 7, 13].

Звісно, для визначення вмісту органіки у покладах виконуються пошукові і дослідницькі роботи. А відповідно під час добування сапропелю з озерного родовища користуються умовами з розгляду його, як сировини для виробництва і формування добрив, а також як надлишкового матеріалу в озері, який призводить до втрати його функціонування, з дотриманням екологічно безпечних вимог.

Здебільшого вимоги, які необхідно забезпечити для обох випадків під час добування різняться і встановлені програмою технології виробництва добрив та екоінспекціями природокористування відповідно.

Щоб визначити яка саме сировина сапропелю необхідна для виробництва ОМД потрібно мати дані про її окремі властивості це – органічність, вміст вологості та стан.

Після вибору родовища потрібно провести дослідження і визначити вміст органічної речовини. Після цього встановити чи підходить нам така сировина, чи ні. Відповідно матеріал який отримуємо з родовища потрібно додатково обробити та підготувати – це зневоднити. Тут можна застосовувати два економічно вигідні варіанти це: 1) відлежування та самостійний вивід води з покладів (розміщення в геотубі, а згодом на розстилі) або 2) природне проморожування, тобто отримані поклади залишити на зиму у буртах, і відповідно під впливом природніх заморозків виділити надлишкову вологу. При таких природніх процесах варто прагнути до того щоб отримати сировину приблизно 78...70% вологості.

Таким чином, щоб підготувати сировину для добрив необхідно виконати наступні робочі етапи: дослідити озеро, визначити вміст органіки, добути з підводного родовища то доставити до берегової лінії у природному стані та природної вологості з максимально збереженою структурою, (тут потрібно застосувати пневматичну технологію) і природно (найдешевше) зневоднити. Так ми отримуємо чорнову сировину для добрив.

Відповідно, чистова сировина скрадатиметься вже з суміші підготовленого сапропелю та мінералів, тобто потрібно-дозована суміш.

Дозування і утворення чистової сировини залежить від кількості органіки у сапропелі і вмісту поживних та хімічних елементів, згідно яких проводиться добавляння потрібної кількості мінералів (фосфору та калію).

Також можна вважати, що мінеральний матеріал, який додається теж треба підготувати (обробити). Мінеральні частинки потрібно мати у порошкоподібному вигляді приблизно 0,01...0,05мм у еквівалентному діаметрі.

Звичайно, вміст мінеральної частини може змінюватись за бажанням замовника та індивідуального виробництва. Зазвичай, виробництво ОМД на

основі сапропелю може бути «Premium» класу сапропель 80...90% органіки з вмістом, P₆₀₋₈₀, K₆₀₋₈₀; «Standard», P₄₀₋₆₀, K₄₀₋₆₀ і бути сталим для класу добрив «Normal», P₂₀₋₄₀, K₂₀₋₄₀, «Mini», P₁₅₋₂₀, K₁₅₋₂₀. Слід зазначити, що внесення добрив з певним вмістом мінеральної частини потрібно проводити в дозах рекомендованих науково обґрунтованими дослідженнями.

З точки зору цінності зневоднених сапропелів то слід дотримуватись саме природного зневоднення через те, що основним елементом живлення рослин у сапропелях є активні біологічні і речовини – гумінові кислоти. При штучному зневодненні з застосуванням теплової енергії понад 180°C їх дія на ріст та розвиток рослин значно знижується, поживні мікроорганізми та мікроелементи вигоряють, залишивши за собою золу та шлак. Тому, для забезпечення вмістом гумінового комплексу рослин слід проводити природне зневоднення, і використовувати провітрювання з підсушуванням на сонці.

Щодо якісного отримання сапропелевої сировини при обробці та підготовці, то слід знати, що саме гумінові кислоти володіють антибактеріальним середовищем та активізують в ґрунті процеси обміну речовин і формують середовище для утворення гумусу. Важливо є те, що сапропель забезпечує засвоєння сапропелевого азоту рослиною на молекулярному рівні [13].

В середовищі ґрунту насиченому сапропелевими ОМД формується та зосереджується мікрофлора збагачена біологічно-активними організмами, а це в свою чергу знижує активність шкідливих організмів патогенної мікрофлори (грибки, паразити тощо). Вітаміни які наявні в сапропелі це В (В1...В3, В6, В12), а також С і Е, разом з амінокислотами (яких налічується приблизно 17 видів), невідкладно формують цінну групу біологічно активних речовин.

Щодо технологічного процесу виготовлення таких добрив, то його можна описати за допомогою виконання наступних комплексних операцій (рис 1.1). В загальному він скрадатиметься з двох етапів це: виробництво сировини та виготовлення продукції і матиме наступну еколого-економічну структуру:

1. Дослідження родовища.

При літературному огляді за тематикою машини для виготовлення гранульованих продуктів, установки обладнання тощо і технологічні їх процеси, зіткнулись з тим, що існує багато видів та конструкцій машин, вони спроектовані і в залежності від матеріалу, з якого утворюють гранульований продукт тобто сировини що обробляється. Наведемо окремі конструкції аналогів.

Гранулятори-сушарки застосовуються у різних галузях промисловості. Однак, найбільше своє застосування вони знайшли у фармацевтичній галузі, де використовуються для виготовлення таблеток, лікарських капсул з медичними порошками. Рідше вони використовуються у харчовій промисловості, для виготовлення розчинної гранульованої кави та какао, ароматизаторів, сухого молока, приправ, цукерок та інших харчових сипких сумішей. Часто машини для виробництва гранул пов'язують з утворенням сировинних придатків чи матеріалів з яких виготовляють продукти. Наприклад, полімерну сировину для виготовлення плівки, пляшок, тари тощо, спочатку гранулюють, а потім при переробці виготовляють потрібний продукт. Також гранулятори застосовують і в інших галузях таких, як виробництво добрив, барвників, пестицидів, кормів для тварин і птиці тощо.

Проаналізувавши галузі виробництва гранул-продукту та процес їх утворення [] можна сказати, що дуже часто при виготовленні гранульованого продукту використовують вологий матеріал, який або попередньо підсушують, або сушать під час гранулювання, або після гранулювання сушать продукт. Нерідко проводять так званий роздільний спосіб виготовлення гранульованих чи гранулеподібних продуктів, де розглядають два окремі процеси сушіння та формування частинки.

Досить часто у сільському господарстві ми застосовуємо гранульовані комбікорми. Процес їх виготовлення досить важкий і складний. Тому, отримати гранульований дрібно- чи без фракційний комбінований корм для молодняка свиней, можна попередньо подрібнивши його компоненти, потім розпаривши охолодивши (нагрівши), згодом сформувати потрібні частинки, і

вкінці висушити чи зневоднити для тривалого зберігання. Такі комплексні процеси варто розділити на самостійні операції та проектувати машини під їх виробництво окремо для кожної з врахуванням, взаємозв'язаними, перевалочними операціями. Можливо, навіть, об'єднувати кілька операцій наприклад, виконати подрібнювач запарник як одна машина з двома операціями, а гранулятор сушка як інша. До того ж, для забезпечення технологічної якості продукту потрібно об'єднувати процеси, а нерідко і роз'єднувати, для забезпечення вимог до готового продукту та дотриманні потрібних показників і властивостей компонентів які використовуються.

На рисунку 1.2 показано кілька окремих машин які використовуються при технологічному процесі виготовлення гранульованих комбікормів.

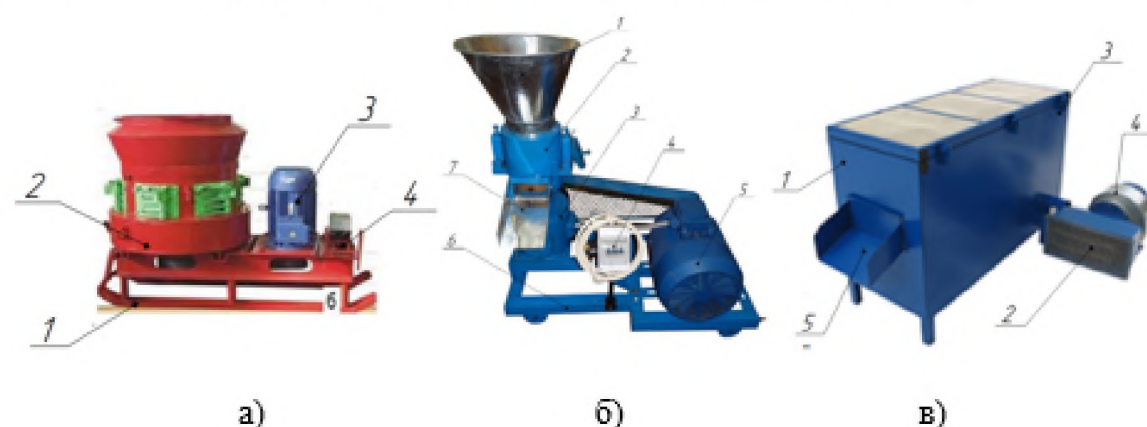


Рисунок 1.2 – Машини для виготовлення гранульованих комбікормів а) подрібнювач запарник 1 – рама, 2 – бункер, 3 – двигун, 4 – пульт керування; б) гранулятор 1 – засипна горловина, 2 – роторний гранулятор, 3 – редуктор, 4 – пульт керування, 5 – двигун, 6 – рама, 7 – вивантажувальна лійка; в) сушильна камера, 2 - нагрівач, 3 – кришка, 4 – двигун з турбіною, 5 - вивантажувальна лійка.

Недоліком такого технологічного процесу є застосування досить багатьох окремо спроектованих машин для вироблення готового продукту та надмірна кількість перевалочних операцій. Тому, процес є енергозатратний з довготривалими операціями.

Швидко та якісно перевести матеріал у гранули можна з допомогою комбінованої сушарки-гранулятора (рис. 1.3). Інтенсивний та ефективний процес грануляції за допомогою нанесення додаткової вологої речовини на основний матеріал та її сушіння, дозволяє зробити обладнання, де проходить гранулювання з одночасним сушінням в так званому «киплячому шарі». Процес виробництва полягає в подачі основного матеріалу у камеру сушарки невеликими порціями, які подрібнюються чи вже є дрібними, і швидко перетворюються в гранули за рахунок нагрівання до необхідної температури і подачі в робочу область спеціального розчину, що відповідає за грануляцію. Після формування гранул сформований матеріал передається в камеру сушіння [6, 10].

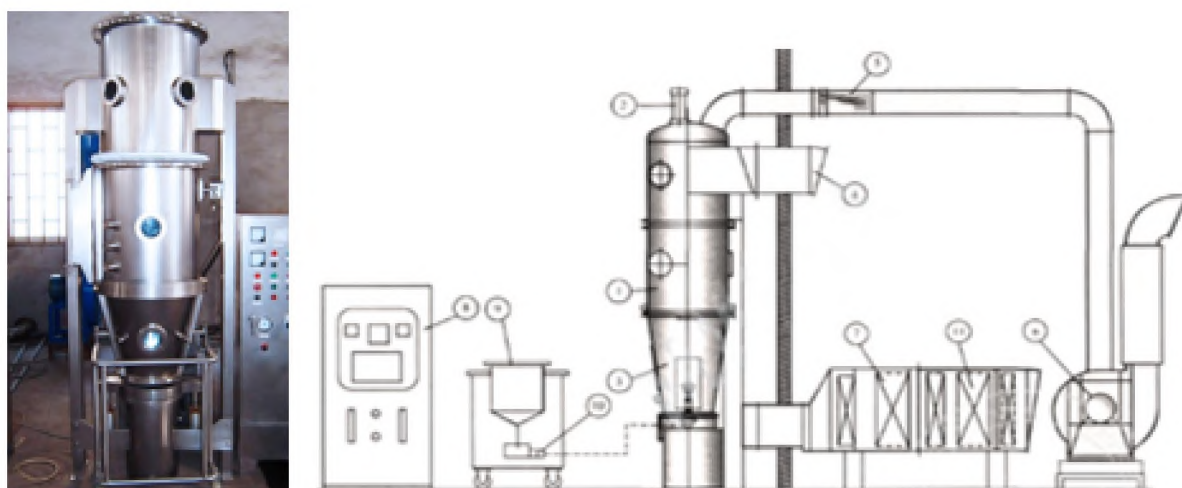


Рисунок 1.3 – Фото та схема конструкції сушарки-гранулятора, що працює по технології гранулювання шляхом обливанням частинки рідким додатковим матеріалом та висушуванням у киплячому шарі. 1 – сушильна камера. 2. – вузол струшування. 3. – ємкість продукту. 4. – випускний канал. 5. – заслінка. 6. – вентилятор. 7. – нагрівач. 8. – пульт керування. 9. – ємкість підготовки розчину. 10. – насос. 11. – осушувач.

Такий спосіб подачі робить процес швидким, ефективним та автоматизованим. Точність форми гранул та її модель виходить досить високої якості. Гранулятор-сушарка використовують для перетворення порошкових сумішей, рідких та пастоподібних матеріалів у гранули круглої чи продовгуватої форми. При тому, це обладнання підходить для обробки тих речовин, які можуть піддаватися впливу високих температур. Цикл обробки матеріалу та виготовлення гранул, починаючи від змішування до процесу пудрування і покриття додатковим матеріалом виконується одночасно, а висушування проходить опісля.

Дані машини не можливо застосувати для роботи з сапропеле-мінеральною сумішшю, оскільки технології виробництва суттєво відрізняються. Тут варто скористатись комплексним підходом і створити одну машину, яка виконувало б одночасно кілька операцій.

У нашому випадку слід прагнути до створення машини, яка має працювати з вологим пастоподібним матеріалом та в процесі утворення гранул даний матеріал підсушувати. Тому, конструкція нової машини має виконувати процеси змішування компонентів, подрібнення, сушіння та вентилявання, гранулювання, сепарація і фасування, а також бути простою та зручною. Також можна прагнути до одночасного виконання кількох поставлених задач, тобто, один механізм може виконувати кілька функцій. Наприклад, подрібнення і сушіння; вентилявання і гранулювання; сушіння та вентилявання з одночасним гранулюванням. Саме комплекс таких операцій дозволить значно заощадити на виконанні технологічного процесу.

Саме тому, зупинимось на аналізі конструкцій машин які виконують згадувані процеси.

Отже, перший процес це змішування. Для того щоб дізнатись про фізичну суть процесу переміщення для утворення потрібної суміші і підібрати спосіб її утворення, необхідно досконало володіти інформацією про існуючі конструкції змішувальних машин для змішуванні в'язкого компоненту з муко-або порошкоподібним.

З аналізу джерел інформації [2, 4] представимо кінематичні схеми найпоширеніших робочих органів (рис. 1.4) та обладнання (рис. 1.5) створені для змішування.

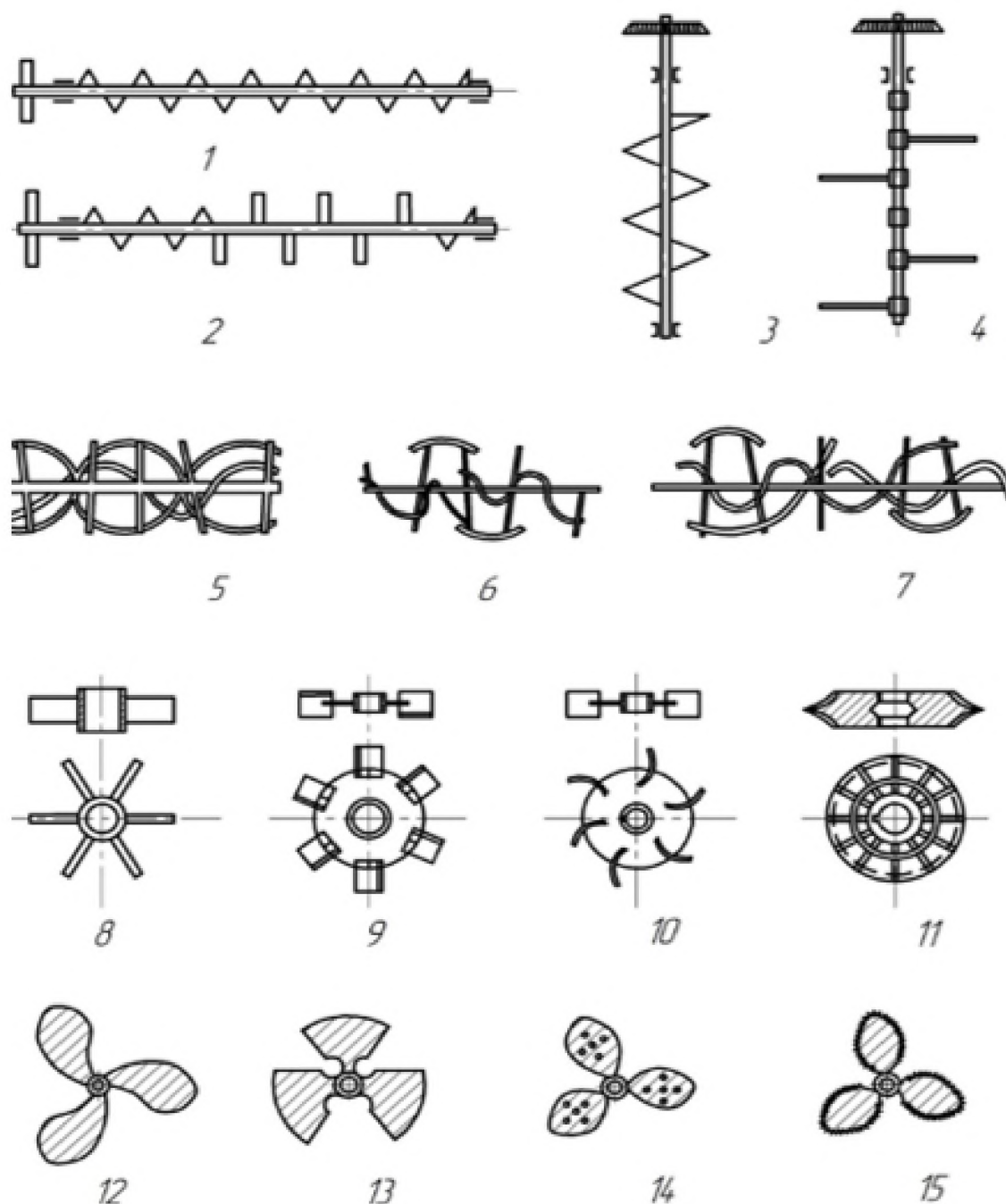


Рисунок 1.4 – Робочі органи змішувачів: 1, 2, 3 – шнекові; 4 – лопатеві; 5, 6, 7 – стрічкові гвинтові; 8, 9, 10, 11 – турбінні-барабанні; 12, 13, 14, 15 – гвинтові (пропелерні).

Здебільшого, такі машини використовують при приготування кормів у тваринництві, проте у харчовій промисловості змішувачами можливо одночасно формувати в'язку масу та її підігрівати [2, 4].

З опрацьованого матеріалу можна стверджувати, що специфіка процесу змішування суттєво залежить від матеріалу, який обробляється. Досить багато з наведених робочих органів і конструкцій машин не в змозі працювати з матеріалом чи сировиною підвищеної в'язкості через непристосованість конструкції.

Після утворення суміші нам необхідно її подрібнити, тому, проведемо аналіз машин для подрібнення.

Подрібнення це найбільш поширена операція, що підготовляє матеріал для використання. Після подрібнення утворюються частинки. Одже, тут слід дотримуватись пропорційності, щоб вихідні самостійні тіла були приблизно однакової форми та маси.

Досить часто процес подрібнення komponують з іншими процесами, наприклад, подрібнення-сушіння, подрібнення-змішування, подрібнення-завантаження. Та в основному досить багато конструкцій подрібнювальних машин створені для твердих матеріалів, оскільки, даний матеріал найпростіше подрібнюється. Як правило, у таких машинах передбачені ріжучі леза та протирізальна пластина, які працюють за типом всім відомої січкорізки, тому, охарактеризуємо найпростішу одну з них.

Так пристрій з катушковим ножом та протирізальним механізмом (рис. 1.6), використовують для подрібнення залишків гілля дерев тут відбувається процес різання з кришенням.

Використати таку машину для роботи з в'язкими матеріалами неможливо через непристосованість, тут відбуватиметься налипання матеріалу на ножі, а також унеможливлення його відриву від загальної маси.

В сучасних умовах матеріал можна подрібнити за допомогою вібрації, ударної дії, струменевого і газострусеневого вибухів тощо, за умови що він твердий [16].

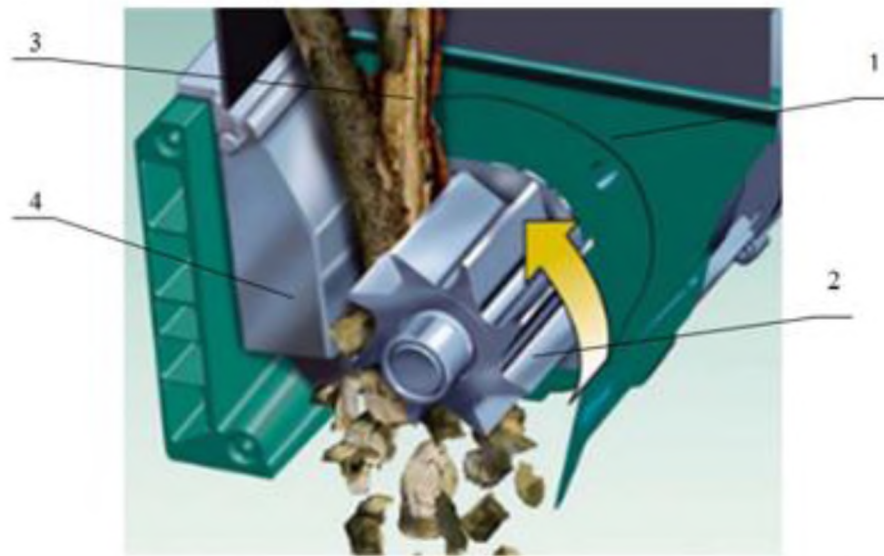


Рисунок 1.6 – Подрібнювач для малої деревини: 1 – корпус, 2 – ніж, 3 – матеріал, 4 – протиризальна пластина

Подрібнення в'язкого матеріалу такими способами неможливо, тому як альтернативне рішення його потрібно ділити на частинки шляхом продавлювання через отвори за допомогою нагнітальних шнекових пристроїв чи інших робочих органів, які працюють за принципом витискання та зжимання.

Третій процес, який об'єднує одночасно дві операції це сушіння та вентилявання. Відповідно подрібнений чи підготовлений матеріал можна піддавати сушінню. Машинами аналогами у сільському господарстві для таких процесів можуть служити напільні сушарки.

Конструкція напільної сушарки СТ-50 (рис. 1.7) містить паливний агрегат 1 і сушильну камеру 2.

Завантаження матеріалу в сушильну камеру проводять за допомогою конвеєрів чи навантажувачів, а той з самоскидів, проте висота шару оброблюваного матеріалу встановлюють залежно від вологості.

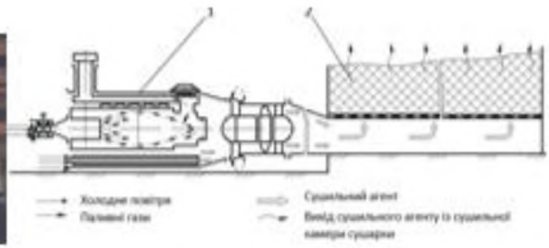


Рисунок. 1.7 – Фото та схема технологічного процесу сушіння зернового матеріалу у напільній сушарці: 1 – паливний агрегат; 2 – сушильна камера.

При вологості зерна близько 20% висота шару не більше 2,0м, та із збільшенням вологості до 30% висота складатиме 1,2 м. Час сушіння, від 10 до 36 годин. Вентилують матеріал підігрітим (на 2...3°C) повітрям [10, 12]. Сушка припиняється, коли вологість верхнього шару стає 17...18%. Недоліком такої машини є те, що вивантаження готового матеріалу із сушильної камери відбувається за допомогою вивантажувача або вручну.

Сюди також відносять: низький рівень механізації завантаження і вивантаження насіння; нерівномірність сушіння згідно висоти і площі сушильної камери.

Також, для сушіння малосипучих матеріалів і зернових культур підвищеної вологості використовують барабанні сушарки (рис. 1.8).

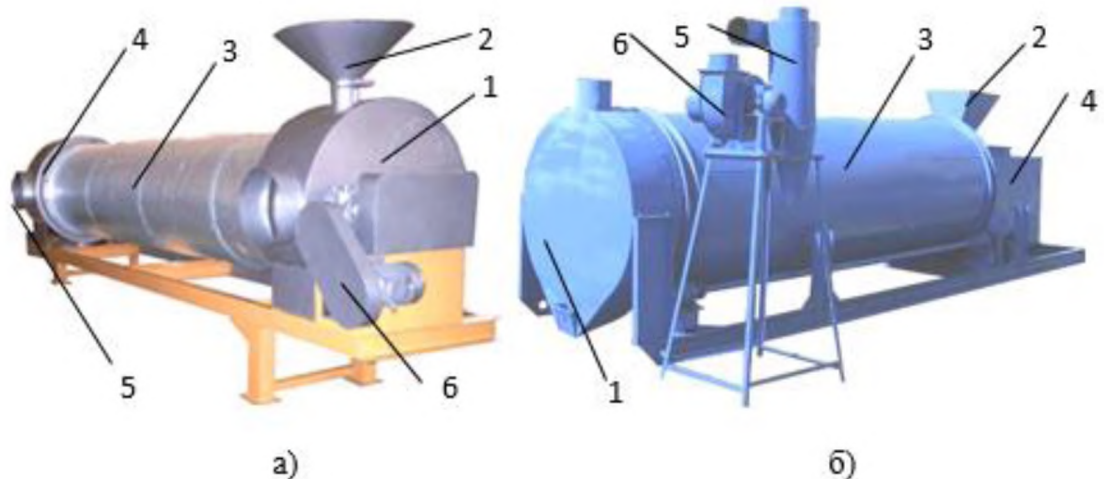


Рисунок 1.8 – Барабанні сушарки: а – СБ-2,5; б – СБ-1,4-4.

Дані сушарки типу СБ (сушарка барабанна) складаються з топки 1, завантажувальної 2, і сушильної камер 3, приводного механізму, розвантажувача 4, охолоджувача 5 та електрообладнання 6. Вони можуть функціонувати як на електропостачанні так і за рахунок нагрівання твердим чи рідким паливом.

Основним конструкційним робочим органом сушарок є сушильна камера у вигляді циліндра (барабана), що обертається навколо осі з частотою $2 \dots 6 \text{ хв}^{-1}$. Вона може бути горизонтально чи з нахилом встановлена на рамі. Нахил барабана може становити відносно горизонтальної осі – $2 \dots 15^\circ$. Всередині барабана можуть міститись різного типу насадки з лопатями і полицками. Температура сушіння корегується оператором. Сушильним агентом служить нагріте сухе повітря

Одним із основних недоліків є те що, обробка насіння у сушильному барабані становить $10 \dots 15 \text{ хв}$, а вологість його знижується лише на $3 \dots 5\%$. Тому, необхідно повторювати процес сушіння понад 2 рази. Також можна встановлювати лінію з декількох таких машин, що і здорожчує технологію.

Наступною операцією технологічного процесу який проаналізуємо є гранулювання.

Для створення нормальних умов гранулювання матеріалу шляхом кочення застосовують метод тертя об гладкі стінки зовнішньої сторони циліндра. Робота такого гранулятора (рис 1.9) наступна: всередині барабана діаметром до 2м і довжиною до 4м на валу у центрі монтуються поздовжні листові лопаті, виконані у вигляді відкритої цифри шість. Вони створюють декілька відділень і кожне з яких має у своєму складі плоску і циліндричну стінки.

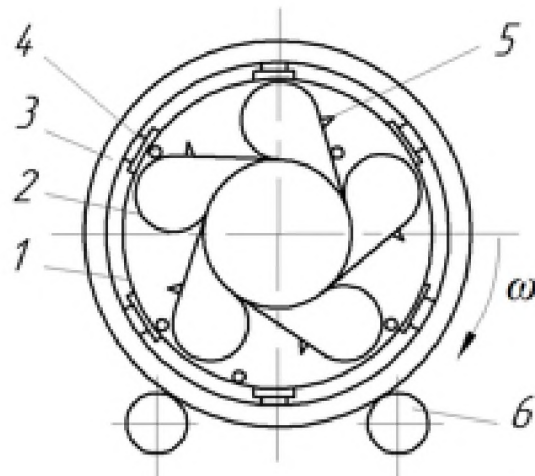


Рисунок 1.9 – Багатосекційний гранулятор: 1 – барабан; 2 – листові лопаті; 3 – бандаж; 4 – кульки; 5 – упор; 6 – опорний ролик.

Матеріал який подається у секцію і оброблюється коченням та стає у вигляді гранули. Для унеможливлення налипання оброблюваного матеріалу на внутрішні стінки відділення, тобто в простір між секціями, встановлюються металеві кулі, які утримуються від падіння упорами. Унеможливлення відбувається за рахунок звільнення кульок від упорів і спадання з місця розташування. Таким чином, кулька вдаряється об стінку лопаті, виконаної з листової сталі, та сприяє очищенню їх від налиплого матеріалу за рахунок удару.

Також для гранулювання сухого порошкоподібного матеріалу застосовують тарілчасті (чашкові, дискові) гранулятори з використанням зв'язного матеріалу. Вони як правило складаються з диску, що обертається довкола власної осі, з регульованим кутом нахилу до вертикалі. Диск обладнаний бортиком, який забезпечує заповнення апарату і унеможливорює висипання (рис. 1.10) [8].

Подача у зону гранулювання зв'язного компоненту забезпечується встановленням над тарілкою форсунок, які його розпилюють, а очищення від налиплого матеріалу забезпечується скребками.

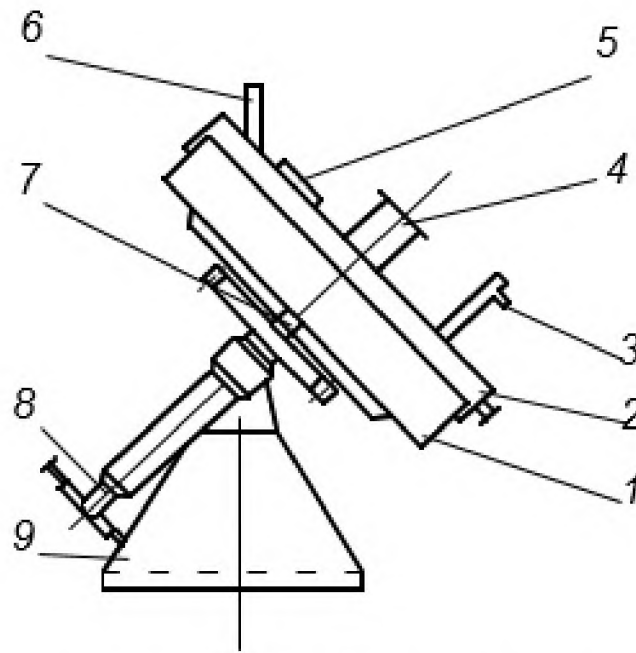


Рисунок 1.10 – Схема дискового гранулятора: 1 – диск; 2 – кожух для герметизації; 3 – форсунка; 4 – горловина відведення пари; 5 – оглядовий люк; 6 – завантажувальна горловина; 7 – вал; 8 – кріпильний механізм, що змінює кут нахилу; 9 – рама.

Відповідно форми дна гранулятора, то вони можуть бути плоскі, конічні, сферичні, еліптичні. Використання таких конструкційних розробок дозволяє уникнути неробочого простору в місці стику з бортом, а також збільшити шлях кочення. Відповідно і збільшується продуктивність.

Крайній етап виробництва може завершуватись сепарацією та фасуванням. Тут досить багато є конструктивних рішень які не потрібно вдосконалювати, а просто скористатись відомими машинами.

Отже, з проведеного аналізу інформації стає зрозуміло, що практика використання проаналізованих машин для роботи з в'язким матеріалом є доцільною. Типаж наведених машин для змішування можна використовувати для утворення суміші ОМС, лише за науково обґрунтованими параметрами робочих органів. Машини для подрібнення в переважній більшості виконують подрібнення твердих матеріалів, а робочим органом є лезо. Фракційність отриманого матеріалу залежить від швидкості його обертання та подачі

матеріалу. У окремих випадках подрібнення відбувається за рахунок, вибуху, удару, рикошету, биття, тертя, стиснення, тощо. Для в'язкого матеріалу такі технології не підходять, тому необхідно користуватись іншим підходом до вирішення задачі та створювати нову машину для подрібнення в'язкої підвищеної вологості речовини. У даному випадку ОМС на основі сапропелю.

Тут ми спостерігаємо те, що кожна з машин виконує задану функцію у відповідності до підготовленої для неї сировини, що обробляється. У нашому випадку для створенні машини слід прагнути до комплексного і утворення сировини і виготовлення продукту, оскільки роздільність підготовки кінцевого сировинного продукту, для кожної наступної окремої операції потребує додаткових витрат .

Застосування барабанних сушарок, як конструктивного елемента для сушки можливе, лише із змінними насадками та режимами роботи. Тут ми можемо подрібнення і сушіння об'єднати в один неперервний процес для унеможливлення браку часу. А конвертине сушіння чи вентилявання підсилити контактним.

На нашу думку для подрібнення ОМС потрібно застосувати метод видавлювання через отвори, або витискування. За рахунок чого буде отримано циліндроподібні самостійні шматки різної довжини, вони у процесі обробки будуть кришитись на дрібніші частинки. Пропорційність і точність отриманої гранули не є обов'язковою складовою технологічного процесу. Достатньо отримати гранулоподібну частинку еквівалентним діаметром 6...8мм. Нерівномірність її зовнішньої поверхні не буде впливати на якість продукту, навпаки продукт з тріщинками буде швидше засвоюватись у ґрунті. Якість продукту залежатиме від температурних показників роботи і визначатиметься вологістю гранули і вмісту органо-мінеральної частини.

1.4 Огляд теоретичних досліджень процесів що виконує каскадний механізм сушарки

Оскільки досліджуваний каскадний механізм в комплексі виконує процес подрібнення суміші ОМС, підсушування та формування гранулоподібних частинок, а якість продукту оцінюється лише сушінням то проведемо огляд теоретичних досліджень вказівних процесів.

Для досконалого вивчення питання подрібнення ОМС каскадним механізмом, необхідно провести пошук подібних теоретичних обґрунтувань.

Так П.А. Ребіндер [11] запропонував оцінювати затрачену роботи на подрібнення залежністю 1.1, яка являється основою теорії подрібнення:

$$A = f(\Delta v) + f_1(\Delta C) \quad (1.1)$$

Δv – об'єм деформованої частини тіла;

ΔC – приріст питомої поверхні продукту.

Щоб досягти успіху у розрахунку середнього розміру частинок Вилесов Н.Г. [6, 11] пропонує залежність де відображає, що рушійна сила подрібнення є рівною силі зчеплення частинок:

$$d_e = d_0 \cdot \exp m \cdot (Q_x - Q_0)^n, \quad (1.2)$$

d_e – еквівалентний діаметр;

d_0 – діаметр частинки в початковий момент утворення;

Q_x – вміст рідкої фази;

Q_0 – вміст рідкої фази в момент початку подрібнення;

m, n – емпіричні коефіцієнти.

Для оцінки фракційного складу суміші у джерелі [11] проведені ґрунтовні дослідження і запропоновано залежність:

$$\eta = \beta^{4/6} \cdot \int_{r_1}^{r_2} r^3 \cdot \exp(-\beta \cdot r) dr, \quad (1.3)$$

η – частини вмісту фракцій від r_1 до r_2 ;

$$\beta = \rho_0 / \alpha \cdot \tau_{cp} \quad (\tau_{cp} - \text{час перебування частинки під дією сил ущільнення});$$

ρ_0 – щільність утворених частинок;

α – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу.

У дослідженнях [4, 6, 11] запропонована залежність для визначення роботи, яку виконує подрібнювач, тобто руйнування суцільної маси на окремі шматки. Дана залежність застосовується при розрахунках тарільчастих подрібнювачів з активатором.

$$A_p = \frac{m \cdot \pi^2}{2} \cdot \frac{D^2}{10} \cdot \left(\frac{n_2^2}{10} + 2 \cdot n_1 \cdot n_2 \right). \quad (1.4)$$

m – маса частинки чи шматка кг;

D – діаметр тарілки м,

n_1 – частота обертання, s^{-1} ;

n_2 – частота обертання активатора, s^{-1} .

1.5 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень

1. Огляду матеріалів досліджень свідчать про те, що високоорганічний сапропель є найкращою базовою сировиною для досягнення утворення гумусу в ґрунті. Найефективніша мінеральна частина разом з сапропелем у добривах може бути Р та К, які необхідно додавати згідно технічного завдання. Запаси покладів сапропелю говорять про те, що їх необхідно якнайшвидше реалізувати.

2. Засоби виробництва добрив сапропель+мінеральна частина на сьогодні мало відомі. Аналоги для процесів, які необхідно виконати для досягнення готового продукту не працюють з в'язким і зволженим матеріалом і не забезпечать потрібний результат, тому треба створювати нові конструкції та застосувати комплексні методи для виконання операцій.

3. За рахунок пропонованого підходу буде отримано гранулоподібну частинку еквівалентним діаметром 6...8мм з нерівномірною зовнішньою поверхнею яка буде швидше засвоюватись у ґрунті.

Для виконання завдання необхідно вирішити наступні задачі:

– запропонувати технологію отримання сировини для і виробництва ОМД;

– провести аналіз технологічних процесів подрібнення в'язких матеріалів;

– провести методики і отримати результати досліджень природного зневоднення органічного сапропелю, сумішоутворення сапропель+ Р, К, подрібнення та сушіння;

– обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес машини з каскадним механізмом;

– представити експериментальні дослідження і техніко-економічну оцінку розробки.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ГРАНУЛ

2.1 Описи конструкції сушарки-гранулятора та пристрою для формування гранул

Конструкції машин для виробництва ОМД на основі органічної сапропелевої сировини є нерозповсюджені оскільки перебувають лише на стадіях розробок. Освоївши характеристики продукту, який потрібно отримати приступим до конструювання нової машини та розробку технологічного процесу.

Тут наше завдання обґрунтовувати доцільність і економічність машини і запропонувати технологічну схему, ефективність яких підтвердити теоретичними обґрунтуваннями і дослідженнями.

Щоб виготовити гранульовані ОМД потрібно охарактеризувати процеси які там відбуваються і згрупувати їх в один.

Для виконання досліджень розглянемо матеріал з якого вони будуть виготовлятися, тобто еомпоненти: це – підготовлена сировина органічного сапропелю природно зневоднена до 85...70% вологості, та мінеральна частина це – муко подібний чи порошкоподібний компонент вологістю 15%. З певним вмістом мінералу.

Кінцевим варіантом продукту мають бути гранули (ОМД еквівалентним діаметром 6...8 мм вологістю 60...55%

Для отримання таких показників необхідно запропонувати багатофункціональну машину з кількома операціями.

Отже представимо схему (рис. 2.1.) яка дасть уяву про послідовність виконання технологічного процесу. Далі обґрунтуємо доцільність виконання каскадного механізму який формуватиме гранули.

Опис робочого процесу проходить за наступної послідовності. Органічна сировина тобто підготовлені поклади озерного сапропелю (зневоднені природнім шляхом), потрапляє у верхню частину двосекційного

приймального бункера змішувального пристрою. Туди ж і потрапляє мінеральна складова – порошкоподібна. Дані компоненти мають бути попередньо продезоанні.

За допомогою мішалок компоненти змішуються до однорідності і утворюють однорідну суміш яка матиме назву органо-мінеральна. У процесі перемішування мінерали насичують сапропель та частково зневоднюють його оскільки частина вологи переходить від нього до сухого мінерального порошку.

Після перемішування ОМС з верхнього бункера переміщується до нижнього, звідки за допомогою шнекового транспортера потрапляє до завантажувальної частини сушильної машини. Остання складається з корпусу (барабана), каскадного пристрою до якого входить подрібнювачі та нагрівальні контактні поверхні (рис. 2.2), та вентильовуючого механізму.

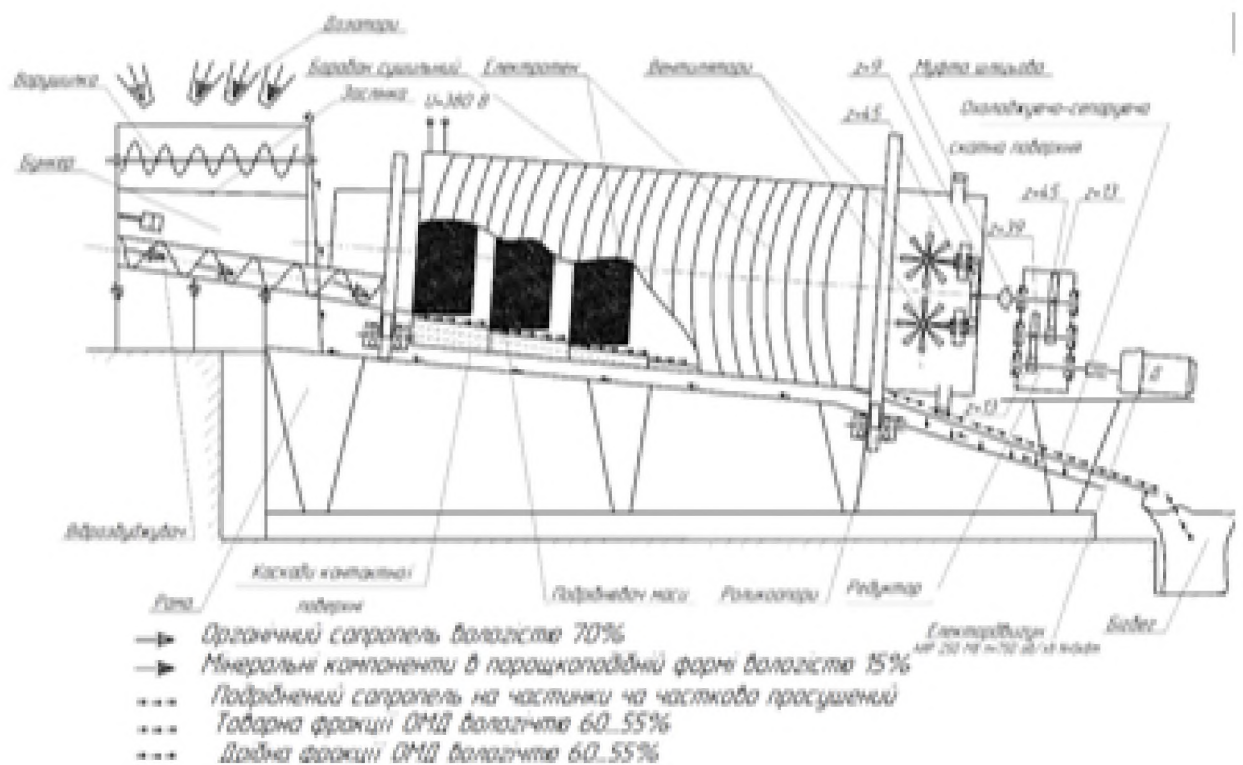


Рисунок 2.1 – Функціональна схема машини для виробництва ОМС на основі органічного сапропелю.

Також можна сказати, що ОМС відразу виходячи із шнека потрапляє на подрібнювач каскадного механізму, який розміщений у барабані. Він складається з перфорованих циліндрів та котків (роликів). Котки продавлюють в'язку ОМС через перфоровані отвори циліндра і вона падає на контактну сушильну поверхню.

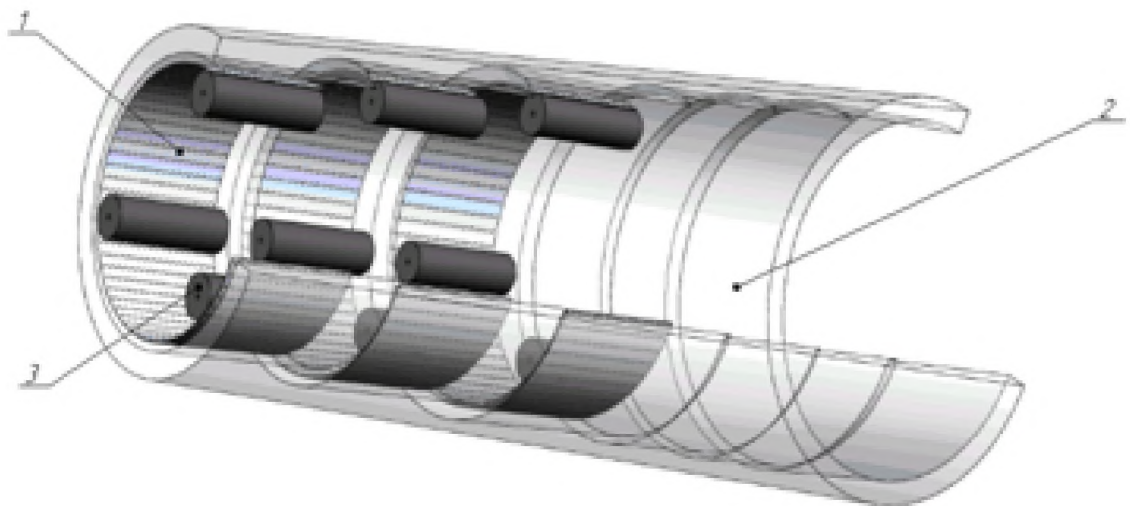


Рисунок 2.2 – Каскадний механізм. 3D-модель: 1 – перфорований циліндр, 2 – сушильна поверхня, 3 – коток.

Там подрібнені частинки ОМС переміщуються по поверхні і просушуються.

На першій сушильній поверхні вони перебувають недовго оскільки вони надто зволожені та при обертанні об'єднуються одна з одною. Далі частково просушені частинки, а саме зовнішні їх поверхні, знову збиваються у суцільну масу. Це означає що за один такий процес неможливо створити гранульовані добрива та просушити їх до потрібної товарної вологості. Тому тут має місце наступний подрібнювач і контактна сушильна поверхня, до яких потрапляє частково просушена маса ОМС, яка утворилась у процесі першої обробки.

Тому ОМС потрапляють з першої контактної сушильної поверхні у другий подрібнювач для наступного подрібнення. Сюди суміш потрапляє автоматично за рахунок зсипання при обертанні з контактної поверхні. Процес

повторюється аналогічно першому. Також під час подрібнення і сушіння шар ОМС вентилюється атмосферним повітрям за допомогою надуву вентиляторів.

Для висушування частинок до потрібної вологості потрібно виконати кілька таких послідовних процесів. Такі дані встановлюють експериментально тобто до такого часу коли після останнього подрібнення і просушування частинки залишаться самостійними та не об'єднаються. Далі процес контактного сушіння і вентилявання проходитиме лише на контактній поверхні частинки будуть перекинутись по ній та спадати на інші ступені де остаточно утворяться гранули.

Відповідно гранули будуть зменшуватись в об'ємі і набувати певної твердості. Кінцева вологість їх буде становити в межах 60...55%

Крайнім етапом у виготовленні гранульованих ОМД є потрапляння їх у охолоджуючу камеру для охолодження та сепарації. Розподілення за фракційним складом відбувається перед фасуванням товару. Некондиційна фракція повертається до бункера на повторну переробку.

Машина повинна мати привід це – електродвигун та двоступінчастий редуктор, і обертатись досить повільно. Нагрівання каскадної поверхні проходитиме від електромережі.

Отже запропонована схема машини за допомогою якої можна виготовити реальний зразок машини для виробництва якісного продукту. Окрім цього потрібно провести певні наукові дослідження і обґрунтування щоб встановити оптимальні режими виробництва гранульованих добрив.

2.2 Обґрунтування процесу першого етапу формування гранул з ОМС подрібнювачем

Оскільки у операції формуванні гранул беруть участь два відокремлені один від одного механізми, це – перфоровані циліндри з роликками (подрібнювачі) та ступінчаста контактна поверхні. То для обґрунтування

параметрів процесу утворення гранул (гранулоподібних частинок), необхідно провести дослідження першого етапу подрібнення. Тут потрібно виконати кінематичне моделювання процесу, запропонувати розрахункову схему, і провести її теоретичне дослідження.

Розглянемо прикладну задачу, яка дасть можливість обґрунтувати процес подрібнення суцільної маси ОМС, що потрапила до перфорованого циліндра, та під дією ролика продавлюється через отвори. Для цього представим схему (рис. 2.3) поздовжньої лінії контакту ролика з ОМС, при коченні його по перфорованій циліндричній формі поверхні і її продавлювання через отвори. Для покращення продавлювання шару ОМС, із зниженням зусилля на тонкостінний перфорований циліндр, припустим, що ролики будуть мати пом'якшену зовнішню поверхню.

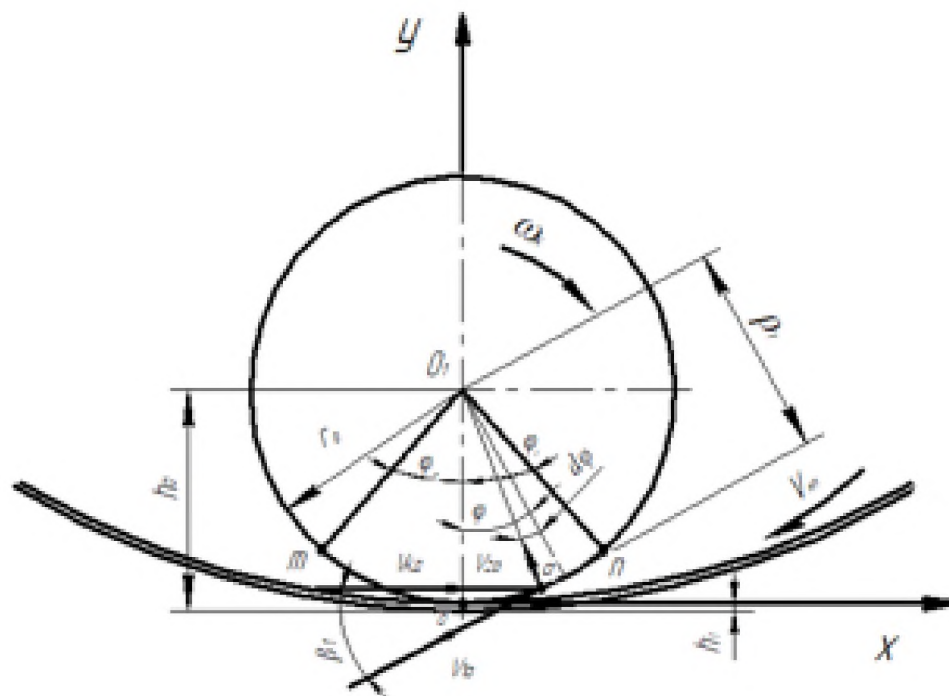


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема.

Ролик приймаємо у вигляді кільця що має невагоме значення із зовнішнім радіусом r_0 , і шириною b_0 , яка одночасно являється довжиною перфорованого циліндра.

Ролик рухається у попутному напрямку із перфорованим циліндром за годинниковою стрілкою. Відповідно опишемо зміни при переміщенні, які відбуваються за рахунок перекочування на відстані кута $d\varphi$, що переходить з куту φ , в інше положення, і визначається різницею кутів $(\varphi - d\varphi)$. З врахуванням складових цих параметрів можна записати диференціальне рівняння:

$$h_0 \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} d\varphi - (1+m_1) d\rho_1 \quad (2.1)$$

де $m_1 = (dl_1 / dt) / (d\rho_1 / dt) = dl_1 / d\rho_1$ - значення відношення швидкості деформування ОМС відповідно до швидкості деформування котка;

h_0, l_1, ρ_1 - лінійні розміри.

Провівши інтегрування отримано:

$$\frac{h_0}{\cos \varphi} - (1+m_1) \rho_1 = K \quad (2.2)$$

На початкових умовах кут $\varphi = \varphi_1$, тоді маємо $\rho_1 = r_0$, лінійний розмір переміщення точки a визначимо з рівняння, яке описує передню ділянку де відбувається взаємодія органів. Ця ділянка називається ділянкою завантаження ролика, який наковується на суміш і утворює поздовжню лінію контакту у відповідних полярних координатах ρ_1 і φ_1 .

$$\rho_1 = r_0 - \frac{h_0}{1+m_1} \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{\cos \varphi} \right) \quad (2.3)$$

З аналогічних міркувань буде отримане і рівняння для задньої ділянки, тобто ділянки розвантаження, після прокачування ролика по суміші.

$$\rho_1 = r_0 - \frac{h_0}{1+m_2} \left(\frac{1}{\cos \varphi} - 1 \right) \quad (2.4)$$

де $m_2 = (dl_2 / dt) / (dp_2 / dt) = dl_2 / dp_2$, відношення швидкості холостого ходу ролика та швидкості деформації ОМС.

Так як вважаємо, що поверхня перфорованого циліндра недеформується, тоді модель форми поздовжньої лінії взаємодії із котком згідно рівнянь (2.3 і 2.4) набуде вигляду:

$$\rho_{1,2} = r_0 \cos \varphi_1 / \cos \varphi \quad (2.5)$$

При $m = \infty$, у полярній системі дане рівняння відповідатиме прямій лінії, і становитиме:

$$\rho_{1,2} = \rho_0 = r_0 \quad (2.6)$$

Зазначимо передумови, за яких необхідно представити обґрунтування для визначення математичної моделі взаємодії ролика і перфорованого циліндра при подрібненні ОМС. Вони наступні:

- так як з лопаті шнека (однозахідний) ОМС поступатиме до перфорованого циліндра неоднорідною порцією (за вагою), то припустим що робота по завантаженню подрібнювача буде виконуватиметься періодично з постійно обертаючимсь циліндром.

- ролик розглядається, як самостійний пристрій без зв'язку з роботою машини, тобто приймаєм, що його кутова швидкість $\omega_k = \text{const}$;

- поверхня взаємодії ролика пом'якшена та при взаємодії з ОМС буде дещо деформуватись для зменшення проковзування;

- вісь обертання ролика - нерухома, а перфорований циліндр рухається зі швидкістю $V_{кл}$;

- частково відбувається проковзування ролика відносно перфорованого циліндра, а коефіцієнтом проковзування оцінюється ψ ;

- коток подрібнювача рухається рівномірно навколо своєї осі і прямолінійно, тоді як циліндр обертається навколо нього;

- задача вирішується як плоскопросторова.

Згідно опису попередніх припущень та аналізу схеми, рух точки a поверхні ролика (рис. 2.3), проведемо визначення її швидкості руху у області контакту з циліндром, у двох зонах. Переміщення точки a у зоні навантаження (накочування) і зоні розвантаження будуть різнитися. У зоні навантаження при заборі суміші закінчення процесу продавлювання відбуватиметься у точці O . По закінченню продавлювання відбуватиметься холостий хід поверхні ролика.

Залежність переміщення для зони (HO) ролика, який наїжджає на суміш і буде під навантаженням набуде вигляду:

$$V_{1a} = \frac{d\rho}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = d_1 \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} \omega_k \quad (2.7)$$

Залежність переміщення для поверхні ролика, після проковзування суміші – розвантаженої зони набуде вигляд.

$$V_{2a} = d_2 \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} \omega_k \quad (2.8)$$

Параметр V_a швидкість точки a ролика, який знаходиться по дотичній лінії контакту з перфорованим циліндром визначається:

$$V_a = \sqrt{V_{1a}^2 + V_{2a}^2} \quad (2.9)$$

Швидкість проковзування ролика, відносно циліндра, становитиме:

$$\Delta V_{\text{пз}} = V_{1a} - V_{2a} \quad (2.10)$$

Швидкість проковзування для навантаженої зони становитиме:

$$\Delta V_{\text{пз}} = \omega_k \sqrt{\frac{d_1^2 + c_1 \cos^3\varphi (c_1 \cos\varphi + 2d_1 V)}{\cos^2\varphi}} \cdot V_{\text{кз}} \frac{\cos\varphi}{\sin(90^\circ + \varphi - \beta_1)} \quad (2.11)$$

Швидкість проковзування для розвантаженої зони становитиме (2.12):

$$\Delta V_{\text{пз}} = \omega_k \sqrt{\frac{d_2^2 \sin^2\varphi + (c_2 - d_2)^2 \cos^4\varphi}{\cos^2\varphi}} \cdot V_{\text{кз}} \frac{\cos\varphi}{\sin(90^\circ + \varphi - \beta_1)} \quad (2.12)$$

Поступальна швидкість точки O становитиме:

$$V_{\text{кл}} = \frac{\omega_{\text{к}}}{\theta_0} \left[r_0 - \frac{h_0}{1-m_1} \left(\frac{1-\cos\varphi_1}{\cos\varphi_1} \right) \right] \quad (2.13)$$

Проведемо перевірковий розрахунок моделі на адекватність. Лінійні значення будуть становити $m_1=m_2$, $d_1=d_2=\rho_0$, $\beta_1=0$, а швидкість проковзування буде становитиме:

$$\Delta V_{\text{кл}} = \left(\frac{1}{(1-\delta)\cos^2\varphi} - 1 \right) \omega_{\text{к}} \rho_0 (1-\delta) \quad (2.14)$$

де δ – коефіцієнт буксування.

За даною залежністю представимо графічний розрахунок і встановимо швидкість ковзання за різних кутів обертання ролика (рис 2.4.)

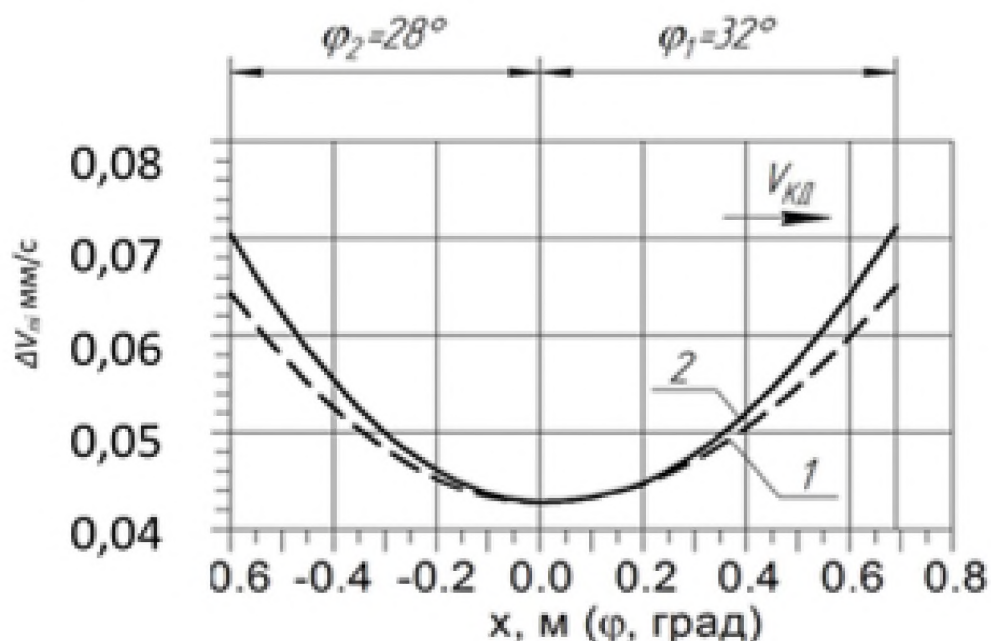


Рисунок 2.4 – Графічні залежності швидкостей проковзування ролика з змінними кутами кочення: 1 – крива для колостого ходу (без матеріалу), 2 – крива робочого ходу (з використанням ОМС).

Аналізуючи розрахунки і залежності можна сказати, що при взаємодії ролика з ОМС проковзування незначно та все ж таки зростає, отже шлях руху

ролика – збільшується. Таке явище критично не впливає на деформацію ОМС, яка проковзується через перфорацію циліндра та за рахунок оптимального підбору діаметра ролика та діаметру перфорованого циліндра поверхні. Тут можна досягти мінімального проковзування, що дає можливість підвищити технологічну ефективність подрібнювального пристрою. Відповідно головним параметром тут має бути кут β_1 .

Також унеможливлення проковзування можна досягти за рахунок утворення певного протекторного відбитку виконаного на контактній поверхні котка.

2.3 Висновки до розділу 2

1. З аналізу машин аналогів видно, що дуже мало існує машин для виготовлення гранул або окремих самостійних частинок невеликих розмірів з в'язкого суцільного матеріалу. Та все ж таки синтез подрібнювачів матеріалів на шматки дозволив отримати удосконалену конструкцію механізму формування гранулоподібних частинок з в'язких матеріалів, а одночасне їх контактне сушіння дасть можливість створити новий продукт. Тому на основі запропонованої конструкції обґрунтована нова технологія виробництва ОМД на основі сапропелю, яка максимально відповідає вимогам до готового продукту.

2. Запропонована нова технологія і конструкція механізму формування гранульованих добрив дозволила розкрити фізичну суть процесу і теоретично встановити певні обґрунтування робочих органів.

3. Виведена математична залежність швидкості переміщення котка дає можливість встановити оптимальний діаметр ролика і діаметр перфорованої поверхні. За допомогою правильного підбору таких параметрів можна досягнути мінімальне проковзування, що збільшить технологічну і економічну ефективність процесу гранулювання добрива.

3 МЕТОДИКИ І РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Для проведення досліджень необхідно попередньо запропонувати програму, згідно якої вони будуть проводитись. Проводять експеримент для того, щоб уявити та представити явище яке буде досліджуватись і підтвердити його адекватність, або ж навпаки – непридатність. Розглянувши всі можливі варіанти проведення експерименту, необхідно вибрати оптимальний та досконало його провести. Внаслідок чого можна досягнути нових чи удосконалити існуючі результати розглядуваних явищ. Саме експеримент є одним із головних та найважливіших елементів нових наукових досліджень.

Експеримент проводять для пошуку значення досліджуваного параметра чи явища. Сюди ж входять і визначення показників побічних явищ, що впливають чи можуть вплинути на досліджуваний фактор, взаємозв'язані з ним і можуть бути позитивними чи негативними. Експериментальні дослідження в яких вивчається вплив на досліджуваний процес одного компонента є однофакторним, а кількох і більше – багатофакторним. Результати досліджень можуть визначити, який з параметрів є зовсім не важливим, а який важливий, чи він негативно впливає на дослід чи позитивно. Відповідно компоненти (фактори) у досліді можуть бути, технологічними, геометричними, розмірними, режимними і т.д., а зв'язок між ними може бути, як прямий так і другорядний.

Кінцеве значення при пошуці впливів факторів передбачає підбір максимально можливих, як позитивних так і негативних та визначення оптимальних.

У дослідженнях доцільно використовувати зразки експериментальних установок із змінними межами конструктивних параметрів. Також доцільно використовувати змінні режимні параметри роботи і чим більше їх буде, тим більше відтворюватиметься процес, а результати будуть достовірніші. При

найбільшому застосуванні кількості факторів дослідження будуть якісніші, більш розширені, повніші. Тобто за такими результатами буде краще визначити роботоздатність досліджуваного явища та унеможливити чи спрогнозувати непередбачувані та аварійні моменти роботи машини.

Отже першим кроком проведення досліджень є формуванні програми. Тому програмою заплановано провести наступні дослідження:

- формування та утворення органо мінеральної суміші з природного зневодненого органічного сапропелю, як головного сировинного матеріалу та порошкових мінералів;

- дослідження зміни вологості утвореної ОСМ;

- визначення параметрів липкості сформованої суміші органічного;

- дослідження процесу подрібнення ОСМ та формування гранул;

- дослідження температурних параметрів нагрітої контактної поверхні та вплив її на зміну вологості гранулоподібних частинок, а також здатності їх прилипати і змінювати величину;

Досліди виконуватимуться по 3...6 разів, а значення будуть прийматись, як середньоарифметичні згідно розрахунку.

3.2 Прилади, обладнання та апаратура для проведення досліджень

Проведення вище перелічених досліджень згідно плану програми потребує наявності відповідного обладнання, що використовується та уміння ним користуватись.

Щодо стосується обладнання для отримання органо мінеральної сировини то застосовували ємкість на змішувач.

Вологість визначали по методиці описаній у [15] за допомогою обладнання представленого (рис. 3.1).

Для отримання гранулоподібних частинок органо мінеральної суміші необхідно визначити її липкість. Обладнання, яке потрібне для цього зосереджено на (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Обладнання для дослідження вологості природно зневодненого сапропелю: сушильна електрошафа СНОЛ– 3,5.3,5.3,5/3 ИЗ; ексикатор із бюксами; термометр електронний TFA 301018

До установки визначення липкості ОМС входить штатив 1, направляюча втулка 2 із штоком 3, знизу штока кріпиться штамп 4, ємкість 5 і динамометр 6. Останній кріпиться до штоку з іншої сторони. Така установка буде застосована для підбору матеріалу обладнання для подрібнення ОМС.

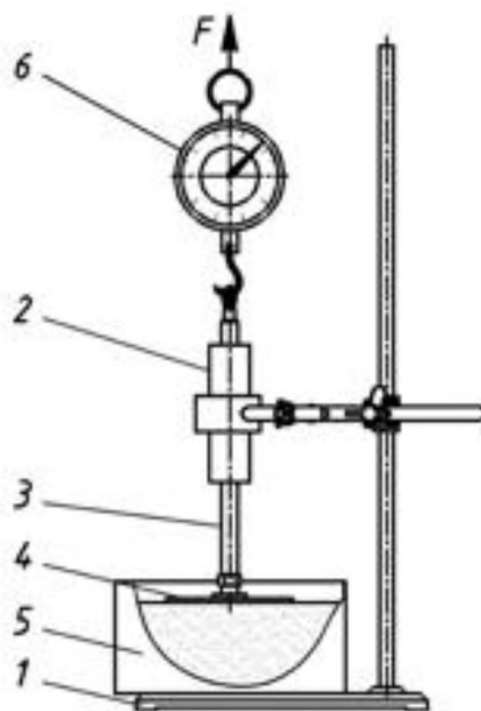


Рисунок 3.2 – Дослідна установка для визначення липкості ОМС на основі сапропелю

На (рис. 3.3) представлено обладнання для визначення температури нагрівальної поверхні та впливу її на зменшення вологості при формуванні гранулоподібних частинок. Даною установкою окрім вказаних досліджень можна визначати кілька інших явищ таких, як дослідження здатності прилипати ОМС до нагрітої поверхні, дослідження зміни величини гранул при висиханні, дослідження зміни параметрів гранули при перекочуванні, дослідження об'єднання гранул між собою в процесі обробки, дослідження оптимального кута нахилу з якого спадатиме подрібнена ОМА, дослідження оптимальних параметрів температури контактної поверхні тощо. Установа виконана за принципом похилої площини для того щоб збільшити її функціональність і одночасно визначати значення параметру кочення частинок ОМС при дослідженні всіх інших факторів та процесів.

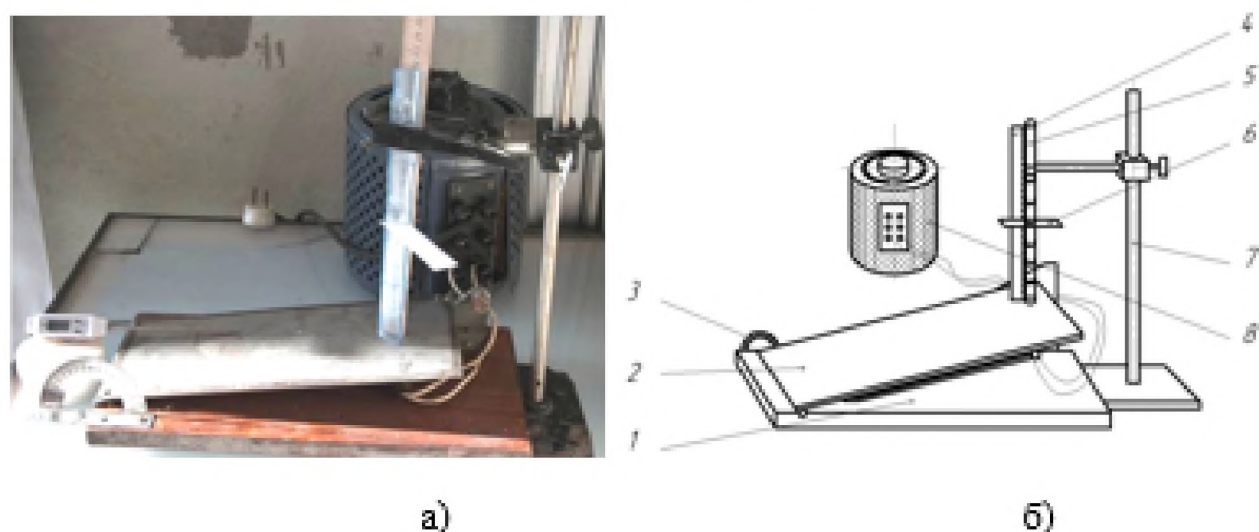


Рисунок 3.3 – Фото (а) та схема (б) установки: 1 – корпус; 2 – нагрівальна поверхня; 3 – транспортер; 4 – лінійка; 5 – завантажувальний пристрій; 6 – зажим; 7 – штатив; 8 – трансформатор

Проведення досліджень подрібнення ОМС, як початкової сталі у процесі формування гранул відбувалось на обладнанні зображеному на (рис. 3.4). установка складалась з перфорованого циліндра 1, та ролика 2, між ними розміщували попередньо підготовлену ОМС. Дана установка є складовою

частиною подрібнювача та взаємодіє з каскадною сушильною поверхнею і бере найперша участь у формуванні гранул.

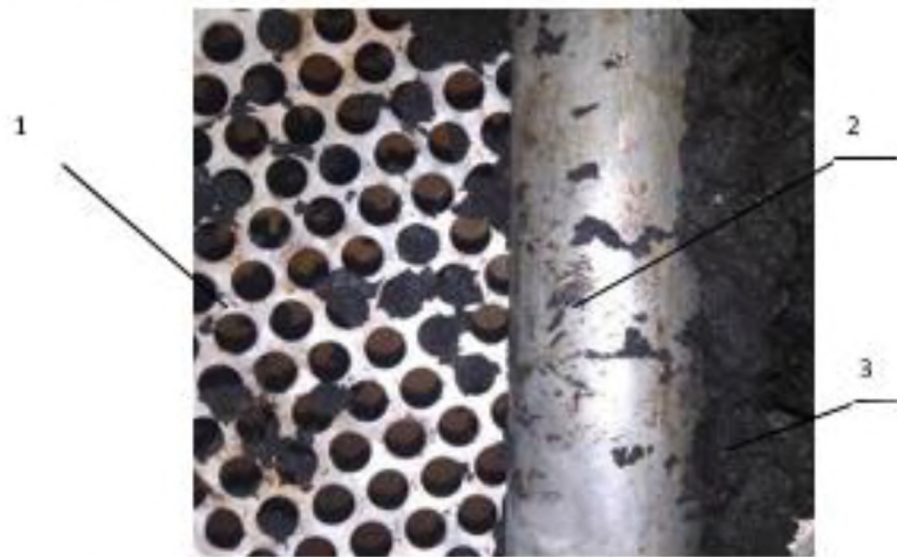


Рисунок 3.4 – Фото установки для утворення гранул з ОМС:
1 – перфорований циліндр; 2 – ролик (коток); 3 – ОМС

3.3 Методика утворення органо-мінеральної суміші (ОМС)

Для утворення ОМС необхідно використати зневоднений сапропель та мінерали. Підготовка до змішування повинна становити на на 1 кг компоненту сапропелю – 0,9кг, фосфору Р – 0,05кг, калію К – 0,05кг. Дані матеріали зсипали у оду посудину та перемішували, до однорідності суміші. Приблизний час змішування до однорідності перемішування становив 10хв. Змішування проводили за допомогою спеціальної лабораторної мішалки, яка призначений для змішування будівельних сумішей (клею, фарби, шпаклівки).

Оскільки вологість мінеральної частини 15% а сапропелю 82%, то досліджували загальну вологість суміші після перемішування за формулою 3.1. Результат після взаємопроникнення матеріалу становив 76%. З даною ОМС відбувались подальші дослідження.

3.6 Методика та результати визначення липкості ОМС

Липкість утвореної за методикою описаною у п. 3.5 ОМС проводили за допомогою лабораторної установки описаної в п. 3.2. рис. 3.2.

ОМС розміщували в ємкість кількістю 1дм^3 , рівномірно розрівнювали та встановлювали на штатив.

Тоді для визначення параметра липкості ОМС використовували плоскі пластинки у вигляді круга діаметром 60мм. Пластини були виготовлені з різних матеріалів з силуміну, сталі та силуміну з тефлоновим покриттям. Пластинку кріпили до нижнього кінця штока, площиною паралельно суміші, таке розміщення пластинку і взаємодія її з ОМС можна називати – штампомповим.

Подальші дослідження були наступні. Пластинку притискали до ОМС витримували певний час і рівномірно відривали.

Час притискання пластини становив 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 15; 20секунд. Показник зусилля відриву фіксували за допомогою динамометра розміщеного на другому кінці штока.

Після проведеного дослідження сапрпель розміщеній у ємкості перемішували та вирівнювали і проводили наступний.

За залежністю (3.2) визначали величину липкості [3]:

$$E = \frac{F}{S}, \quad (3.2)$$

де E – липкість, Па;

F – сила відриву штампа від площини, Н;

S – площа штампа, м^2 .

Згідно розрахунків проводили графічне представлення результатів.

Значення отримані після підстановки параметрі у залежність вказують на те, що межі існування липкості змінюються від часу перебування пластинки у взаємозв'язці з ОМС та матеріалу з яким вони контактують.

За результатами побудована графічна залежність (рис. 3.5), на якій чітко видно що найкраще застосовувати силумінову поверхню з тефлоновим покриттям.

Для обґрунтування швидкості перекочування сушильного барабану засобу виробництва ОМС потрібно врахувати час, за якого перебуватимуть частинки на поверхні до того, як почнуть перекочуватись. Такий час може

становити 2...8 секунд. При тривалому часі контакту спостерігається, що ОМС матиме більшу здатність прилипання. А у випадку контактного сушіння збільшенням тривалості часу може привести до підгорання матеріалу, що є недоцільним.

З дослідів встановлено, що найкращий матеріал це покритий тефлоном силумін до якого майже не прилипає ОМС. Відповідно значення зниження вологості гранулоподібних частинок ОМС, швидкість обертання барабана і час перебування їх на контактній поверхні та потребує подальших досліджень.

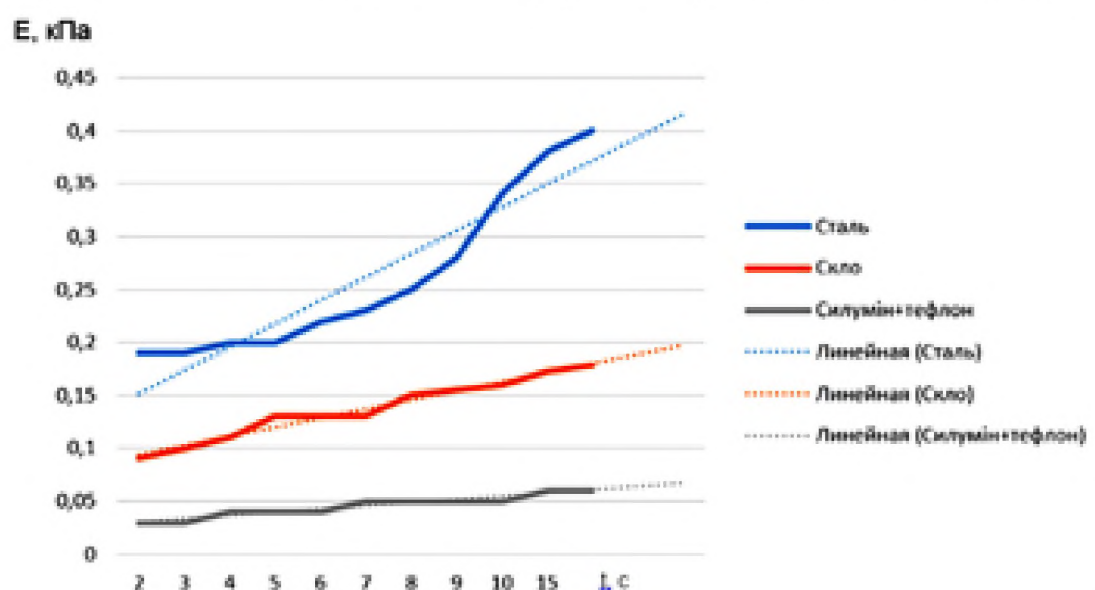


Рисунок 3.5 – Графічна залежність липкості ОМС до сталі, вогнестійкого скла та силуміну з тефлоновим покриттям за вологості $W=72,5\%$, для опуклого профілю штампа

3.7 Методика для дослідження формування гранул частинок та результати досліджень

Для формування гранулоподібних частинок з маси ОМС використовували перфорований циліндр діаметром 500мм та довжиною 300мм. Діаметр отворів становив 8мм, з суміжним та поперчним крок 4мм. У внутрішній частині циліндра вмонтовували ролик, за принципом описаним при виконанні обґрунтувань у розділі 2. В циліндр порційно завантажували ОМС та прокручували. В процесі роботи коток притискав суміш до

перфорованої поверхні, яка проникала у отвори проходила через їх і таким чином подрібнювалась.

Суміш, яка пройшла через отвір мала вигляд циліндричної частинки. А при надмірному видовженні зламувалась та падала на поверхню і частково деформувалась.

Описаний процес буде мати назву утворення частинок ОМС для подальшого формування гранулоподібних ОМД.

Очищення ролика від налиплого матеріалу виконувалось лезом змонтованим по його довжині. Подрібнені частинки вимірювалися та визначався їх еквівалентний діаметр, який становив 5..8мм (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Фот дослідження параметрів подрібнення ОМС

Дослідження процесу показали, що деякі частинки одразу зліплювались одна з одною. Така ситуація дещо погіршуватиме процес сушіння і виробництво ОМД, але при розробці сушарки передбачено кілька рівнів такого поріднення, тому ця проблема усувається.

В подальшому частинки досягнувши значень вологості 65% ОМС буде подрібнюватись востаннє. Далі ці частинки будуть набирати гранулоподібної форми і досушуватись до 55% вологості.

3.8 Методика і результати визначення температури контактної поверхні та вплив її на зміну вологості і величини гранулоподібних частинок

Дослідження просушування подрібненої ОМС, з визначенням оптимального діаметра контактної поверхні, і зниження вологості та зміну розмірів, були проведені з застосуванням обладнання (рис. 3.3). При дослідженні було запропоновано застосувати поверхню виготовлену з силуміну покритого тефлоном (рис. 3.7).

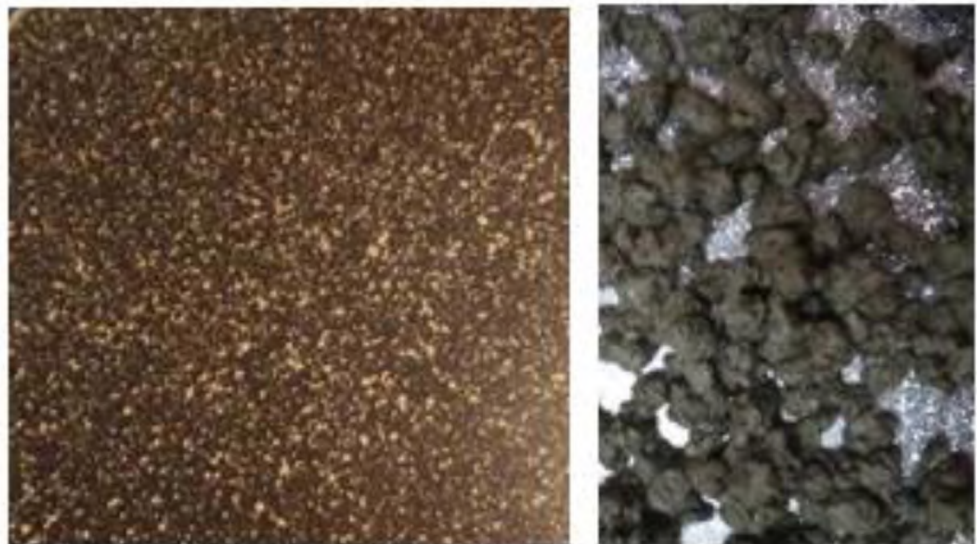


Рисунок 3.7 – Фот дослідження температурних параметрів контактної поверхні та вплив її на зміну вологості і величини гранулоподібних частинок

Дослідження проводили у наступному алгоритмі:

- проводили нагрівання контактної поверхні розташованої під певним кутом і витримували час стабілізації температури;
- розташовували подрібнювач над поверхнею на висоті 50мм і проводили подрібнення ОМС;
- сліdkували за падінням частинок на нагріту поверхню;
- сліdkували за скочуванням гранулоподібних частинок;
- сліdkували за температурою просушування (75...100^oC) та часом;

- вимірювали частинки;
- змінювали кути нахилу поверхні, за якого відбувалось кочення частинок ОМС;
- фіксували кількість прилиплих частинок та кут їх відривання від поверхні;
- проводили зважування.

Отримані значення зносили у таблицю. Після того як просушений матеріал набував значення вологості 55% дослід закінчували, рахували 100 гранулоподібних ОМД та вимірювали їх еквівалентний діаметр. За результатами будували графік (рис. 3.10)

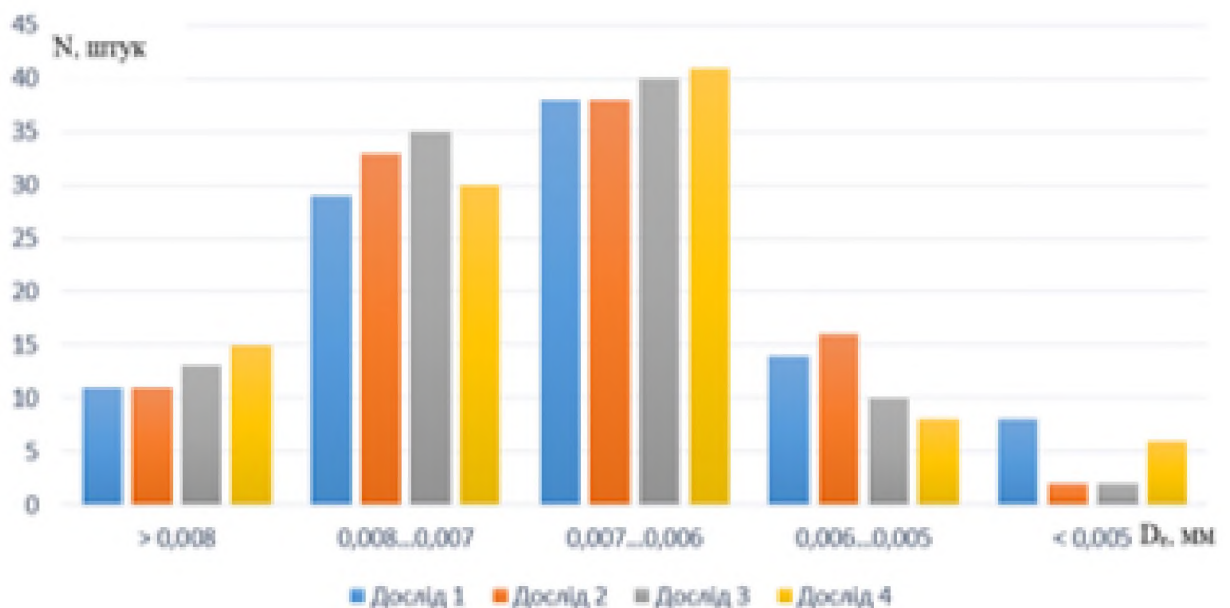


Рисунок 3.10 – Графічна залежність визначення еквівалентному діаметру частинок, за часу сушіння $t=18$ хв при температурі 160°C

Також встановили, що початковий кут кочення становив 8° до горизонту а найбільш виражене кочення спостерігається при куті понад 16° .

3.9 Висновки до розділу 3

1. Виконавши розділ розроблено програму і методики експериментальних досліджень; подано та представлено обладнання і прилади та досконалий їх опис; отримані результати за якими побудовані графічні залежності і табличні результати.

2. При проведенні лабораторних досліджень використовувалось стандартне та власне розроблене і виготовлене обладнання і установки. Методики для власне розробленого обладнання сформовані самостійно.

3. Органічні сапропелі для забезпечення дослідів добувались з озера Рогізне. Визначений вміст води в них становив $W=92\%$.

4. Дослідження по підборі тканини для мішків у яких самостійно зневоднювався сапропель встановили, що найбільш підходить текстильний матеріал із вмістом полімиду та еластину. Цими дослідженнями встановили, що сапропель самостійно зневоднюється до вологості $W=82...83\%$ у перші години відлежування.

5. Показники липкості ОМС вказують на те, що доцільно застосовувати матеріал для виготовлення контактної нагрівальної поверхні силумін покритий тефлоном межі а часу перебування у взаємозв'язку частинки ним до того як почнуть перекочуватись має бути. 2...6 секунд.

6. При дослідженні, якості подрібнення ОМС визначили, що еквівалентний діаметр частинок буде 6..8мм.

7. Проведені дослідження щодо визначення діаметру контактної поверхні показали, що найбільш якісне кочення гранулеподібних частинок спостерігається при куті понад 16° .

4 МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МЕТОДУ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

4.1 Методика проведення три факторного експерименту

Порівнявши значення теоретичних та експериментальних досліджень зіштовхнулись з багатьма факторами, які необхідно дослідити ще тому що вони впливають на роботу подріднювача органо-мінеральної суміші. Як головний процес якого ми досліджуємо є подрібнення то розгляне саме його.

Серед факторів, які впливають на якість подріблення ОМС можна виділити наступні: швидкість обертання перфорованого барабана і котків, товщина шару суміші, робочий кут нахилу, діаметр і довжина котків, діаметр і довжина барабана, діаметр і крок перфорації, вологість і липкість ОМС, тощо.

Бачимо, що спектр впливу досить великий тому пропонуємо звести увагу на основні факторах, які матимуть найбільший вплив це – зміна вологості ОМС W , яка може бути різною і утворитись в залежності від складу компонентів, діаметр котка D , та товщина ОМС h .

Таким чином, проводили трифакторний експеримент з зміною факторів на рівнях, які наведені у Додатку А. При дослідженнях що проводили використовували експериментальна установка виконана за схемою (рис. 2.1).

Кодування шуканих показників проводили для переведення значень у безрозмірні величини. Зв'язок між ними та натуральними значеннями величин факторів встановлювався залежностями [21]:

$$x_1 = \frac{W - W_0}{\varepsilon_1}, \quad x_2 = \frac{D - D_0}{\varepsilon_2}, \quad x_3 = \frac{h - h_0}{\varepsilon_3}, \quad (4.1)$$

де D_0 , W_0 , h_0 – значення факторів відповідно діаметр котка, вологість ОМС, товщина шару;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – інтервали варіювання.

Для три факторного досліджу повне квадратне рівняння має вид:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + \\ & + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Коефіцієнти регресії визначають за наступними формулами:

$$b_0 = \frac{1}{n_0} \sum_{u=1}^{n_0} y_{0_u}, \quad (4.3)$$

$$b_j = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n x_{ji} y_i, \quad (4.4)$$

$$b_{jr} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n x_{ji} x_{ri} y_i, \quad (4.5)$$

$$b_{jj} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n x_{ji}^2 y_i - \frac{1}{16} \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n x_{ji}^2 y_i + \frac{1}{2n_0} \sum_{u=1}^{n_0} y_{0_u}, \quad (4.6)$$

де u – порядковий номер досліджу;

n_0 – кількість дослідів;

r, j – номери фактора;

p – загальна кількість факторів;

i – номер дослідів;

n – загальна кількість дослідів;

y_i – значення функції відгуку в i -му досліді;

x_{ji}, x_{ri} – кодовані значення j -го чи r -го фактора в i -му досліді;

y_{0_u} – значення функції відгуку в u -му досліді в центрі плану.

Величину даного критерію Кохрена:

$$G^{pop} = \frac{S_{y_i \max}^2}{\sum_{i=1}^n S_{y_i}^2}, \quad (4.7)$$

де $S_{y_{max}}^2$ – найбільша із дисперсій.

$S_{y_i}^2$ – значення дисперсії, що характеризує хаотичність результатів в i -му досліді.

$$S_{y_i}^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{g=1}^m (y_{ig} - \bar{y}_i)^2, \quad (4.8)$$

де m – кількість повторностей;

g – номер повторності;

y_{ig} – результат g -ї повторності i -го досліді;

\bar{y}_i – середнє значення усіх повторностей i -го досліді.

Дисперсію відтворюваності експерименту визначали за результатами дослідів в центрі плану. Розраховані коефіцієнти, які мали незначні значення вважали незначущими та нехтували ними.

4.2 Результати дослідження багатofакторного експерименту

Обробка даних експерименту, здійснювалась за допомогою програми Mathcad 18. Правильність підбору дисперсій звіряли за критерієм Кохрена і перевіряли на відтворюваність. Оскільки $G^{exp} = 0,313 < G^{tab} (0,05; 15; 2) = 0,335$ то процес відтворюється і може використовуватись.

Після підстановки кодових значень досліджуваних і шуканих параметрів рівняння регресії набуло вигляду:

$$y = 12,761 + 0,4405x_1 - 5,4x_2 - 2,149x_3 - 0,32x_1^2 - 0,068x_2^2 + 0,0354x_3^2 + \\ + 0,078x_1x_2 + 0,133x_1x_3 + 0,305x_2x_3 \quad (4.9)$$

Перевірку адекватності даного рівняння виконували за критерієм Фішера. Розрахункове значення якого при дисперсії неадекватності $S_{(max)}^2 = 3,102$ і дисперсії відтворюваності досліді $S_y^2 = 0,028$ становило $F^{exp} = 2,189$, а табличне $F^{tab} (0,05; f_2; f_1) = 19,38$,

де $f_2 = 7$ – число ступенів вільності дисперсії неадекватності;

$f_1 = 2$ – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності

досліду.

З залежності, $F_{\text{повн}} = 2,189 < F_{\text{макс}}(0,05; f_2; f_1) = 19,38$,

встановлено, що гіпотеза адекватності підтверджується.

Остаточне рівняння набуло вигляду:

$$P = 12,751 + 0,4405W - 5,4D - 2,149h - 0,32W^2 - 0,068D^2 + 0,0354h^2 + \\ + 0,078WD + 0,133Wh + 0,305Dh \quad (5.25)$$

де W – вологість ОМС, %;

D – діаметр котка, мм;

h – товщина шару ОМС, мм.

За даним рівнянням отримали поверхні відгуку (рис. 4.1).

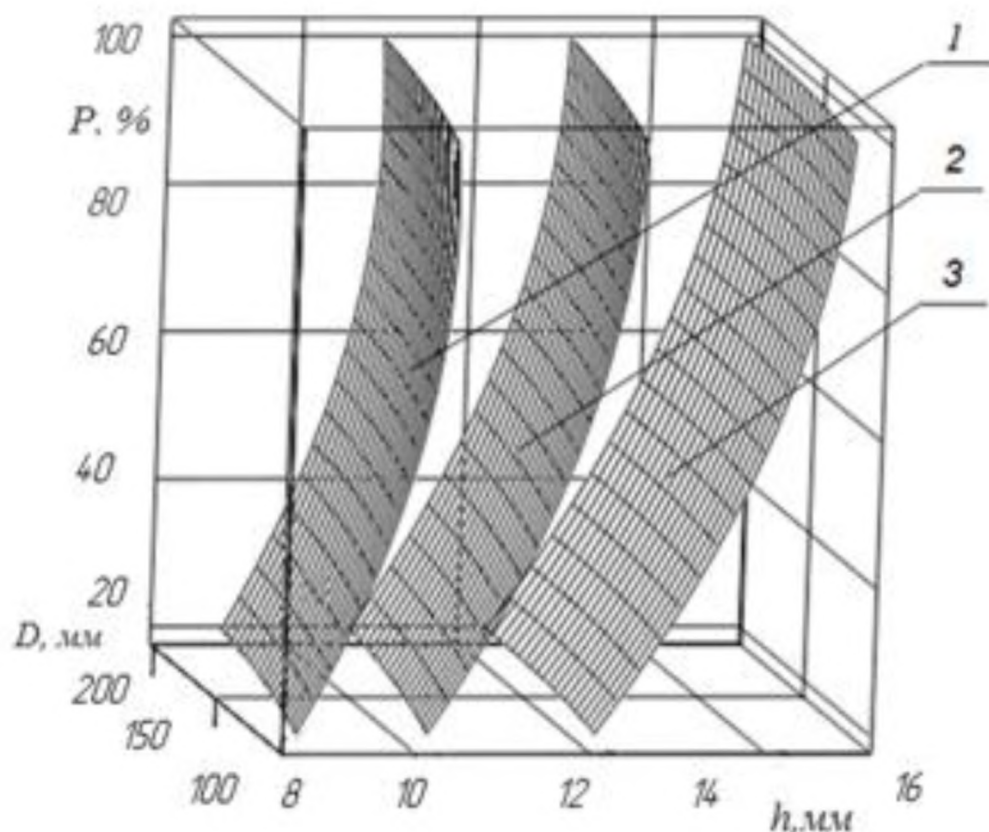


Рисунок 4.1. – Залежність зміни якості подрібнення ОМС, P від

діаметру ролика D та товщини шару ОМС h , за вологості ОМС: 1. – $W=58\%$; 2. – $W=65\%$; 3. – $W=70\%$

4.3 Висновки до розділу 4

За результатами розрахунків побудована поверхня відгуку показує, що всі досліджувані фактори мають вплив на якість подрібнення. Визначальним є те що за підвищеної вологості і збільшеної товщини шару ОМС показник подрібнення дещо погіршується, а значення діаметру барабану несуттєво впливає на процес. Тому рекомендуємо проводити подрібнення ОМС при вологості 70...74%, товщині шару 10...12мм та діаметрі котка 100мм.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У дослідженнях представлено літературний огляд джерел за тематикою формування частинок матеріалу з суцільної маси на основі якого запропоновано удосконалену технологію і обладнання для формування гранулеподібних частинок з в'язкого матеріалу з одночасним його просушуванням.

2. Шляхом проведення теоретичних обґрунтувань в роботі отримані рішення та рекомендації щодо створення машини для виробництва ОМД.

3. При дослідженні запропонованого процес формування частинок ОМС для подальшої їх обробки і виготовлення гранулеподібного продукту, отримано теоретичні залежності переміщення котка для навантаженої та розвантаженої зони переміщення котка по перфорованій циліндричній поверхні.

4. Проведення лабораторних досліджень забезпечувалось органічним сапропелем добутим з оз. Рогізне, а підготовку сировини проводили за допомогою природного відтікання в фільтраційному матеріалі з дослідженням найкращої фільтраційної тканини.

5. Показники, які отримані при визначенні липкості сформованої суміші з підготовленого сапропелю та мінералів, вказують на те, що вона несуттєво змінюється від часу перебування у взаємозв'язку матеріалом на який потрапляє і сушиться. З врахуванням досліджуваного матеріалу можна стверджувати, що найкращою нагрівальною поверхнею буде поверхня виготовлена з силуміну і покрита тефлоном. А час, за якого перебуватимуть частинки на ній може бути в межах 2...6 секунд.

6. Параметри першого подрібнення ОМС будуть залежати від діаметру отвору перфорованого циліндра встановлено, їх еквівалентний діаметр буде

становити 10...12мм, при діаметрі отвору 10мм, а отримані ОМД 5...8мм.

7.3 проведених експериментальних досліджень і побудованих поверхонь, за методикою багатофакторного експерименту, можна стверджувати, що всі запропоновані дослідні фактори мають вплив на якість подрібнення. Можна констатувати, що за підвищеної вологості і збільшеного шару ОМС, показник подрібнення дещо погіршується, що підтверджують і теоретичні обґрунтування. Параметри діаметру котка несуттєво впливає на процес, тому слід використовувати теоретичні розрахунки і враховувати швидкість і зусилля переміщення котка. Оптимальні параметри подрібнення ОМС при товщині шару 10...12мм, вологості 70...74%, та діаметрі котка 100мм.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бодак В.І. Розробка і дослідження механізмів для добування сапропелів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.01 / Бодак Володимир Іванович. – Луцьк, 1996. – С. 209.
2. Шабельник Б.П., Троянов М.М., Бойко І.Г. та ін. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /За ред. Бойка І.Г. – Харків, 2002. – 216с
3. Беккер В.А. Прямоточні випробування сушарки-складу зпошаровим завантаженням зерна. //Тр. ЛСХА. /Латв. с.г. акад., 1988. Вип. 250. - С. 91-94.
4. Омельченко О.О., Ткач В.Д. Довідник з механізації тваринницьких і птахівничих ферм і комплексів. - К., Урожай, 1982, 272 с.
5. Сацюк В.В. Обґрунтування параметрів процесу та засобу для приготування органо-мінеральної суміші. Дис. канд. техн. наук. – Луцьк, 2005. – 235 с.
6. Вілесов Н.Г. Процеси гранулювання у промисловості / Н.Г. Вілесов, В.Ч. Скрипко, О.Л. Ломазов, И.М. Панченко. – Київ: Техніка, 1976. – 192 с.
7. Булік Ю.В. Обґрунтування процесу і параметрів механізму для добування сапропелю: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Булік Юрій Володимирович. – Луцьк, 2005. – С. 135.
8. Тарасюк В.В. Розрахунок геометричних параметрів робочої поверхні засобу формування гранул органо-мінеральних добрив / В.В. Тарасюк, В.Ф. Дідух, І.В. Тараймович // Технологічні комплекси. Науковий журнал, Вип. 1 (3). – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. – С. 121-123.
9. Гевко Р.Б. Система машин і механізмів АПК / Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко, І.І. Павх. – Тернопіль, 2002. – 264с.

10. Соколов В.М. Машини для приготування і внесення добрив / В.М. Соколов, Ю.Г. Вожик, С.М. Донець, М.К. Лінник, Ф.П. Смаковський. – К.: Урожай, 1977. – 168с.
11. Писаренко Г.С. Довідник з опору матеріалів / Г.С. Писаренко и ін. – К.: Наукова думка, 1988. – 739с.
12. Бойко И.В. Методи вирішення задач з оптимізації / И.В. Бойко, Б.Н. Бублик, П.Н. Зінько – К.: 1983. – 245с.
13. Шевчук М.И. Сапропелі України. Запас, якість і використання органіно-мінеральних добрив // Вісник аграрної науки, 2000, №2. – С. 24 – 28.
14. Дозування сипких зв'язних матеріалів під час виробництва органіно-мінеральних добрив [Текст]: монографія / І. Є. Цизь, В. Ф. Дідух. - Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2017. - 185 с.
15. Хомич С.М. Обґрунтування параметрів забірної пристрою засобу для добування сапропелю: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Хомич Сергій Миколайович. – Тернопіль, 2014. – 190 с. 7
16. Фурдичко О.І., Дем'янюк О.С. Еколого-економічні особливості використання природних ресурсів в аграрному виробництві України. Агроекологічний журнал. 2013. № 3. С. 7–12.
17. Коніщук В.В., Коніщук М.О., Булгаков В.П. та ін. Аналіз видів сапропелю для рекультивациі деградованих земель України. Агроекологічний журнал. 2015. № 1. С. 83–92.
18. Booth C.A., Baksiene E., Fullen M.A., Ciunys A. Long-term agrochemical dynamics: engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics*. 2007. (2). P. 108–116.
19. Національна асоціація добувної промисловості України. URL: <http://neiau.org/sapropeli-poryatumokgruntu-ta-dzherelo-dlya-valyutnyh-nahhodzhen/>
20. El-sayed M.E.A., Soliman G.M.M., Ahmed A.F. Impact of silicon and humic acid application under water stress condition on some bread wheat cultivars and some soil properties. *Assiut J. Agricult. Sci.* 2018. 49 (4). P. 138–157.

21. Thalooth F.M., Manal A.T., Amal G., Ahmed H., Mohamed Magda, Elewa T.A. Evaluation of the effect of chemical fertilizer and humic acid on yield and yield components of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) grown under newly reclaimed sandy soil. *Int. J. of Chem. Tech. Res.* 2016. 9 (8). P. 154–161

Додатки

