

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

Войтік А.В.
“ ____ ” _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи

магістр
(освітній рівень)

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ СУМІШЕЙ
ДОБРИВ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 м-з-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія

Пожеванов Юрій Дмитрович
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
Войтік А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
Березовський А.П.
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
 Спеціальність 208 Агроінженерія
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
Войтік А.В.
 “ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пожеванову Юрію Дмитровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження процесу приготування сумішей добрив»
 керівник роботи Войтік А.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 09 ” листопада 20 23 р. № 01-06/256

2. Строк подання студентом роботи 30.11.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості добрив; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для приготування та внесення добрив.

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

аналіз існуючих способів та засобів для внесення комплексних добрив, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення впливу процесу приготування сумішей добрив на якість виконання операції; обґрунтування конструктивних параметрів машини; дослідження якісних показників роботи запропонованої машини; розробка заходів з охорони праці; визначення ефективності застосування розробленої машини.

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

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

РЕФЕРАТ

Пожеванов Ю.Д. Дослідження процесу приготування сумішей добрив (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2023. – 58 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для приготування сумішей добрив.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів робочих органів машини для приготування сумішей добрив на якість їх внесення.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу застосування комбінованих добрив шляхом обґрунтування параметрів робочих органів машини для приготування сумішей добрив.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для приготування сумішей добрив. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено вплив оптимальні умови для приготування органо-мінеральних добрив. Визначено оптимальні геометричні параметри лотків машини для приготування сумішей ОМД. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи пристрою для приготування сумішей добрив.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники економічної ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: добрива, суміш, лоток, поверхня, транспортер, компонент.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА ЗАСОБУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ОМС	13
2.1. Аналіз процесу приготування ОМС	13
2.2. Теоретичні дослідження формування вхідного потоку компонентів у засіб для приготування ОМС	18
Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
3.1. Програма експериментальних досліджень	30
3.2. Лабораторне обладнання, прилади та апаратура для проведення досліджень	32
3.3. Гранулометричний склад компонентів ОМС	43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	51
Загальні висновки.....	55
Список використаної літератури.....	56

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва найбільш прогресивним способом, що дає змогу не тільки підвищити врожайність культур, але й зменшити техногенний тиск на навколишнє середовище, є система точного землеробства. Одним із аспектів такої системи землеробства є впровадження нових видів добрив, серед яких особливою ефективністю відрізняються органо-мінеральні добрива (ОМД). Для досягнення високих результатів система точного землеробства передбачає застосування локального внесення ОМД.

На сьогодні створені ОМД на основі торфу, вулканічних порід, курячого посліду та інших матеріалів. Потенційним цінним природним ресурсом органічної речовини для сучасного і перспективного використання в різних галузях народного господарства, в тому числі для виробництва ОМД, є сапропелі, балансові запаси яких в Україні становлять 140 млн. т. в перерахунку на 60–відсоткову вологість.

Технологія виробництва ОМД передбачає підготовку компонентів за гранулометричним складом, дозування компонентів, приготування органо-мінеральної суміші (ОМС), грануляцію ОМС, сушіння гранул, виділення товарної фракції. Створені експериментальні цехи не дають бажаного результату, оскільки при роботі отримується лише 30% товарної фракції. Аналіз процесу виробництва ОМД показує, що важливим чинником, який сприяє підвищенню виходу товарної фракції є використання для грануляції однорідної дрібнодисперсної ОМС. Відомі пристрої не здатні забезпечити якісне приготування ОМС за прийнятних техніко-економічних показників. Тому розробка засобу для приготування ОМС, який задовольняє вимоги при підготовці суміші перед гранулюванням у технологічних лініях з виробництва ОМД, є актуальним і своєчасним питанням для сільського господарства України.

Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

У комплексі факторів, що сприяють формуванню високого урожаю сільськогосподарських культур із належними якісними показниками, провідна роль належить родючості ґрунтів. Підвищення родючості ґрунту забезпечується як правильними науково обґрунтованими сівоzmінами, так, і значною мірою, системою удобрення.

Відповідно до рекомендацій щодо ефективного використання добрив під сільськогосподарські культури, для забезпечення урожаю зернових культур 30-40 ц/га, цукрових буряків – 350-400 ц/га, картоплі – 150-200 ц/га, льоноволокна – 6-10 ц/га [4], поживні елементи необхідно вносити згідно з таблицею 1.1.

Таблиця 1.1

Дози внесення поживних елементів під основні сільськогосподарські культури

Культури	Дерново-підзолисті, ясно-сірі та сірі опідзолені ґрунти			
	N, кг/га	P ₂ O ₅ кг/га	K ₂ O, кг/га	Кількість рослин, що культивується, штук/га*10 ⁶
Озима пшениця	90	60	90	4,5-5,5
Озиме жито	60	40	90	5,0-5,5
Ярі зернові	60	40	60	3,5-4,5
Кукурудза	150	90	90	0,035–0,045
Зернобобові	20	40	60	1,1-1,3
Гречка	40	30	40	2,5–3,5
Картопля	90	60	120	0,05–0,055
Льон-довгунець	45	60	120	20-25
Цукрові буряки	180	120	200	0,1–0,12

Мінеральні добрива, незважаючи на свою високу ефективність, тільки частково засвоюються рослинами. Згідно з літературними джерелами [1, 2, 8, 9], із мінеральних добрив рослини засвоюють біля 50% азоту, до 20% фосфору, і не більше 60% калію. Нераціональне використання засобів хімізації негативно впливає на оточуюче середовище, що призводить до зміни хімічного

складу рослин та їх плодів, а також до засолення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод [2, 8, 10].

Одним із найбільш прогресивних способів вирішення проблеми підвищення ефективності й екологічної безпеки добрив є виробництво ОМД [1, 2, 8, 10, 11, 14].

ОМД – комплексні добрива, складовими компонентами яких є основні елементи мінерального живлення рослин (азот, фосфор, калій), мікро-добавки та органічна речовина (торф, сапропель, буре вугілля та ін.).

Перші спроби виробництва ОМД здійснив у 30-х роках професор С.С. Драгунов. Він запропонував амонізувати торф газоподібним аміаком, а незв'язаний гуміновими кислотами надлишок аміаку нейтралізувати фосфорною кислотою. Отриманий продукт С.С. Драгунов назвав гумоаммофосом [15].

Світовій практиці відомо чимало технологій виробництва ОМД. Загалом, технологія виробництва ОМД передбачає підготовку компонентів за гранулометричним складом, їх дозування та змішування, грануляцію суміші, сушіння, сепарацію й складування гранул [1, 5, 15, 19, 20].

У практиці застосовується широкий асортимент ОМД: у Франції – гумобі та гумат-рекс, Угорщині – біогум, Чехії – вітагум, Австрії – фольгумон, Німеччині – гумінал [2, 15].

Порівняно із звичайним роздільним внесенням мінеральних та органічних добрив, застосування ОМД має більш високу ефективність [1, 8, 9, 11, 14, 15]. Перевагою ОМД є не тільки великий вміст поживних речовин, але й взаємодія складових елементів, у результаті чого покращуються фізико-хімічні та агробіологічні властивості ОМД [20].

ОМД виготовляють у вигляді сумішей, компостів, гранул.

Гранульовані ОМД мають ряд переваг перед сумішами та компостами і, у зв'язку з цим, відрізняються більш високою ефективністю. ОМД не злежуються при зберіганні, мають понижено гігроскопічність, не пилять, що значною мірою покращує гігієну праці обслуговуючого персоналу, зменшує забруднення навколишнього середовища; зберігають сипучість, високу міцність та щільність гранул, а це дає змогу вносити їх із великою точністю й рівномірністю разом із насінням у рядки за допомогою сіялок. Відповідно, знижується вартість внесення туків, зменшується кількість проходів висівної техніки по полю [1, 19].

Гранульовані ОМД сприяють накопиченню гумусу й поживних речовин у ґрунті, більш ефективно засвоюються рослинами, оскільки поживні речовини поступово вимиваються при мінералізації упродовж усього вегетаційного періоду не утворюючи надмірно високих концентрацій. Крім того, ОМД можуть бути легко застосовані для різних ґрунтово-кліматичних зон.

Гранульовані ОМД, у результаті зменшення в 1,5-2 рази долі поверхні гранул, що припадає на мінеральні компоненти, дозволяють знизити можливість безпосереднього контакту мінеральних туків із поверхнею робочих органів сільськогосподарських машин і, відповідно, зменшити корозійну й абразивну дію. За даними досліджень Г.П. Вірясова [20], порівняно з мінеральними добривами, гранульовані ОМД продовжують в 1,5-2 рази термін служби робочих органів і бункерів сільськогосподарських машин, виготовлених із вуглецевої сталі.

У гранулах ОМД роль безперервної матриці відіграє органічна речовина, а дисперсної фази – мінеральні добрива, третім елементом є міжфазний адгезійний шар – продукт взаємодії мінеральних добрив з органічними зв'язуючими і одних з одними. Органічна речовина рівномірно розподіляється по об'ємові гранул, утворюючи органічний каркас, який запобігає передчасному вимиванню поживних речовин із комірок матриці [19, 20].

Суттєвою особливістю ОМД є те, що при внесенні їх у ґрунт, змінюється взаємодія добрив із мікрофлорою. За даними досліджень Н.С. Авдоніна [1], при використанні ОМД корені рослин пронизують орґано-мінеральні гранули і використовують поживні речовини безпосередньо із гранул, на відміну від застосування чистих мінеральних добрив, гранули яких обминаються коренями рослин.

Біологічні особливості сільськогосподарських рослин, велика різноманітність ґрунтів обумовлюють використання добрива з різними співвідношеннями у них азоту, фосфору й калію. Тому постає необхідність застосування добрив із науково обґрунтованим співвідношенням поживних елементів, тобто добрив гнучкого складу [6, 9].

Розроблено технологію виробництва ОМД, яка дозволяє варіацію мінеральних компонентів у складі добрив, залежно від аналізу біоактивності ґрунту (рис. 1.1).

Визначальним критерієм при застосуванні будь-яких видів добрив є формування стабільного урожаю і високої якості продукції сільськогосподарських рослин. Проведені науковими установами дослідження засвідчують не тільки значне підвищення урожаю за рік застосування ОМД, але й сильну післядію їх під наступними культурами сівозміни (табл. 1.2).

Дані біохімічних аналізів показують, що під дією ОМД покращується якість урожаю різних культур, тим самим збільшується збір із гектара посіву білка, цукру, жиру й інших цінних речовин (табл.1.3). Поряд із цим, ОМД на основі сапропелю сприяють зменшенню міграції радіонуклідів із ґрунту в рослини [9, 15].

Основні елементи мінерального живлення рослин - азот, фосфор, калій, які є складовими компонентами ОМД.

Азоту належить провідна роль у підвищенні урожайності сільськогосподарських культур, що обумовлено його надзвичайно важливим значенням у житті рослини. На азот припадає 16-18% ваги білка, а білкові

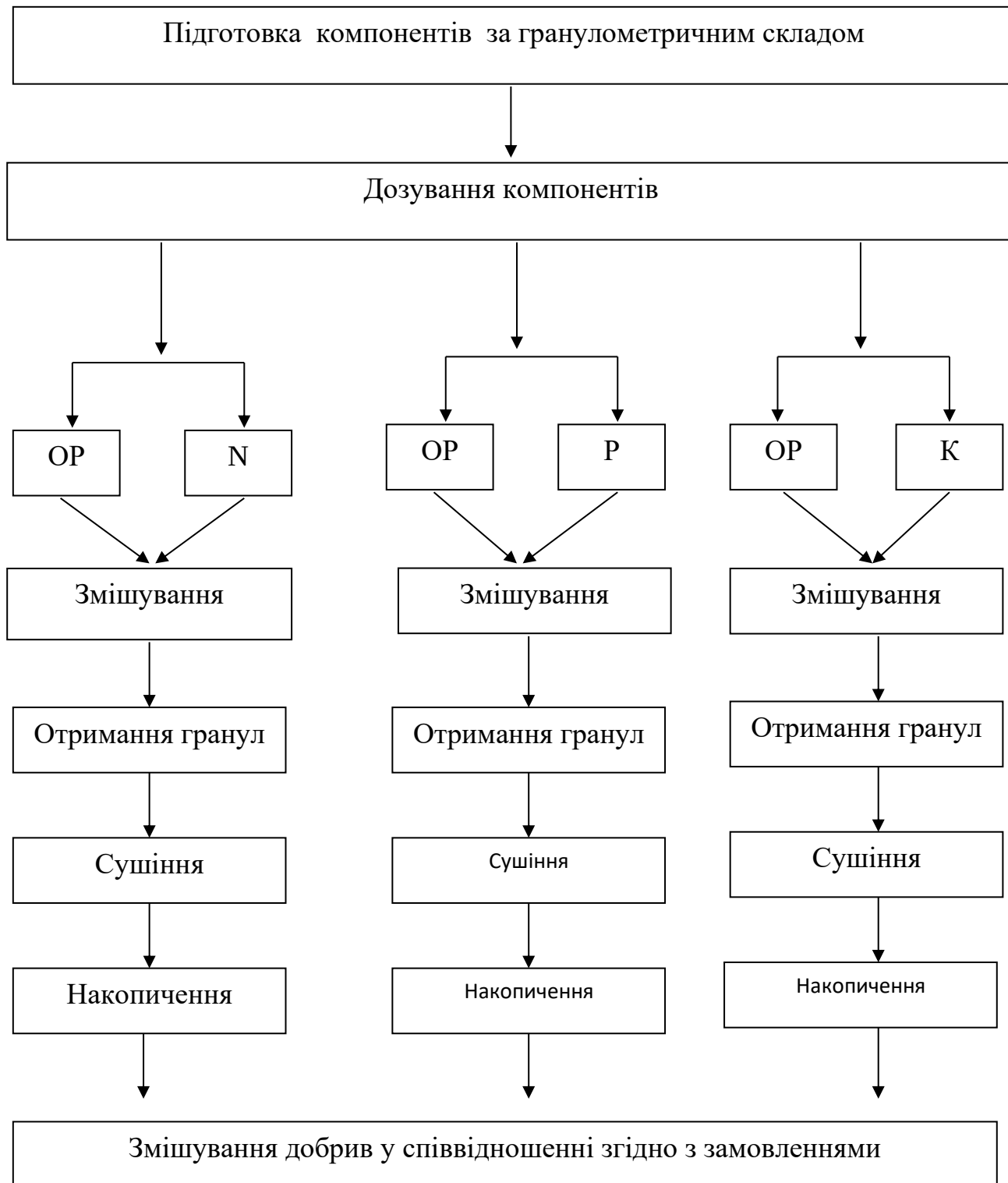


Рисунок 1.1 – Структурна схема технологічного процесу виробництва ОМД

Таблиця 1.2

Вплив гранульованих ОМД на урожайність сільськогосподарських культур

№ п/п	Варіанти дослідів	Картопля			Озиме жито		
		Урожай- ність, ц/га	Приріст до контролю		Урожай- ність, ц/га	Приріст до контролю	
			ц/га	%		ц/га	%
1	Контроль (без добрив)	119	-	-	17,6	-	-
2	ОМД – 1; 2 т/га в розкид	168	49	41,2	22,5	4,9	27,8
3	ОМД – 1; 2 т/га локально	183	64	53,8	19,6	2,0	11,4
4	ОМД – 1; 1 т/га локально	172	53	44,5	20,0	2,4	13,6
5	ОМД – 2; 2 т/га в розкид	187	68	57,1	28,1	10,5	59,7
6	ОМД – 2; 2 т/га локально	206	87	73,1	25,5	7,9	44,9
7	ОМД – 2; 1 т/га локально	191	72	60,5	21,6	4,0	22,7
8	ОМД – 3; 2 т/га в розкид	158	53	32,8	20,8	3,2	18,2
9	ОМД – 3; 2 т/га локально	183	64	53,8	19,2	1,9	9,1
10	ОМД – 2; 2 т/га в розкид (механічна суміш)	147	28	23,5	19,8	2,2	12,5
11	ОМД – 2; 2 т/га локально (механічна суміш)	158	39	32,8	18,9	1,3	7,4

Примітка: ОМД –1 - сапропель, сечовина, суперфосфат, хлористий калій;

ОМД –2 - сапропель, сечовина, зернисті фосфорити, калімагnezія;

ОМД –3 - торф, сечовина, суперфосфат, хлористий калій

Таблиця 1.3

Вплив гранульованих ОМД на якісні показники бульб картоплі

№ п/п	Варіанти досліду	Товар- ність бульб, %	Вітамін “С”, мг/%	Місткість в 1 кг					
				Крох- малю, %	N, г	P, г	K, г	Перетрав- леного протеїну, г	Кормових одиниць, кг
1	Контроль (без добрив)	28	13,52	15,43	17,0	0,63	5,5	19	0,27
2	ОМД – 1; 2 т/га в розкид	57	14,07	15,06	19,2	0,51	5,7	19	0,27
3	ОМД – 1; 2 т/га локально	77	13,43	15,45	22,4	0,39	3,6	15	0,28
4	ОМД – 1; 1 т/га локально	70	13,24	14,87	19,5	0,44	4,9	21	0,27
5	ОМД – 2; 2 т/га в розкид	71	15,25	14,79	19,8	0,48	4,0	14	0,27
6	ОМД – 2; 2 т/га локально	74	15,78	14,48	21,4	0,49	4,3	17	0,29
7	ОМД – 2; 1 т/га локально	70	14,96	14,92	20,3	0,49	4,8	16	0,30
8	ОМД – 3; 2 т/га в розкид	62	14,17	13,82	24,7	0,43	5,1	11	0,29
9	ОМД – 3; 2 т/га локально	65	13,84	14,30	19,6	0,47	4,9	12	0,27
10	ОМД – 3; 2 т/га в розкид (механічна суміш)	60	13,56	14,15	23,2	0,51	5,0	15	0,23
11	ОМД – 2; 2 т/га локально (механічна суміш)	42	13,87	15,88	21,5	0,53	5,1	15	0,29

Примітка: ОМД –1 - сапропель, сечовина, суперфосфат, хлористий калій;

ОМД –2 - сапропель, сечовина, зернисті фосфорити, калімагnezія;

ОМД –3 - торф, сечовина, суперфосфат, хлористий калій

речовини – головна складова частина протоплазми, без якої неможливе життя [3, 5, 6, 14].

Для нормального розвитку рослин необхідна достатня кількість фосфору, який за своїм значенням поступається лише азоту. Фосфор входить до складу протоплазми і є складовою частиною білків, він входить також до складу багатьох ферментів, якими регулюються біохімічні процеси рослинних і тваринних організмів. За участю фосфорних сполук проходить дихання рослин і синтез вуглеводів. Нормальне фосфорне живлення значно підвищує урожай сільськогосподарських культур та покращує їх якість, сприяє збільшенню фосфору в овочах, плодах, коренеплодах, підвищує зимостійкість рослин, прискорює їх розвиток та дозрівання.

Калій, як і азот та фосфор, відносять до елементів, що відіграють у житті рослин винятково важливу роль. Із усіх зольних елементів, кількість калію в рослинах найбільша. Він сприяє активності синтезуючих систем рослинної клітковини. Недостатня кількість калію у посушливу погоду прискорює в'янення рослин, призупиняє перетворення простих цукрів у більш складні, гальмує синтез білка. Калій здійснює вплив на умови азотного живлення рослин. Пригнічення, викликані надзвичайно високими дозами азоту, ліквідовують підвищенням дози калійних добрив. Вміст калію в ґрунтах, залежно від його механічного складу, коливається від 0,7 до 2-4%.

Дослідженнями багатьох вчених встановлено, що включення мікроелементів до складу комплексних добрив підвищує швидкість проходження біохімічних процесів у живому організмі, сприяє синтезу ферментів, вітамінів, а також їх активізації, цим самим сприяючи значному зросту урожаю сільськогосподарських культур.

Аналіз результатів використання ОМД дозволив зробити висновок, що виробництво комплексних гранульованих ОМД, на основі сапропелю, торфу, і впровадження цих добрив у практику сільськогосподарського виробництва підвищують ефективність використання мінеральних туків, зменшують втрати при транспортуванні, зберіганні, внесенні в ґрунт та покращують фізико-механічні й агробіологічні властивості добрив.

Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА ЗАСОБУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ОМС

2.1. Аналіз процесу приготування ОМС

Як зазначалось вище, однією з операцій у технологічному процесі виробництва ОМД, яка суттєво впливає на їх якість, являється приготування ОМС.

Приготування багатокомпонентних ОМС – складний механіко-хімічний процес, в якому механічні процеси змішування (гомонізація), диспергування (диспергуючого змішування) відбуваються одночасно із зміною молекулярних параметрів, з хімічними перетвореннями (формування адгезійного шару – продукту взаємодії мінеральних добрив з органічними зв'язуючими і одних з одними).

Під змішуванням розуміють процес, в результаті якого компоненти, що перебувають роздільно у початковому стані, після рівномірного розподілення кожного із них у змішувальному об'ємі, утворюють однорідну суміш.

Диспергуюче змішування – процес, в результаті якого проходить зменшення розмірів частинок компонентів, а також відбувається збільшення статистичного безпорядку їх розподілу.

Технологічні лінії з виробництва ОМД потребують засобів, що забезпечують:

- високий ступінь дрібнодисперсності та однорідності суміші, при мінімальних питомих затратах енергії;
- миттєве змішування компонентів ОМС;
- високу продуктивність при порівняно невеликих габаритних розмірах;
- можливість їх застосування для приготування

багатокомпонентних сумішей;

- простоту обслуговування і надійність роботи;
- повну механізацію та автоматизацію процесу приготування

ОМС.

Із аналізу конструкцій відомих засобів для приготування сумішей, наведеного в п.1.3 слідує, що процес змішування здійснюється двома шляхами: вільним змішуванням (шляхом обертання резервуару, в який завантажені компоненти, що потребують змішування) та змішуванням примусової дії (резервуар перебуває в стані спокою, а процес змішування здійснюється безпосередньо під дією робочого органу).

Згідно з висновками, наведеними Н.І. Наумцем [87], найбільша ефективність згаданого процесу досягається при застосуванні змішувачів примусової дії для змішування дрібнодисперсних матеріалів, а змішувачів вільної дії – для компонентів фракцій більшого розміру. Фракції сапропелю, з усіх складових компонентів ОМС, мають найбільш широкий діапазон розмірів. Результати досліджень гранулометричного складу сапропелю показують (п.4.1), що розмір частинок, які складають 50% матеріалу, $d_{50}=1,8$, а коефіцієнт неоднорідності становить $K_n=5,5$. Тому, відповідно до висновків Н.І. Наумця, для приготування ОМС, необхідно застосовувати пристрої примусової дії.

Більшість теоретичних досліджень, проведених різними авторами, спрямовані на моделювання процесу приготування суміші, що відбувається безпосередньо у самому пристрої, без урахування при цьому структури вхідного потоку компонентів. У той же час, початкове розміщення компонентів та вихідна орієнтація поверхні їх контакту відносно напрямку руху робочих органів, суттєво впливають на якість процесу приготування суміші, особливо для пристроїв безперервної дії.

Процес змішування супроводжується зростанням поверхні контакту компонентів. Тому, за критерій оптимізації вхідного потоку компонентів можна прийняти площу поверхні їх контакту S . Для забезпечення високої

якості ОМС, при низькій тривалості та енергоємності процесу приготування суміші, критерій оптимізації повинен задовольняти умову:

$$S \rightarrow S_{\max}. \quad (2.1)$$

Оскільки компоненти у засіб для приготування ОМС подаються одночасно безперервним потоком, то виконання умови (2.1) можна досягти тонким нашаруванням компонентів вхідного потоку. Для нашарування компонентів раціональним є застосування стрічкових транспортерів. Компоненти, після виходу із дозуючих пристроїв, послідовно нашаровуються на стрічку транспортера (рис.2.1). Для сталого об'єму матеріалу площа поверхні контакту компонентів збільшується при зменшенні товщини шару h_1 .

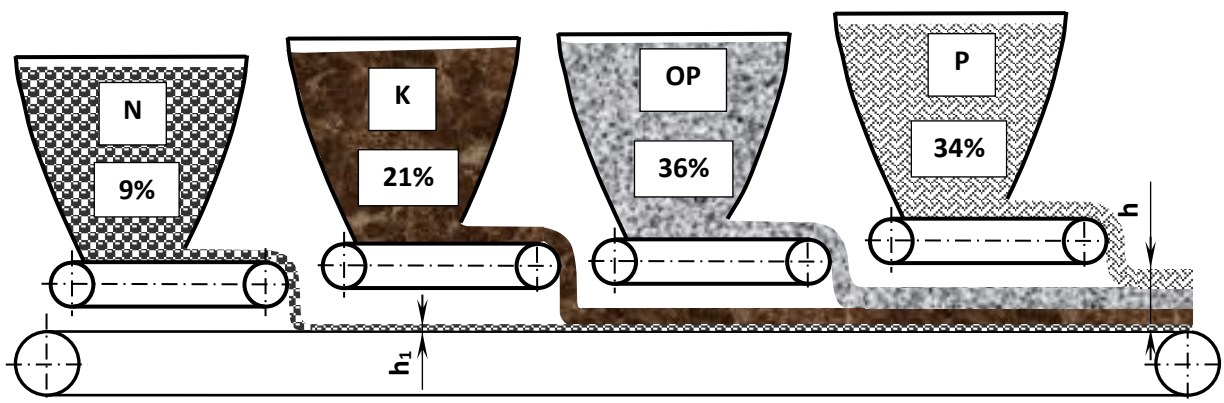


Рисунок 2.1 – Схема нашарування компонентів із дозуючих пристроїв на стрічковий транспортер: N – сечовина; K – калімагnezія; ОР – органічна речовина (сапропель); Р – фосфорити

Вихідна орієнтація поверхні контакту компонентів, відносно напрямку руху робочих органів засобу для приготування суміші, повинна бути такою, щоб при проходженні через пристрій поверхня контакту компонентів збільшувалась максимально.

Вплив початкової орієнтації поверхні контакту компонентів, на інтенсивність процесу змішування, відносно вектора переміщення, відображений на рис. 2.2.

Елементарні об'єми двох компонентів А та Б представлені у вигляді двох прямокутних паралелепіпедів із спільною поверхнею контакту. Для визначення оптимального розміщення поверхні їх контакту розглянемо

чистий зсув елементарних об'ємів компонентів А та Б по площадках паралельних площинам XOY , YOZ та XOZ . Як характеристикою деформації скористаємося вектором переміщення $U(x,y,z)$, який визначений у всьому об'ємі недеформованого матеріалу. Поверхня контакту збільшується максимально і, відповідно, процес змішування проходить найбільш інтенсивно, якщо вихідна поверхня контакту компонентів орієнтована перпендикулярно до вектора переміщення (рис.2.1а). У випадку, коли поверхня контакту орієнтована паралельно вектору переміщення (рис.2.2 б,в), збільшення поверхні контакту мінімальне, що спричиняє найнижчу інтенсивність процесу змішування.

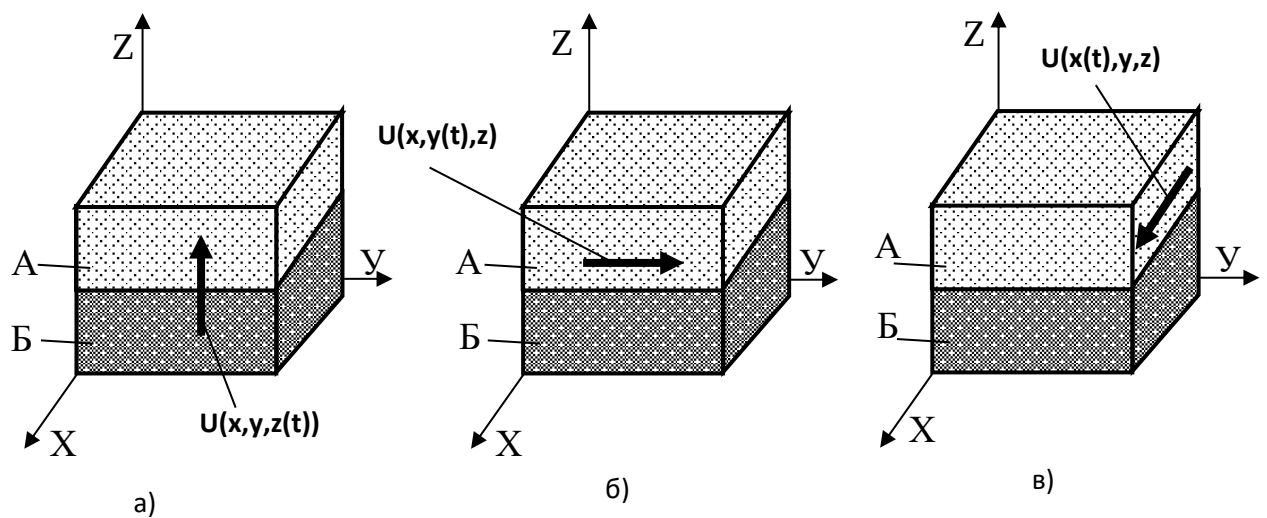


Рисунок 2.2 – Структурно-векторне зображення вихідної орієнтації поверхні контакту компонентів по відношенню до вектора переміщення

Із вищевикладеного випливає, що структура вхідного потоку у засіб для приготування суміші ідеальна, коли товщина шару компоненту $h_1 \rightarrow d_{50}$ (де d_{50} - діаметр частинок, які складають 50% за масою матеріалу), при $S \rightarrow S_{\max}$, а поверхня контакту компонентів – перпендикулярна до напрямку її деформації. Модель процесу змішування під дією деформацій зсуву чотирьохкомпонентної суміші представлена на рис. 2.3.

Сформульований підхід до синтезу засобів для приготування ОМС дає підстави стверджувати, що робочі органи повинні забезпечити компонентам деформації зсуву, які забезпечують зменшення початкових розмірів

компонентів. Зменшення фракцій компонентів супроводжується процесом вирівнювання концентрацій.

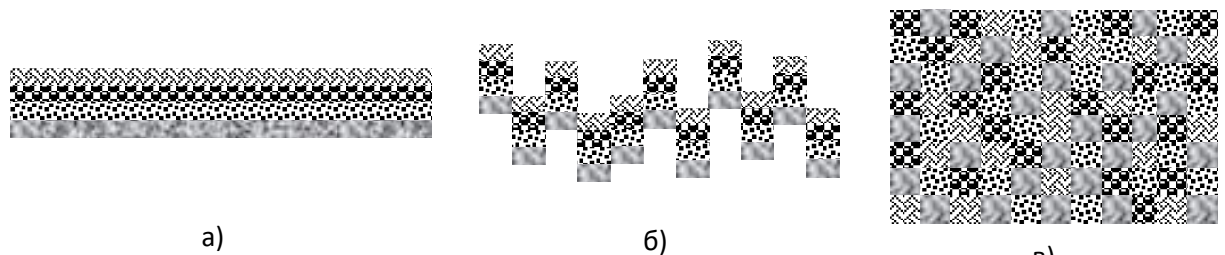


Рисунок 2.3 – модель процесу змішування чотирьохкомпонентної суміші під дією деформації зсуву:

-  – компонент А;
  – компонент В;
  – компонент С;
  – компонент D;
- а – початкове розміщення частинок компонентів;
- б – зміна розміщення компонентів під дією деформації зсуву;
- в – розміщення компонентів у готовій суміші

Отже, можна зробити висновок, що для побудови математичної моделі процесу приготування ОМС необхідно розглянути останнє як сукупність таких процесів:

- формування вихідного потоку компонентів стрічковим транспортером;
- рух потоку компонентів на скатних лотках;
- взаємодія лопатевого робочого органу із сумішшю компонентів.

2.2. Теоретичні дослідження формування вхідного потоку компонентів у засіб для приготування ОМС

Для зменшення кількості матеріальних затрат та часу на розробку та дослідження машини, є необхідним створення математичної моделі. Одним із складових процесів, які необхідно розглянути при обґрунтуванні параметрів робочих органів засобу для приготування ОМС, є формування вихідного потоку компонентів стрічковим транспортером.

Відомі результати досліджень цього питання засновані на моделі матеріальної частинки [11, 12]. Така модель дозволяє отримувати математичні вирази, до яких входять фізико-механічні властивості розглядуваного матеріалу, без урахування сил зв'язності між частинками. Ці дослідження відносяться до ідеалізованих сипких матеріалів (питоме зчеплення частинок $c = 0$).

Результати дослідження фізико-механічних властивостей ОМС та її компонентів (див. п.4.3) вказують на наявність сил зчеплення між частинками.

Для сипких зв'язних матеріалів закон Кулона, що виражає граничний опір зсуву від нормального тиску описується рівнянням [15]:

$$\tau = c + f_0 \sigma, \quad (2.2)$$

де c - питоме зчеплення частинок;

σ - нормальний тиск;

f_0 - коефіцієнт внутрішнього тертя.

У такому випадку матеріал розглядається як сипке суцільне середовище. Використання складної моделі опису руху матеріалу, приймаючи його за сипке суцільне середовище, через складність процесів, що відбуваються при приготуванні ОМС, вимагає громіздкого математичного апарату.

Тому виникає необхідність досліджень, заснованих на моделі частинки із приведеними параметрами та з урахуванням сили зчеплення частинок. Відома модель матеріальної частинки із приведеними параметрами (див. п.1.4) не враховує силу зчеплення частинок.

Відповідно до агрономічного, органо-мінеральні добрива (ОМД) є багатокомпонентними за своїм складом. Як показують результати досліджень, фізико-механічні властивості складових компонентів ОМС відмінні одні від інших. Через неоднорідність складових компонентів ОМС, обґрунтувати параметри робочих органів засобу для приготування ОМС, використовуючи аналітичні залежності, неможливо без використання відповідних допущень. Тому, подальші теоретичні дослідження проведемо при таких допущеннях:

- переміщення компонентів ОМС на поверхнях робочих органів розглянемо, використавши модель руху частинки із приведеними параметрами з урахуванням сили зчеплення частинок;
- товщина шару компонентів ОМС h^* , при якій рух цього шару можна ще розглядати як рух частинки масою m , рівна $h^* = 0,05m$.
- ОМС та її компоненти складаються із дискретних абсолютно твердих частинок кулястої форми масою m , діаметром d_{50} , та кутом вкладання α_0 ;
- частинка зчеплена із іншими частинками, з приведеною силою c' ;
- частинка ковзає на площині тертя ($\varphi_0 < \varphi$, де φ_0 - кут внутрішнього тертя матеріалу, φ - кут зовнішнього тертя цього ж матеріалу);
- площини тертя мають прямокутну форму;
- лінійна швидкість руху частинки ОМС, при транспортуванні її стрічковим транспортером, рівна швидкості стрічки останнього;
- середня швидкість руху частинок ОМС поперечного січення потоку матеріалу рівна швидкості частинки M , що перебуває у цьому ж січенні;
- удар частинки при її падінні вважаємо абсолютно не пружним;
- опором повітря нехтуємо.

Розглянемо елемент шару суміші (рис.2.4.). Шар складається із нижнього (частинки 2, 3) проміжного (частинка 1) та верхніх рядів (на рис.2.4. верхні ряди умовно не показані). Частинки суміші мають силу зчеплення між собою dC . В точках контакту A_2 та A_3 частинки 1 з частинками 2 та 3 виникають нормальні реакції N_{12} та N_{13} і сили тертя $F_{тр.21}$ та $F_{тр.31}$. Реакції N_{12} та N_{13} відхиляються від нормалі на кут внутрішнього тертя φ_0 . На частинку 1 діє осьова сила. Осьова сила рівна силі ваги m_0g частинок верхніх рядів. Крім того, на частинку 1 діє сила власної ваги mg .

Загальна сила ваги, що діє на частинку 1 (рис. 2.4), масою m становить:

$$G_1 = (m_0 + m)g = m'g = mg', \quad (2.3)$$

де m' - приведена маса частинки;

g' - приведені значення прискорення вільного падіння.

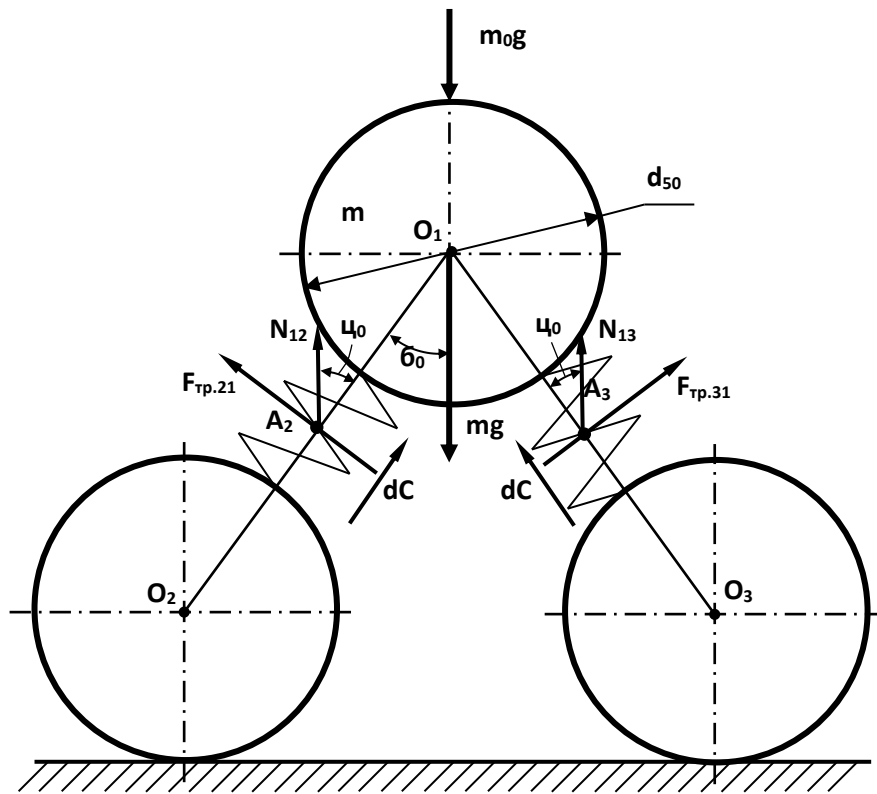


Рисунок 2.4 – Механізм дії сил між частинками суміші

Для визначення g' з достатньою для практичних розрахунків точністю, можна використати залежності, наведені в [16] (див. п.1.4).

Для розгляду закономірностей руху середнього 1 та верхніх шарів матеріалу відносно нижнього шару 2-3 скористаємося моделлю частинки з приведеними параметрами враховуючи, силу зчеплення частинок (рис.2.5). При цьому, нижній шар поводить себе як тверде тіло. На поверхні контакту середнього та нижнього рядів виникає сила тертя $F_{тр1}$.

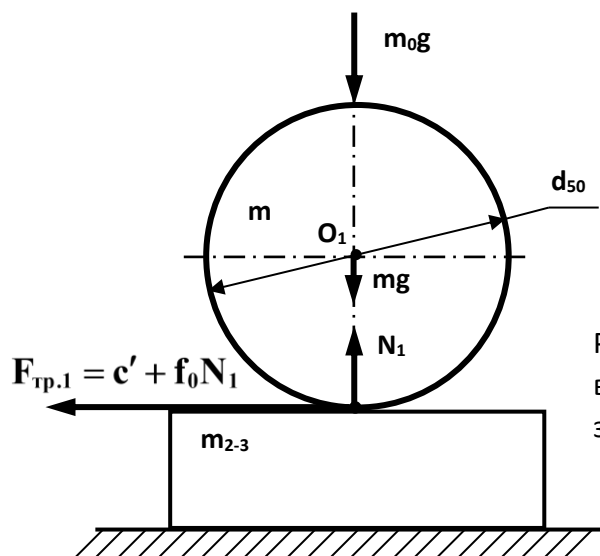


Рисунок 2.5 – Модель шару матеріалу, що враховує силу ваги його верхніх частин та силу зчеплення частинок

На основі аналізу рівняння Кулона для сипких зв'язних матеріалів, можна зробити допущення, що зв'язок між силою тертя $F_{\text{тр},1}$ при відносному русі 1-ї частинки та приведеною силою зчеплення частинки c' , матиме вигляд:

$$F_{\text{тр},1} = c' + f_0 N_1, \quad (2.4)$$

де N_1 - нормальна реакція.

Значення приведеної сили зчеплення частинки c' визначаємо, виходячи з припущення, що питома зчеплення частинок c рівномірно розподіляється між частинками:

$$c' = \frac{c}{q}, \quad (2.5)$$

де c' – приведена сила зчеплення частинки;

c – питома зчеплення частинок;

q – кількість частинок розміщених в січені матеріалу площею 1 м^2 .

Враховуючи зроблене допущення про форму площини тертя, кількість частинок, які розміщені в січенні матеріалу площею 1 м^2 , становить:

$$q = q_L q_b, \quad (2.6)$$

де q_L, q_b - кількість частинок розміщених по довжині L та ширині b січення.

Теоретичні дослідження визначення кількості частинок, що розміщуються по довжині шару матеріалу, провів А.Н. Панченко [8]. Для визначення q_L та q_b автор рекомендує використовувати такі формули:

$$q_L = \frac{L}{d_{50}(1 + 2 \sin \alpha_0)}, \quad q_b = \frac{b}{d_{50}(1 + 2 \cos \alpha_0)}. \quad (2.7)$$

Підставивши значення q_L, q_b у (2.6), враховуючи, що $L \cdot b = 1$, запишемо:

$$q = \frac{1}{d_{50}^2 (1 + 2 \sin \alpha_0)(1 + 2 \cos \alpha_0)}. \quad (2.8)$$

Отже,

$$c' = c \cdot d_{50}^2 (1 + 2 \sin \alpha_0)(1 + 2 \cos \alpha_0). \quad (2.9)$$

Розглянемо рух частинки М із приведеними параметрами, з урахуванням сили зчеплення при сходженні її зі стрічкового транспортера. Частинка перебуває на транспортері на висоті h_0 від поверхні стрічки (h_0 - висота розміщення центра мас шару матеріалу на стрічці транспортера). Для визначення параметрів руху частинки, при її сходженні із стрічкового транспортера, застосуємо диференційні рівняння руху матеріальної точки. Введемо натуральну систему координат τCn (рис.2.6). Положення осі Cn нормалі до траєкторії руху частинки відносно вертикалі визначається кутом β .

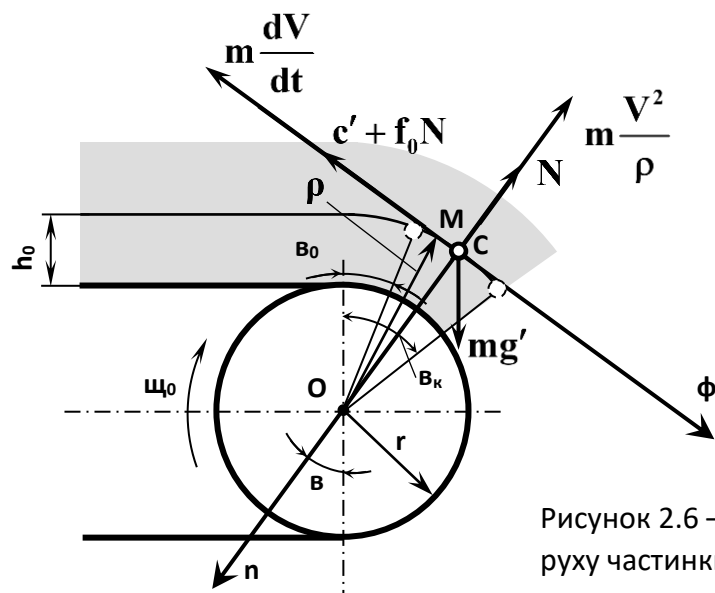


Рисунок 2.6 – Схема до визначення параметрів руху частинки ОМС

При тихохідному режимі розвантаження транспортера $V_C^2 < g'(r + h_0)$ (де V_C - швидкість стрічки транспортера, r - радіус приводного барабана), матеріал, наближаючись до барабана, починає обертатись разом з ним. Частинка ОМС, починаючи з деякого положення визначеним $\angle \beta_0$, починає здійснювати відносний рух (ковзання), і при положенні $\angle \beta_k$ відірветься від опорної поверхні, здійснюючи політ.

У загальному випадку, рівняння руху частинки ОМС матимуть вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{dV}{dt} = \sum_{k=1}^n F_{k\tau}^e; \\ m \frac{V^2}{\rho} = \sum_{k=1}^n F_{kn}^e, \end{cases} \quad (2.10)$$

де V - швидкість руху частинки ОМС;

ρ - радіус кривизни траєкторії руху частинки;

$\frac{V^2}{\rho}, \frac{dV}{dt}$ - проекції вектора прискорення частинки, відповідно, на осі C_n та C_τ

натуральної системи координат;

$\sum_{k=1}^n F_{kn}^e, \sum_{k=1}^n F_{k\tau}^e$ - суми проекцій зовнішніх сил, які діють на частинку, відповідно,

на осі C_n та C_τ ;

На частинку, положення якої визначає $\angle\beta$ (рис.2.6) (при чому $\angle\beta_0 < \angle\beta < \angle\beta_k$), діють такі зовнішні сили :

- сила ваги $G = mg'$;
- нормальна реакція опорної поверхні N ;
- сила тертя ковзання $F_{тр} = c' + f_0 N$,

Радіус кривизни траєкторії руху частинки, положення якого визначається кутом $\angle\beta$, рівний $\rho = r + h_0$.

Тоді, з урахуванням вищевикладеного, система рівнянь, що описують рух частинки ОМС, матиме вигляд

$$\begin{cases} m \frac{V^2}{r + h_0} = mg' \cos\beta - N; \\ m \frac{dV}{dt} = mg' \sin\beta - (c' + f_0 N). \end{cases} \quad (2.11)$$

Виключивши із системи реакцію опорної поверхні N та враховуючи, що $V = \omega(r + h_0)$ (де ω - кутова швидкість руху частинки), отримаємо:

$$m(r + h_0) \frac{d\omega}{dt} - mg' \sin\beta + c' + mg' f_0 \cos\beta - m\omega^2 f_0 (r + h_0) = 0, \quad (2.12)$$

при цьому

$$N = mg' \cos \beta - m\omega^2(r + h_0). \quad (2.13)$$

Після спрощення виразу (2.12), отримаємо:

$$\frac{d\omega}{dt} - \omega^2 f_0 + \frac{g'}{r + h_0} (f_0 \cos \beta - \sin \beta) + \frac{c'}{m(r + h_0)} = 0. \quad (2.14)$$

Враховуючи, що $\omega = \frac{d\beta}{dt}$; $\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\beta}{dt^2}$, запишемо:

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} - f_0 \left(\frac{d\beta}{dt} \right)^2 + \frac{g'}{(r + h_0)} (f_0 \cos \beta - \sin \beta) + \frac{c'}{m(r + h_0)} = 0. \quad (2.15)$$

Рівняння (2.15) є диференціальним рівнянням другого порядку. Для пониження порядку скористаємось підстановкою: $\frac{d\beta}{dt} = P(\beta)$, $\frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{dP}{d\beta} P$.

Тоді рівняння (2.15) набере вигляду:

$$\frac{dP}{d\beta} P - f_0 P^2 = - \left(\frac{g'}{(r + h_0)} (f_0 \cos \beta - \sin \beta) \right) - \frac{c'}{m(r + h_0)}. \quad (2.16)$$

Оскільки отримане рівняння є неоднорідним рівнянням першого порядку, то спочатку знайдемо розв'язок однорідного рівняння:

$$\frac{dP}{d\beta} P - f_0 P^2 = 0. \quad (2.17)$$

Із (2.17) за умови, що $P \neq 0$ маємо:

$$P = C e^{f_0 \beta}. \quad (2.18)$$

Замінюючи постійну C на невідому функцію U , отримаємо:

$$\begin{aligned} P &= U e^{f_0 \beta}; \\ \frac{dP}{d\beta} &= \frac{dU}{d\beta} e^{f_0 \beta} + U f_0 e^{f_0 \beta}. \end{aligned} \quad (2.19)$$

Підставивши значення P та P' у (2.16), запишемо:

$$\left(\frac{dU}{d\beta} e^{f_0 \beta} + U f_0 e^{f_0 \beta} \right) U e^{f_0 \beta} - f_0 \left(U e^{f_0 \beta} \right)^2 = \frac{g'}{(r + h_0)} (\sin \beta - f_0 \cos \beta) - \frac{c'}{m(r + h_0)}. \quad (2.20)$$

Звідки визначаємо U^2 :

$$U^2 = \frac{2g'e^{-2f_0\beta}}{(r + h_0)(4f^2 + 1)} \left((2f^2 - 1) \cos \beta - 3f_0 \sin \beta \right) + \frac{c'}{mf_0(r + h_0)} e^{-2f_0\beta} + C, \quad (2.21)$$

де C – постійна інтегрування, яка визначається з початкових умов руху частинки ОМС.

Отже,

$$P^2 = \frac{2g'}{(r+h_0)(4f^2+1)}((2f^2-1)\cos\beta - 3f_0\sin\beta) + \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} + Ce^{2f_0\beta}. \quad (2.22)$$

Повертаючись до вихідної функції, враховуючи при цьому зроблені підстановки та заміни, отримаємо:

$$\omega^2 = \frac{2g'}{(r+h_0)(4f^2+1)}((2f^2-1)\cos\beta - 3f_0\sin\beta) + \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} + Ce^{2f_0\beta}. \quad (2.23)$$

Визначаємо постійну інтегрування C , якщо при $t = t_0$, $\beta = \beta_0$, $\omega = \omega_0$,

де β_0 – значення кута β , при якому частинка почне ковзати по матеріалу на барабані,

ω_0 – кутова швидкість частинки в момент початку її ковзання:

$$C = \left(\omega_0^2 - \frac{2g'}{(r+h_0)(4f_0^2+1)}((2f_0^2-1)\cos\beta_0 - 3f_0\sin\beta_0) - \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} \right) e^{-2f_0\beta_0}. \quad (2.24)$$

Підставивши (2.24) у (2.23), отримаємо:

$$\omega^2 = \frac{2g'}{(r+h_0)(4f^2+1)}((2f^2-1)\cos\beta - 3f_0\sin\beta) + \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} + \left(\omega_0^2 - \frac{2g'}{(r+h_0)(4f_0^2+1)}((2f_0^2-1)\cos\beta_0 - 3f_0\sin\beta_0) - \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} \right) e^{2f_0(\beta-\beta_0)}. \quad (2.25)$$

У момент відриву частинки від опорної поверхні $\omega = \omega_k$, а $\beta = \beta_k$. Тоді, на основі (2.25) запишемо:

$$\omega_k^2 = \frac{2g'}{(r+h_0)(4f_0^2+1)}((2f_0^2-1)\cos\beta_k - 3f_0\sin\beta_k) + \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} + \left(\omega_0^2 - \frac{2g'}{(r+h_0)(4f_0^2+1)}((2f_0^2-1)\cos\beta_0 - 3f_0\sin\beta_0) - \frac{c'}{mf_0(r+h_0)} \right) e^{2f_0(\beta_k-\beta_0)}. \quad (2.26)$$

З іншого боку, ω_k визначаємо із (2.13), виходячи з умови, що в момент відриву

$$\omega = \omega_k, \text{ а } N = 0$$

$$\omega_k^2 = \frac{g' \cos \beta_k}{(r + h_0)}. \quad (2.27)$$

Для визначення кута β_0 , при якому частинка починає ковзати, скористаємося залежністю (2.12) і такими умовами: при $\beta = \beta_0$

$$\omega = \omega_0 = \frac{V_c}{r + h_0}; \frac{d\omega}{dt} = 0. \quad (2.28)$$

Тоді, враховуючи вищевикладене на основі (2.12), запишемо:

$$\frac{c'}{m} - \frac{f_0 V_c^2}{r + h_0} = g'(\sin \beta_0 - f_0 \cos \beta_0). \quad (2.29)$$

Із (2.29) враховуючи, що $f_0 = \frac{\sin \varphi_0}{\cos \varphi_0}$, де φ_0 – кут внутрішнього тертя,

отримаємо:

$$\beta_0 = \arcsin \left(\frac{c' \cos \varphi_0}{mg'} - \frac{V_c^2 \sin \varphi_0}{(r + h_0)g'} \right) + \varphi_0. \quad (2.30)$$

Використовуючи вирази (2.28) та (2.29), запишемо вираз для визначення початкової кутової швидкості частинки ω_0 :

$$\omega_0^2 = \frac{c'}{m(r + h_0)f_0} - \frac{g' \sin(\beta_0 - \varphi_0)}{(r + h_0) \sin \varphi_0}. \quad (2.31)$$

Прирівнявши праві частини виразів (2.26) та (2.27) та підставивши значення ω_0 , отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{g' \cos(\beta_k)}{(r + h_0)} = & \frac{2g'}{(r + h_0)(4f_0^2 + 1)} \left((2f_0^2 - 1) \cos \beta_k - 3f_0 \sin \beta_k \right) + \frac{c'}{mf_0(r + h_0)} - \\ & - \left(\frac{g' \sin(\beta_0 - \varphi_0)}{(r + h_0) \sin \varphi_0} + \frac{2g'}{(r + h_0)(4f_0^2 + 1)} \left((2f_0^2 - 1) \cos \beta_0 - 3f_0 \sin \beta_0 \right) \right) e^{2f_0(\beta_k - \beta_0)}. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Після математичних перетворень рівність (2.32) набере такого вигляду:

$$\begin{aligned} \left(\frac{(4f_0^2 + 1)c'}{mg'f_0} - 3(\cos \beta_k + 2f_0 \sin \beta_k) \right) e^{-2f_0\beta_k} = & \left(\frac{(4f_0^2 + 1) \sin(\beta_0 - \varphi_0)}{\sin(\varphi_0)} + \right. \\ & \left. + (4f_0^2 - 2) \cos \beta_0 - 6f_0 \sin \beta_0 \right) e^{-2f_0\beta_0}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Кут β_k із рівняння (2.33) визначаємо методом послідовних наближень, використовуючи програмний пакет Mathcad. При цьому, значення кута β_0 обчислюємо згідно з (2.30).

Використовуючи (2.27), запишемо вираз для визначення швидкості частинки ОМС в момент її відриву від опорної поверхні:

$$V_k = \sqrt{g'(r + h_0) \cos \beta_k}. \quad (2.34)$$

Політ частинки компонента ОМС, після відриву її від опорної поверхні транспортера, розглянемо як рух тіла кинутого під кутом до горизонту, без урахування опору повітря.

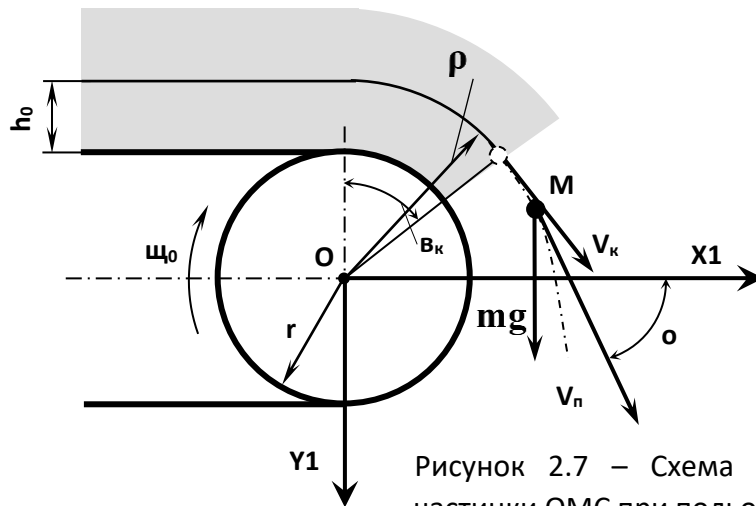


Рисунок 2.7 – Схема до визначення параметрів руху частинки ОМС при польоті із стрічкового транспортера

Теорія руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, викладена в працях [11, 160]. Використовуючи цю теорію, запишемо рівняння, що описує траєкторію руху частинки ОМС у зміщених координатах (рис.2.7):

$$y(x_1) = \frac{g}{2} \frac{(x_1 - (r + h_0) \sin \beta_k)^2}{V_k^2 \cos^2 \beta_k} + (x_1 - (r + h_0) \sin \beta_k) \tan \beta_k - (r + h_0) \cos \beta_k. \quad (2.35)$$

При цьому, модуль швидкості руху частинки при польоті визначається із залежності:

$$V_n = \sqrt{(V_k \cos \beta_k)^2 + \left(\frac{g(x_1 - (r + h_0) \sin \beta_k)}{V_k \cos \beta_k} + V_k \sin \beta_k \right)^2}. \quad (2.36)$$

Вектор швидкості частинки, при її вільному польоті із транспортера,

направлений по дотичній до траєкторії в сторону руху частинки. Використовуючи геометричний зміст похідної та рівність (2.35), знаходимо кут ξ між напрямом вектора швидкості руху частинки та віссю OX1

$$\xi = \arctg \left(\frac{g(x_1 - (r + h_0) \sin \beta_k)}{V_k^2 \cos^2 \beta_k} + \operatorname{tg} \beta_k \right). \quad (2.37)$$

Вираз (2.35) дозволяє знайти координати вершини скатних лотків по відношенню до осі обертання приводного барабана стрічкового транспортера. Для аналізу впливу окремих факторів на значення координати вершини скатних лотків змішувача x_1 та отримання даних для подальших розрахунків з використання програми MathCad (див. додаток А), побудовані графічні залежності при змінних фізико-механічних властивостях матеріалу (рис.2.8).

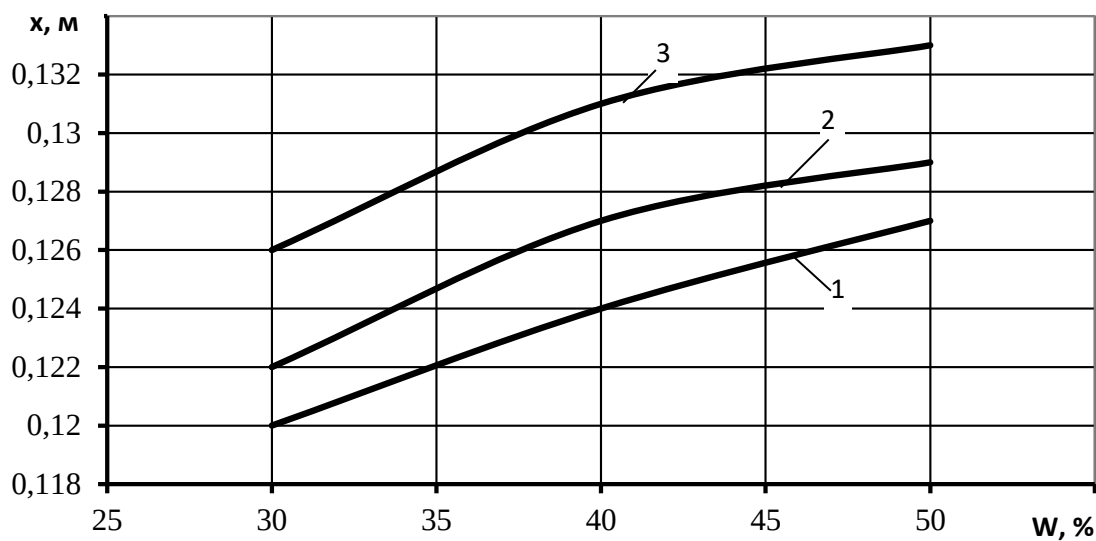


Рисунок 2.8 – Графічні залежності зміни координати вершини скатного лотка x_1 від вологості сапропелю W при $y_1=0,15\text{ м}$, $r=0,075\text{ м}$, $h_0=0,03\text{ м}$, $d_{50}=0,0018\text{ м}$: 1- $V_c=0,1\text{ м/с}$; 2 – $V_c=0,2\text{ м/с}$; 3 – $V_c=0,3\text{ м/с}$

Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Дослідження процесу приготування ОМС та синтез засобу для виконання цього процесу вимагає встановлення та систематизації фізико-механічних властивостей як окремих компонентів, так і ОМС. Оскільки, найбільш цінним для сільського господарства та найбільш застосовуваним є органічний тип донних відкладів, то всі дослідження проводились із використанням органічного типу сапропелю. Мінеральними складовими компонентами, що використовуються при виробництві ОМД, служать сечовина, аміачна селітра, суперфосфат, фосфорити, хлористий калій, калімагnezія. Оскільки фізико-механічні властивості усіх вищезгаданих мінеральних добрив, крім фосфоритів, стандартизовані та наведені в п.1.2, то дослідження властивостей мінеральних компонентів проводили лише для жовтових фосфоритів Старовижівського родовища Волинської області.

Компоненти ОМС до їх змішування є сукупністю рихло-складених частинок, між якими міститься повітря. У результаті їх змішування утворюються суміші, фізико-механічні властивості яких відрізняються від властивостей окремих компонентів. Оскільки робочі органи засобу для приготування ОМС контактують як з окремими компонентами (на вході у засіб), так і з їх сумішшю, то необхідно також дослідити властивості останньої.

Залежно від складу ґрунту та культури, під яку будуть вноситись ОМД, співвідношення поживних елементів у добривах відрізняються одні від одних (див. п.1.1. табл.1.1.). Проведення дослідження параметрів засобу для приготування ОМС та фізико-механічних властивостей ОМС з урахуванням усіх змін співвідношень NPK в ОМС є практично неможливим. Як показує практика застосування ОМД [156], внесення таких гранульованих добрив під картоплю дає найбільш ефективний результат порівняно із їх внесенням під інші культури. З метою скорочення об'єму робіт при дослідженнях параметрів засобу для приготування ОМС та фізико-механічних властивостей ОМС, остання готувалась для виробництва ОМД під картоплю, яка культивується на дерново-підзолистих, яро-сірих та сірих опідзолених ґрунтах Волинської області. Співвідношення діючої речовини в даній ОМС N:P:K=1,5:1:2. Вміст сапропелю за масою становив 35 %. ОМС для досліджень готувалась згідно з наведеною нижче методикою (п.3.4).

У програму експериментальних досліджень були включені питання:

1) Визначення таких фізико-механічних властивостей ОМС та їх складових компонентів, як:

- а) вологість;
- б) гранулометричний склад;
- в) кути природного відкосу та обвалу;
- г) питома зчеплення частинок, коефіцієнт та кут внутрішнього тертя ;
- д) коефіцієнт та кут зовнішнього тертя;
- е) насипна щільність;
- є) адгезійні властивості;
- ж) кут вкладання частинок.

2) Оцінка якості приготованої ОМС;

3) Визначення раціональних параметрів роботи засобу для приготування ОМС із застосуванням математичного методу планування експерименту.

Повторність дослідів при експериментальних дослідженнях складає 3–6 разів. Математичну обробку отриманих результатів експериментальних досліджень проводили з використанням програмного пакету Microsoft Excel за такою схемою:

– середня квадратична похибка окремого вимірювання:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}, \quad (2.38)$$

де n – число повторюваності дослідів;

x_i – результат окремого дослідів;

x_{cp} – середнє арифметичне результатів дослідження,

– середня квадратична похибка середнього арифметичного:

$$S_{c, \text{рез.}} = S_c / \sqrt{n}, \quad (2.39),$$

– коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{S_c}{x_{cp}} \cdot 100, \% \quad (2.40),$$

– похибка дослідів:

$$v = \pm (S_{c, \text{рез.}} / x_{cp}) \cdot 100 \% = \pm \left(\frac{S_c}{\sqrt{n}} \right) \quad (2.41),$$

– обчислення довірчого інтервалу проводили, користуючись довідковими даними [151].

Результати математичної обробки експериментальних даних показників, що характеризують фізико–механічні властивості ОМС та її

складових компонентів, наведені у додатку Г.

3.2. Лабораторне обладнання, прилади та апаратура для проведення досліджень

Вологість матеріалів (ОМС та її складових компонентів) визначали за допомогою сушильної шафи СНОЛ 3,5. 3,5. 3,5 із У42, із діапазоном автоматичного регулювання температури в робочому просторі від 50 до 350 °C $\pm$ 2 °C, технічних ваг ВЛКТ –500-М; використовували також і інше обладнання, а саме: бюкси, ексикатор, різні за об'ємом ємкості, совочок (рис.3.1).

Для визначення гранулометричного складу ОМС та її компонентів використовувались набір сит, технічні ваги ВЛКТ –500-М, фарфорові чашечки, совочок, аркуш білого паперу (рис. 3.2). Набір сит складався із піддона, кришки та семи сит з отворами діаметром 10; 6; 5; 4; 3; 2; 1 мм, які дають можливість розділити матеріал на фракції: >10 мм; 10...6 мм; 6...5 мм; 5...4 мм; 4...3 мм; 3...2 мм; 2...1 мм; <1 мм.

Для визначення кутів природного відкосу та обвалу використовували відомий прилад [55, 148, 150]. Його конструкція є прямим паралелепіпедом 1 (рис. 3.3) із розмірами: довжина 370 мм, ширина 200 мм, висота 200 мм. В днище ящика встановлена заслінка з отвором 125x200 мм. Отвір перекривається засувкою 2.

Передня стінка приладу прозора. На ній нанесено міліметрову шкалу для виміру довжин відповідних сторін, через які знаходили тангенси кутів та самі кути. Загальний вигляд приладу зображений на рис.3.4.

Дослідження питомого зчеплення частинок, коефіцієнта та кута внутрішнього тертя проводили використовуючи прилад ПСГ–2М. Основною складовою частиною цього приладу є робоча коробка 1 (рис. 3.5а), яка складається із двох частин: нижньої нерухомої 1а та верхньої рухомої 1б. Внутрішня порожнина робочої коробки має форму циліндра із діаметром $d=70$ мм. У циліндрі розташована металева пластина 2 із великою кількістю отворів діаметром 0,5 мм. Нормальне навантаження на зразок задається вагою гир, що покладені на нижню завантажувальну підвіску 3 (рис. 3.5б), і передається зразку через двохступінчатий шків 4, із співвідношенням радіусів 1:10, сергу 5 та дірчастий штамп 6. Штамп на верхній стороні має заглиблення для стальної кульки 7. На кульку 7 опирається серга.



Рисунок 3.1 – Прилади і обладнання для визначення вологості матеріалу

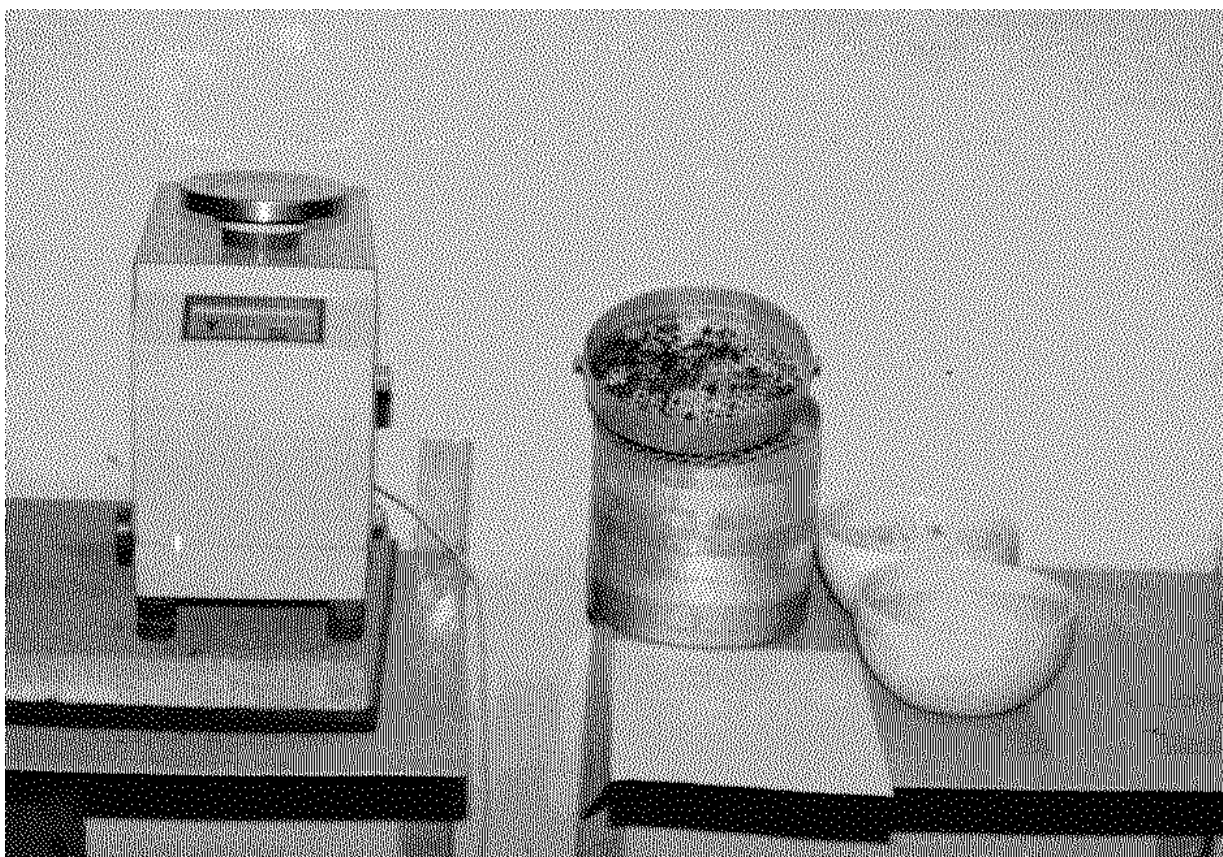


Рисунок 3.2 – Прилади і обладнання для визначення гранулометричного складу ОМС та її компонентів

Зсуваюче зусилля прикладається за допомогою тяги 8, двохступінчастого шківa 9, із співвідношенням радіусів ступенів 1:10, і бокової завантажувальної підвіски 10. Для створення зсуву у площині найменшого опору, обидві частини робочої коробки можна розсунути за допомогою підйомних гвинтів 11 і створити зазор шириною до 4мм. На кронштейні 12 закріплений індикатор часового типу 13 для реєстрації деформації зразка. Прилад з усіма механізмами для ущільнення матеріалу і здійснення зсуву, змонтований на спеціальній станині 14. За допомогою регулювальних гвинтів 15 прилад встановлюється в строго горизонтальному положенні. Загальний вигляд приладу зображений на рис.3.6.

Для визначення коефіцієнта й кута зовнішнього тертя ОМС та її компонентів, використовувався модифікований прилад типу ВСВ. Прилад складається із робочого пристрою 1 (рис. 3.8), гвинтового механізму 2, завантажувальної підвіски 3, серги 4 та двохступінчастого шківa 5 із співвідношенням радіусів 1:10. Фіксування переміщення нижньої частини робочої коробки й визначення зсувного зусилля здійснюється, відповідно, індикатором часового типу 6 та динамометром 7.

Прилад з усіма механізмами для нормального та зсуваючого навантаження змонтований на станині 8. Встановлення приладу у горизонтальному положенні здійснюється за допомогою чотирьох регулювальних болтів 9.

Основою робочого пристрою є робоча коробка, яка складається із верхньої (нерухомої) 1 та нижньої (рухомої) 2 частин (рис. 3.9). Нижня частина робочої коробки рухається по внутрішній поверхні корпусу 3 завдяки кулькам 4, які утримуються перфорованою пластиною 5. До корпусу 3 за допомогою чотирьох гвинтів 6 та гайок 7 кріпиться плита 8 із центральним отвором. В цей отвір вставляється верхня частина робочої коробки 1. Для отримання зазору у межах 1...2 мм між верхньою та нижньою частинами робочої коробки на першій міститься різьбова поверхня, якою вона з'єднується із регулювальною гайкою 9. Для забезпечення постійного внутрішнього діаметра верхньої частини робочої коробки в неї вставляється робоче кільце 10. Зсуваюче зусилля до нижньої частини коробки передається через шток 11. В нижню частину робочої коробки 2 вкладається відповідної форми зразок поверхні тертя 12. Нормальне зусилля на зразок 13 передається через штамп 14. Зразки поверхонь тертя зображені на рис.3.7.

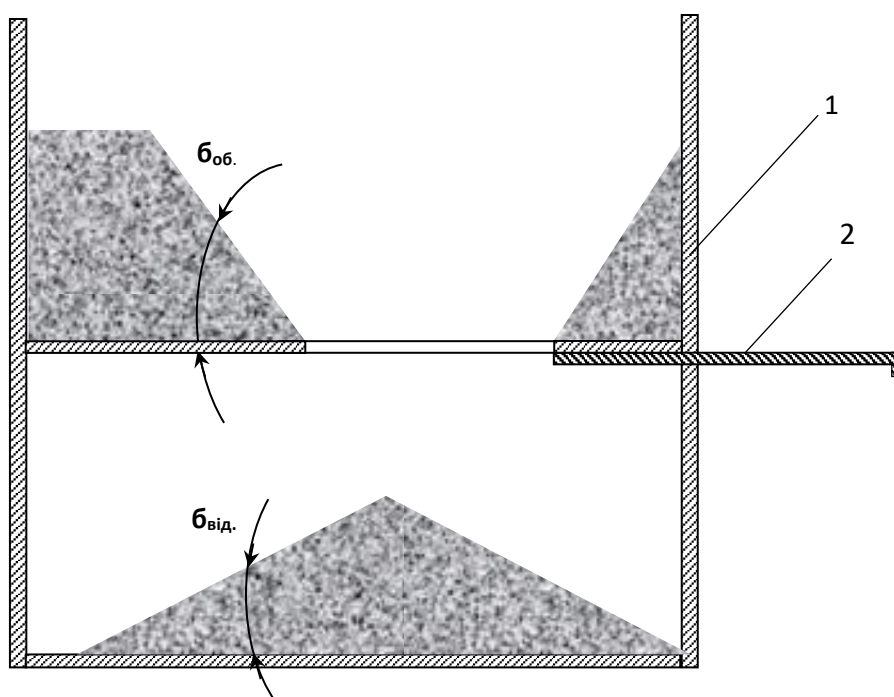


Рисунок 3.3 – Схема приладу для визначення кутів природного відкосу $\beta_{від.}$ та обвалу $\beta_{об.}$.

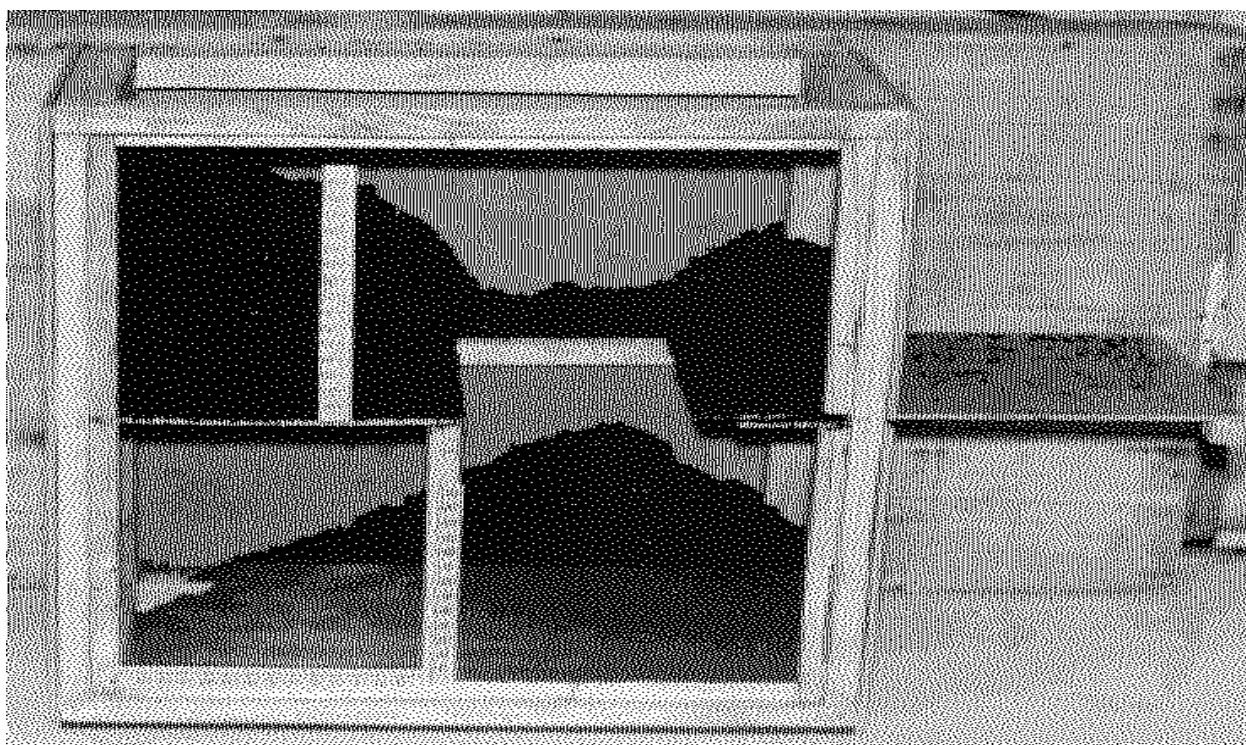


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд приладу для визначення кутів природного відкосу $\beta_{від.}$ та обвалу $\beta_{об.}$.

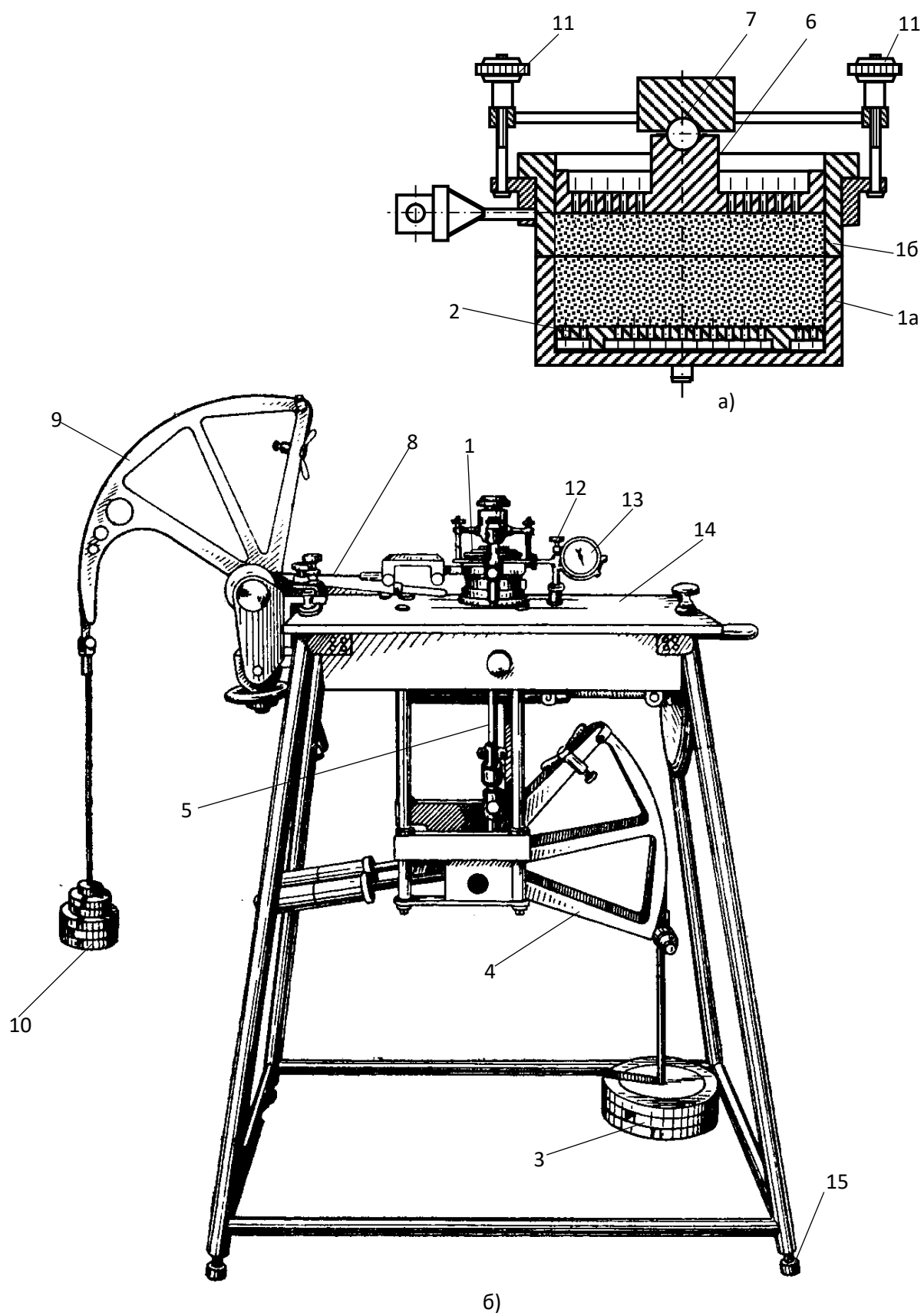


Рисунок 3.5 – Прилад ПСГ-2М:

а) робоча коробка;

б) схема приладу

Для визначення насипної щільності матеріалу використовували прилад, що складається із стакана 1 об'ємом $V=0,505 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ (рис. 3.10). У верхній частині стакана, закріплена штирем 2, рухома царга 3. Стакан встановлений у піддоні 4. Використовували також і інше обладнання, а саме – сушильну шафу СНОЛ 3,5. 3,5. 3,5 із У42, технічну вагу ВЛКТ–500-М, бюкси, ексікатор, ємкості різного об'єму, совочки.

Для визначення адгезійних властивостей матеріалу використовувався виготовлений прилад, конструкція якого зображена на рис. 3.11. Прилад складається із стійки 10, на кінцях якої закріплено два блоки 4, що вільно обертаються навколо осей. Чашечка 8 за допомогою нитки 3 зв'язана із змінними пластинами 2. Пластини виготовлені із матеріалів, по відношенню до яких визначали липкість. У штативі 5 закріплено резервуар із водою 6. У нижній частині резервуара змонтований краник 7. Коробка для досліджуваного матеріалу 1, стійка 10 та штатив 5 – встановлені на платформі 9. При дослідженні також використовували обладнання для визначення вологості матеріалу.

Для визначення кута вкладання частинок матеріалу використовувалась установка (рис.3.12), конструкція якої представляє собою раму, бункер, стрічковий транспортер та динамометр. У цій установці здійснювалось три-точкове закріплення бункера. Двома точками опори виступали підшипники, які встановлені з одного боку, а третьою опорою було кільце динамометра – з іншого боку. Друге кільце динамометра кріпилось до рами установки. Використання цієї установки дозволить визначити частину ваги матеріалу, завантаженого в бункер, що сприймається стінками бункера.

Для проведення дослідів з визначення однорідності ОМС використовували технічні ваги ВЛКТ-500-М а також фарфорові ступку та пестик, мірні колби, скляні палички, фільтрувальний папір, піпетки та бюретку, закріплену в лабораторному штативі (рис.3.13). У досліді застосували такі реактиви: сіль гідрогентартрату натрію, гідрооксид натрію (NaOH), фенолфталеїн та дистильована вода.

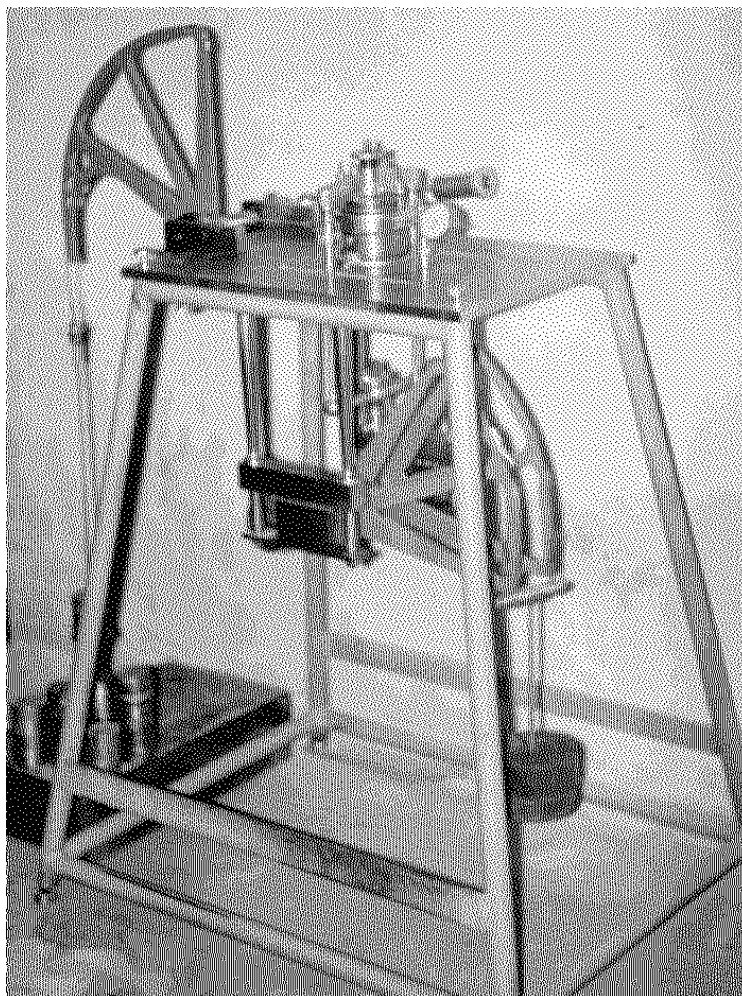


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд приладу ПСГ–2М

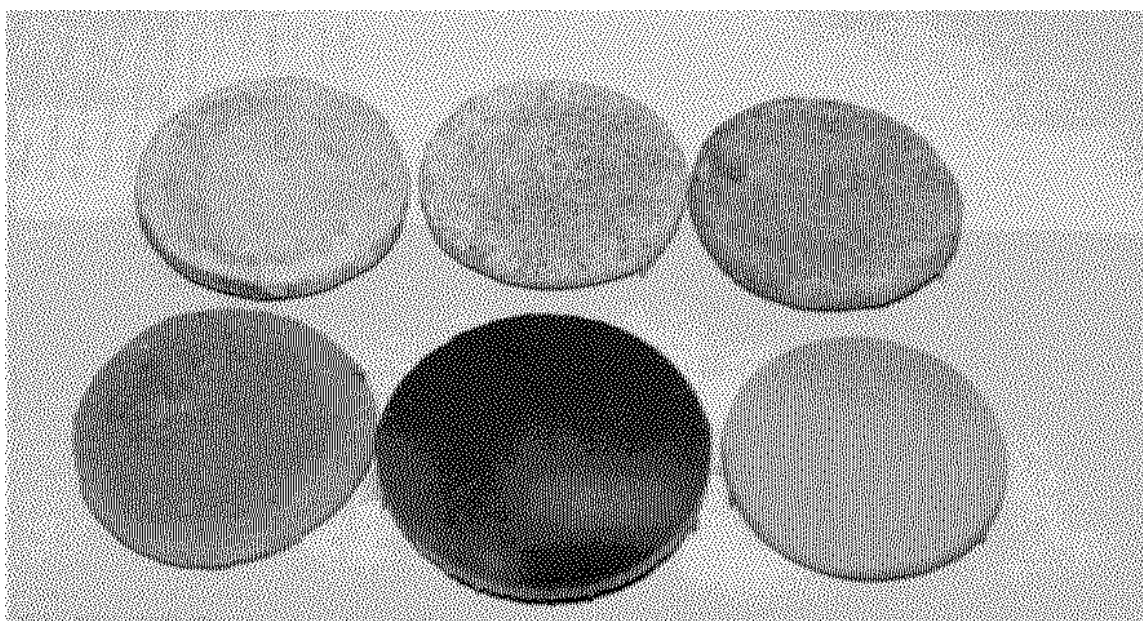


Рисунок 3.7 – Поверхні, що застосовувались для визначення коефіцієнта та кута зовнішнього тертя

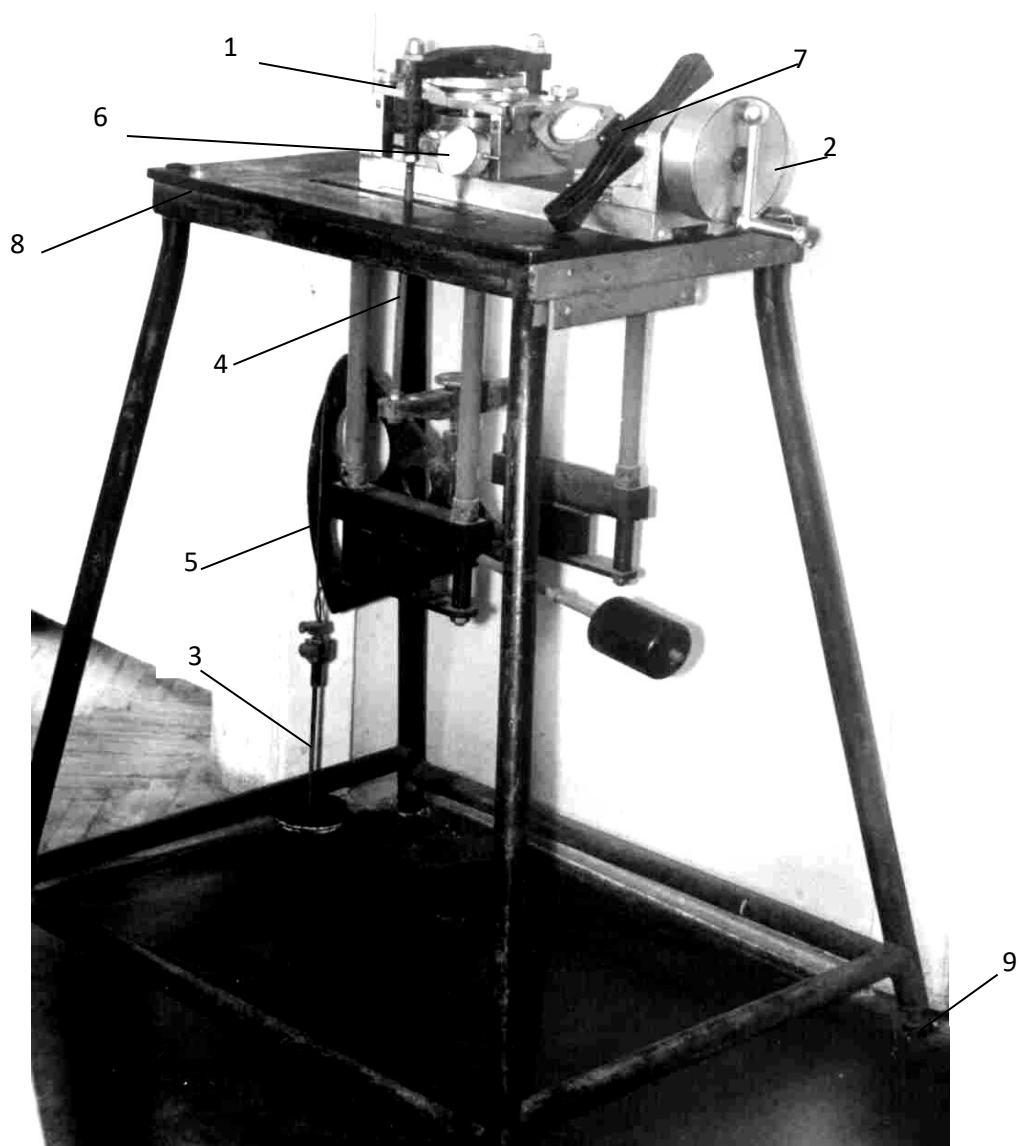


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд модифікованого приладу ВСВ

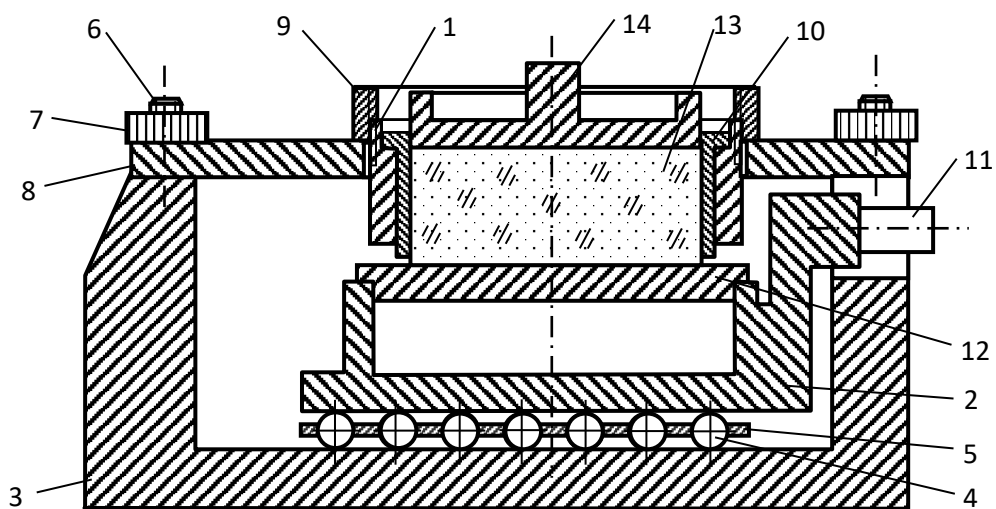


Рисунок 3.9 – Схема робочого пристрою модифікованого приладу ВСВ

частині стакана, закріплена штирем 2, рухома царга 3. Стакан встановлений у піддоні 4. Використовували також і інше обладнання, а саме – сушильну шафу СНОЛ 3,5. 3,5. 3,5 із У42, технічну вагу ВЛКТ–500-М, бюкси, ексікатор, ємкості різного об'єму, совочок.

Для визначення адгезійних властивостей матеріалу використовувався виготовлений прилад, конструкція якого зображена на рис. 3.11. Прилад складається із стійки 10, на кінцях якої закріплено два блоки 4, що вільно обертаються навколо осей. Чашечка 8 за допомогою нитки 3 зв'язана із змінними пластинами 2. Пластини виготовлені із матеріалів, по відношенню до яких визначали липкість. У штативі 5 закріплено резервуар із водою 6. У нижній частині резервуара змонтований краник 7. Коробка для досліджуваного матеріалу 1, стійка 10 та штатив 5 – встановлені на платформі 9. При дослідженні також використовували обладнання для визначення вологості матеріалу.

Для визначення кута вкладання частинок матеріалу використовувалась установка (рис.3.12), конструкція якої представляє собою раму, бункер, стрічковий транспортер та динамометр. У цій установці здійснювалось три-точкове закріплення бункера. Двома точками опори виступали підшипники, які встановлені з одного боку, а третьою опорою було кільце динамометра – з іншого боку. Друге кільце динамометра кріпилось до рами установки. Використання цієї установки дозволить визначити частину ваги матеріалу, завантаженого в бункер, що сприймається стінками бункера.

Для проведення дослідів з визначення однорідності ОМС використовували технічні ваги ВЛКТ-500-М а також фарфорові ступку та пестик, мірні колби, скляні палички, фільтрувальний папір, піпетки та бюретку, закріплену в лабораторному штативі (рис.3.13). У досліді застосували такі реактиви: сіль гідрогентартрату натрію, гідроксид натрію (NaOH), фенолфталеїн та дистильована вода.

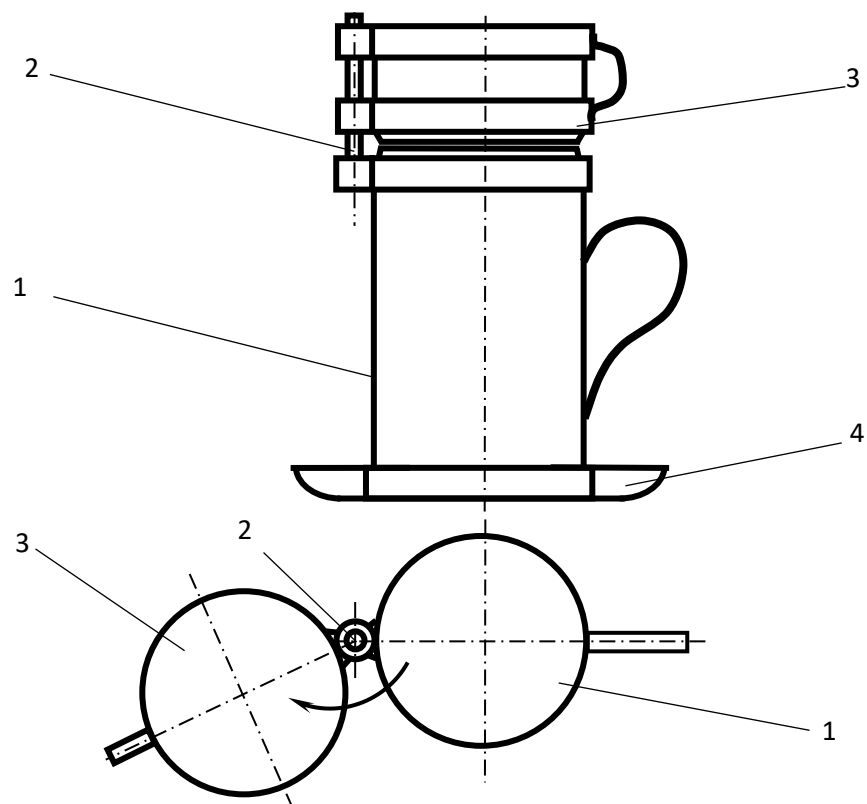


Рисунок 3.10 – Схема приладу для визначення насипної щільності матеріалу

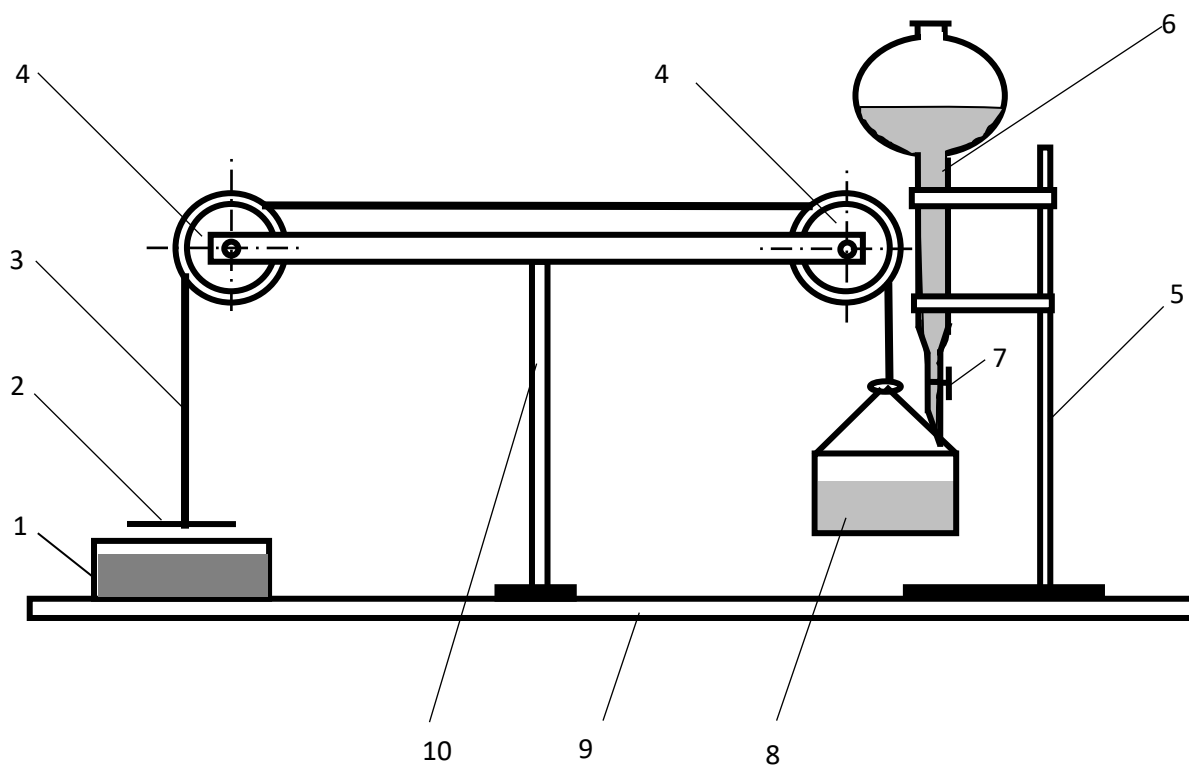


Рисунок 3.11 – Схема приладу для визначення липкості матеріалу



Рисунок 3.12 – Загальний вигляд установки для визначення кута вкладання частинок матеріалу

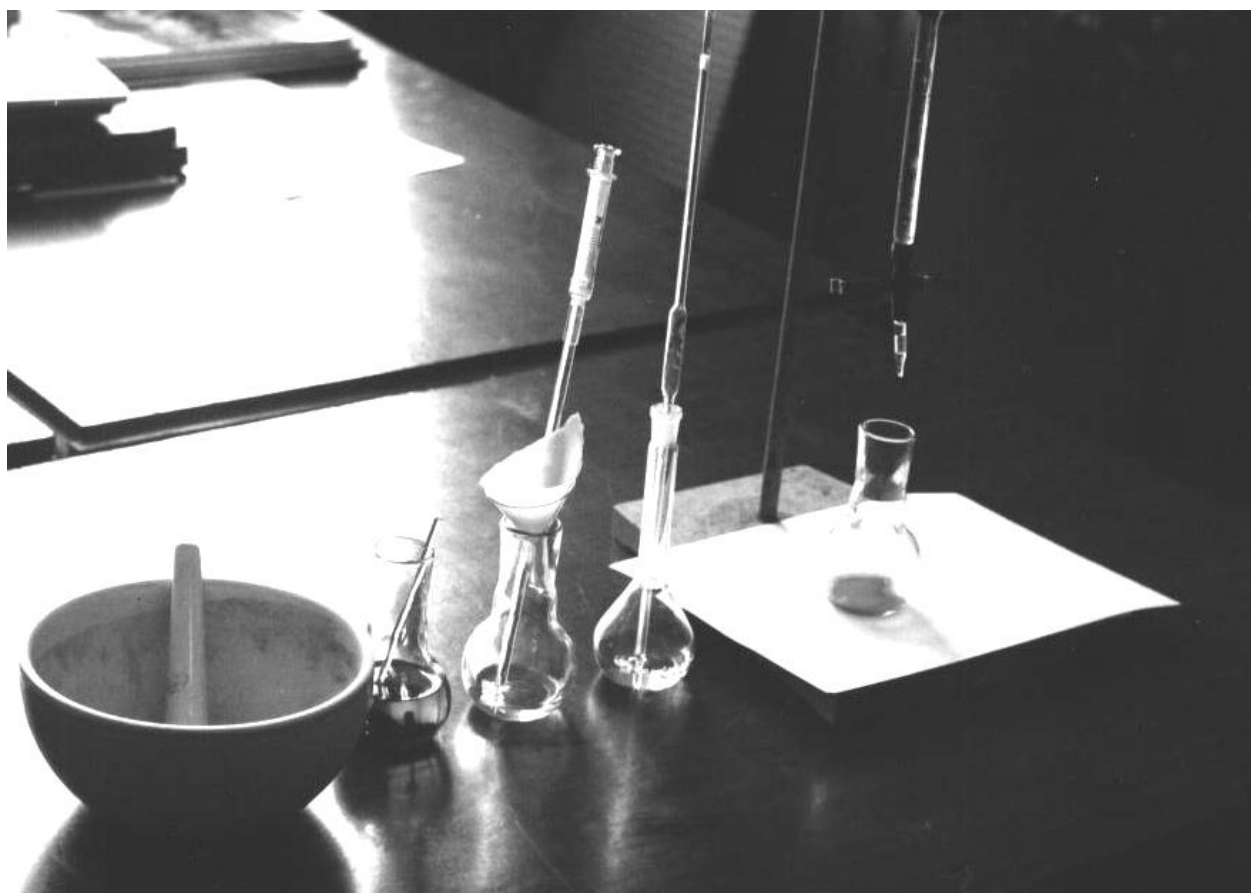


Рисунок 3.13 – Прилади і обладнання для визначення однорідності складу ОМС

Для експериментальних досліджень процесу приготування ОМС, використовували розроблену дослідну установку, схема якої подана на рис. 3.14.

Установка складається із опорної рами 1, на якій закріплено гладкий нерухомий кожух 2, скатні лотки 8 та пара роторів 15. На роторах встановленні змінні робочі органи лопатевого типу 14. Робочі органи мають спільну зону дії і розміщені в цій зоні одні між одними у почерговій послідовності. Лопаті, які знаходяться в одній площині, що перпендикулярна осі ротора, встановлені на роторі із почергово знакозмінним кутом до цієї ж площини. Ротори обертаються в зустрічному напрямку. На рамі змонтований привід роторів, який складається з електродвигуна трьохфазного струму 12, клинопасової 11 і ланцюгової 9 передач та натяжного механізму 3. Експериментальна установка сконструйована таким чином, що дозволяє варіювати шириною лопаті та швидкістю обертання роторів.

Гладкий нерухомий кожух 2 встановлений еквідистантно до траєкторії руху кінців лопатей робочих органів 13. Скатні лотки розміщені зверху над роторами. Для тонкого нашарування компонентів та подачі їх на скатні лотки використовувався конвеєр, що містить раму 5, боковини 6, стрічковий транспортер 7 та привід 4.

3.3. Гранулометричний склад компонентів ОМС

Гранулометричний склад компонентів – один з найбільш важливих факторів, які впливають на інтенсивність процесу змішування. За гранулометричним складом сипучого матеріалу оцінюють кількісний розподіл складових його частинок відповідно лінійним розмірам. Вибір способу дії робочого органу на суміш (примусової чи вільної дії) залежить від розмірів фракцій компонентів та їх співвідношення. Дослідження гранулометричного складу проводили методом ситового аналізу відповідно до методики, описаної в п.3.5. Оскільки сапропель має частинки неправильної форми, то розподіл їх по фракціях відбувався за максимальним лінійним розміром. У процесі проведення експериментів використовували абсолютно сухий сапропель $W=0\%$ та сапропель вологістю із діапазону $W=30\ldots 70\%$. Середня вологість

фосфоритів при дослідженні становила $W=2,9\%$.

Дані за результатами досліджень сапропелю органічного типу, згідно з якими побудовано графічні залежності (рис.3.15) зведено в табл. 3.1. На графіку на осі абсцис відкладена вологість сапропелю, по осі ординат – маса фракції сапропелю у процентному співвідношенні до загальної маси усіх фракцій, що містились у досліджуваному зразку. Аналіз кривих показує – із збільшенням вологості сапропелю процентний вміст частинок більш крупних фракцій ($\varnothing > 2$ мм) зростає, а дрібних ($\varnothing < 2$ мм) – спадає. Це явище обумовлене тим, що із збільшенням вологості сапропелю збільшується сила прилипання між частинками і відбувається укрупнення агрегатів. Явище укрупнення агрегатів є особливо вираженим при вологості сапропелю більше 60 %.

Таблиця 3.1.

Гранулометричний склад сапропелю C_i , %

Фракція, мм	Вологість сапропелю, %							
	0	30,1	39,9	47,6	52,3	58,9	62,1	70
<1	25,9	17,1	12,9	6,4	3,9	2,7	0,2	0,1
1...2	29,1	61,3	62,2	65,3	62,4	55,6	21,9	2,5
2...3	19,5	9,8	11,1	12,7	14,8	16,8	37,2	43,1
3...4	7,4	4,1	5,0	5,6	7,4	8,2	13,1	17,5
4...5	6,3	2,8	3,2	3,5	4	4,8	7,8	9,9
5...6	4	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	5,2	7,5
6...10	7,3	2,9	3,2	3,8	4,2	6,5	10,6	13,8
> 10	0,5	0,6	0,8	0,9	1,3	2,9	4,0	5,6

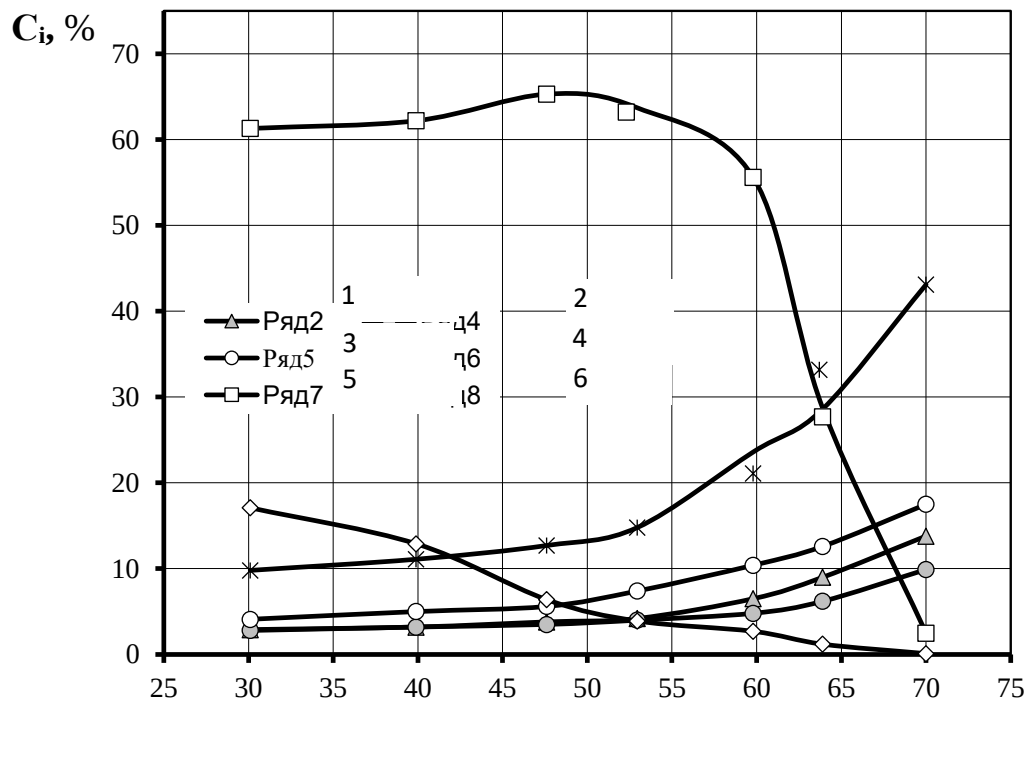


Рисунок 3.15 – Залежність зміни гранулометричного складу сапропелю C_i від його вологості W , по фракціях: 1 – 10...6 мм ; 2 – 5...4 мм; 3 – 4 ...3 мм; 4 – 3...2 мм; 5 – 2...1 мм; 6 – <1 мм

Для інтенсивного протікання процесу змішування необхідно, щоб розміри фракцій усіх складових компонентів ОМД були порівняно однаковими між собою. Фракції із розмірами менше 4мм у відсотках від маси становлять: 95–98 % для сечовини; 90–93% - простого суперфосфату, 100 % - калімагnezія. Результати дослідження сапропелю показують, що в діапазоні вологості $W=30,1...60$ % процентний вміст фракцій із розміром частинок менше 4мм становить від 83 % до 93 %. Тому для приготування ОМС доцільно використовувати сапропель із вологістю менше 60 %.

За результатами дослідження абсолютно сухого сапропелю побудовано інтегральну криву (рис.3.16.), з якої визначили розмір частинок, що складають 50% матеріалу $d_{50}=1,8$, ефективний $d_{60}=2,2$ та контролюючий $d_{10}=0,4$ діаметри частинок. Використовуючи значення ефективного та контролюючого діаметрів обраховували коефіцієнт неоднорідності сапропелю $K_n=5,5$.

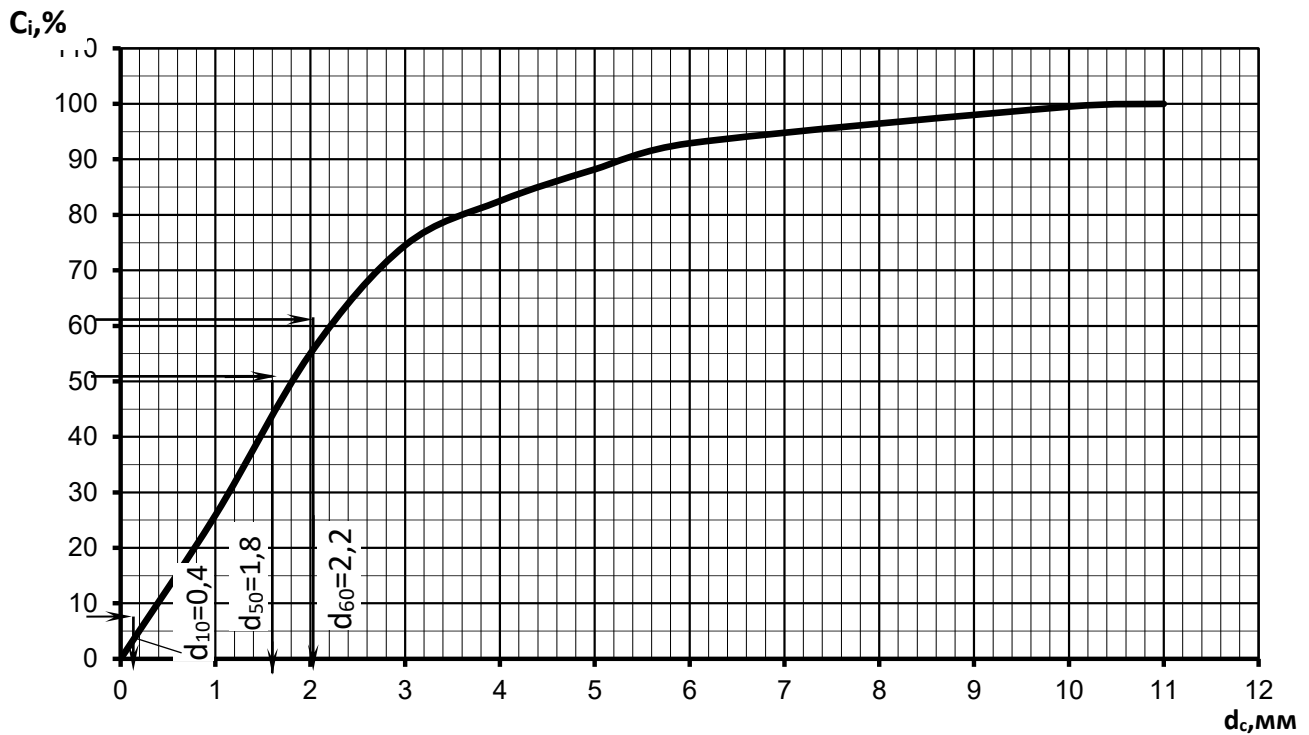


Рисунок 3.16 – Інтегральна крива гранулометричного складу абсолютно сухого сапропелю

Для фосфоритів близько 99,2 % становлять фракції розміром менше 1 мм. Така дрібнодисперсність пояснюється особливістю підготовки фосфоритів перед використанням (розмелом фосфорних руд).

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Мінеральні добрива, регулятори росту рослин, пестициди, знешкоджувальні та інші хімічні речовини широко увійшли в практику рослинництва. Вони забезпечують отримання та збереження високих урожаїв. Проте, всі ці речовини в тій чи іншій мірі небезпечні для людського здоров'я та навколишнього середовища. Необережне їх використання може завдати величезної, часто непоправної шкоди не лише працюючим з ними особам, але й іншим людям, тваринному й рослинному світу, ґрунту, атмосфері.

Вимоги до виробництва, транспортування, торгівлі, зберігання, застосування, утилізації, знищення та знешкодження пестицидів і агрохімікатів встановлені Законом України «Про пестициди та агрохімікати».

Основні шляхи профілактики отруєнь пестицидами і мінеральними добривами: дотримання норм, правил та інструкцій з охорони праці під час роботи з ними; застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих; суворе дотримання кратності обробок посівів і норм витрат хімічних препаратів; проведення хімічних обробок на достатній відстані від населених пунктів, скотарень, водойм при дозволених швидкостях вітру; витримування термінів останньої обробки рослин до збору врожаю; застосування лише вивчених, дозволених препаратів. Гарні результати щодо поліпшення умов праці дає застосування пестицидів (навіть високотоксичних) у формі гранул.

Особи, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів та торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із ними. До роботи з пестицидами і мінеральними добривами допускаються особи, які не мають медичних протипоказань і пройшли медичні огляди (при вступі на роботу та періодичні – у процесі роботи). Не допускаються до таких робіт особи молодше 18 років, вагітні й жінки-годувальниці.

Особи, які залучаються для роботи з пестицидами, щорічно проходять навчання та інструктаж з охорони праці. Тривалість робочого дня під час роботи з токсичними пестицидами 1 і 2 класів небезпеки – 4 години (з доопрацюванням – 2 години на роботах, які не пов'язані з пестицидами); із токсичними пестицидами 3 і 4 класів небезпеки – 6 годин.

Важливим заходом профілактики отруєнь є дотримання строків безпечного виходу робітників на площі, які оброблені пестицидами. Строк

виходу працівників на оброблені пестицидами площі для проведення ручних робіт – 7 днів, механізованих – 3 дні.

Усі роботи з пестицидами й мінеральними добривами повинні бути максимально механізовані. Виконують їх із застосуванням ЗІЗ, ряд робіт виконують у протигазах або респіраторх.

Пестициди й мінеральні добрива зберігають в окремих будівлях. Спільно з ними не можна зберігати хімічні консерванти кормів, кормові добавки, фарби, лаки, харчові продукти та інше.

Пестициди зберігають у заводській тарі (бочках, барабанах, каністрах, скляних бутлях, коробках тощо). Натарі всіх видів повинні бути зазначені найменування препарату, номінальний відсоток діючої речовини, група пестициду, знак небезпеки, маса нетто, а також написи: «Вогненебезпечно» або «Вибухонебезпечно» (за наявності у препараті відповідних властивостей). До кожної пакувальної одиниці повинні бути додані (приклеєні) рекомендації щодо застосування. На тарі сильнодіючих токсичних, отруйних речовин повинен бути нанесений малюнок черепа зі схрещеними кістками і напис: «Обережно. Отрута!».

Пролиті й розсипані речовини слід негайно видаляти і знешкоджувати. Для цього на складі повинні міститися знешкоджувальні речовини – хлорне вапно, кальцинована сода та інші.

Перевозять пестициди та агрохімікати у присутності відповідальної особи на спеціально обладнаному транспорті, у справній і добре закритій тарі. Будь-які інші вантажі або харчові продукти спільно з ними перевозити заборонено.

Перед початком робіт із обробки сільгоспугідь всю техніку, що використовуватиметься, перевіряють на справність, регулюють розташування робочих органів, норму витрати рідини, випробовують на воді. На корпуси машин наносять написи, що вказують на необхідність застосовувати при роботі ЗІЗ. Такі машини повинні бути обладнані бачком із водою для миття рук.

Обробку з використанням вентиляторних і штангових тракторних обприскувачів проводять при швидкості вітру не більше 4 м/с із максимально можливим рухом агрегату проти вітру і на відстані не менше 300 м від населених пунктів, джерел водопостачання, громадських місць відпочинку й ділянок проведення ручних робіт із догляду за культурами.

Робочі розчини готують на спеціальних розчинних вузлах і заправних майданчиках із бетонним або асфальтовим покриттям, розташованих на відстані не менше 500 м від житлових і громадських будівель, ферм, вододжерел, від берегів рибогосподарських водойм.

Заправку обприскувачів проводять закритим способом по герметичних шлангах, попередньо профільтрувавши неоднорідні рідини (щоб уникнути закупорки форсунок). Кабіни тракторів під час внесення пестицидів повинні бути повністю заклені і закриті.

По периметру ділянки, що підлягає обробці, на відстані видимості встановлюють знаки безпеки та попереджувальні написи (наприклад: «Оброблено пестицидами!»). Забирають їх після закінчення карантинних термінів.

Від ділянок, що підлягають обробці, завчасно вивозять пасіки на відстань не менше 5 км і повертають назад через 1-7 діб залежно від використаних хімічних препаратів (конкретні терміни наведені у відповідних інструкціях до препаратів).

На ділянках, оброблених пестицидами, поновлюють роботи тільки після закінчення визначених термінів, встановлених залежно від фізико-хімічних властивостей використаних пестицидів (від 1 до 60 діб). Випас худоби поблизу оброблених пестицидами ділянок дозволяється через 25 днів (необхідно враховувати терміни, вказані в спеціальних інструкціях щодо їх застосування).

Авіаобробка пестицидами допускається лише у випадках неможливості застосування наземної техніки, при швидкості вітру не більше 4 м/с (для зменшення зносу препарату) на ділянках, розташованих не ближче 2 км від: населених пунктів; рибогосподарських водойм, джерел господарсько-питного водопостачання; ділянок під посіви культур, що призначені для їжі без теплової обробки (цибуля на перо, петрушка, селера, щавель, горох, кріп, томати, огірки, плодово-ягідні дерева тощо); скотарень, птахоферм; не ближче 5 км – від місць постійного розміщення медоносних пасік.

У разі неможливого виконання цих умов авіаобробка не допускається.

Роботи з протруювання насіння повинні бути максимально механізовані. Забороняється протруювати насіння методом ручного перелопачування. Слід застосовувати тільки напівсухий і мокрий способи протруювання і відповідну техніку.

Насіння протруюють у спеціально обладнаних приміщеннях, розташованих не ближче 500 м від житлових будівель, тваринницьких приміщень, джерел водопостачання, а також в спеціально обладнаних секціях складу для зберігання зерна. Приміщення повинні мати пофарбовані стіни без тріщин, достатню вентиляцію. Протруювання насіння, вивантаження, упакування в мішки проводять при ввімкненій витяжній механічній вентиляції. Насіння завантажують у мішки і зашивають із застосуванням механізмів.

Рештки протравленого насіння після посіву здають на склад, а в разі необхідності – реалізують іншому господарству для посіву. Їх не можна змішувати з іншими насінням, здавати на хлібоприймальні пункти, використовувати для харчових цілей, на корм худобі й птиці. Ніяка обробка (промивка, варіння тощо) не виводить із них залишки протруйника. Вживання такого зерна в їжу може викликати серйозне отруєння і навіть смерть. Розсипане протравлене насіння збирають, спалюють і закопують.

Із мінеральних добрив особливу обережність слід витримувати під час роботи з водним аміаком. Аміаковози повинні мати заземлювачі. Ємності для зберігання фарбують у світлі тони (для попередження нагріву від сонячної радіації і вибуху). Регулярно перевіряють їх герметичність, стан запірної апаратури, з'єднань.

Кузови, баки, ємності, робочі органи машин із внесення добрив і транспортні засоби після закінчення роботи очищають і промивають водою, а після роботи з пестицидами наносять знешкоджувальну речовину (25-відсотковий розчин хлорного вапна), витримуючи 40-50 хв., після чого промивають водою.

Ділянки землі, забруднені пестицидами, знезаражують хлорним вапном і перекопують.

Для профілактики отруєння хімічними речовинами важливе значення мають режим і склад харчування, дотримання правил особистої гігієни. Токсичні речовини легше всмоктуються в кров при відсутності їжі в шлунку, тому перед роботою з хімічними препаратами важливий прийом їжі, у тому числі рідкої (рідина прискорює виведення отрути з організму). Доскладу їжі повинні входити речовини, які мають обволікувальні властивості та перешкоджають всмоктуванню отрути (крохмаль, желатин та інші). Не дозволяється пити, курити, вживати їжу під час роботи з хімічними речовинами.

Після роботи з пестицидами й мінеральними добривами слід прийняти душ.

Майданчики для відпочинку і прийому їжі, а також продукти, вода повинні бути не ближче 200 м від місць роботи з пестицидами (в ізольованих приміщеннях).

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1. Дослідження однорідності складу ОМС

Для отримання математичної моделі процесу приготування ОМС було проведено чотирифакторний експеримент згідно з методикою, описаною в п.5.1.

Мета проведення експерименту полягала у визначенні коефіцієнта неоднорідності складу приготовленої ОМС при варіюванні таких факторів, як вологість сапропелю, ширина лопаті та кутова швидкість її обертання, товщина шару вхідного потоку матеріалу.

Обробка на ЕОМ (за допомогою розробленої у середовищі Mathcad програми даних результатів чотирифакторного експерименту, згідно з трирівневим планом другого порядку Бокса-Бенкіна, дозволила отримати рівняння регресії коефіцієнта неоднорідності складу ОМС:

$$k_c = 13,01 + 0,481x_1 - 0,817x_3 + 2,505x_4 - 0,987x_2x_4 - 0,837x_3x_4 + 1,36x_1^2 + 0,479x_2^2 + 0,22x_3^2 + 0,291x_4^2 \quad (5.1)$$

де x_1 - кодоване значення вологості сапропелю;

x_2 - кодоване значення кутової швидкості обертання лопаті засобу для приготування ОМС;

x_3 - кодоване значення ширини лопаті;

x_4 - кодоване значення товщини вхідного потоку матеріалу.

Перевірку адекватності отриманого рівняння регресії (5.1) проводили за допомогою критерію Фішера F_ϕ .

Розрахункове значення F_ϕ – критерію Фішера становило: $F_\phi=6,163$ при дисперсії неадекватності $S_{неад}=0,847$ і дисперсії відтворюваності $S_y=0,137$.

Табличне значення критерію Фішера при прийнятому 5%-му рівні значущості, згідно з [8], складало:

$$F_\phi(0,05; f_2; f_1)=19,43 \quad (5.2)$$

де f_2 – число ступенів вільності дисперсії неадекватності ($f_2=17$);

f_1 – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності ($f_1=2$).

Оскільки $F_\phi=6,163 < F_\phi(0,05; f_2; f_1)=19,43$, то отримана модель адекватна.

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії проводилась за допомогою критерію Стюдента, згідно з методикою п.5.1.

Критерій Стюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності $f_1=2$ склав $t(0,05; 2)=4,30$ [9].

Довірчі інтервали коефіцієнтів регресії становили:

$$\Delta b_0=0,92 \quad \Delta b_i=0,46 \quad \Delta b_{ir}=0,797 \quad \Delta b_{ii}=0,69 \quad (5.3)$$

Остаточне рівняння із факторами в натуральному виді запишеться:

$$k_c = 186,333 - 4,8W + 59,40b + 621,45h - 2,473\omega_{\text{л}} - 6,58\omega_{\text{л}}h - \\ - 2790bh - 0,054W^2 + 0,019\omega_{\text{л}}^2 + 2200b^2 + 323,333h^2 \quad (5.4)$$

За отриманим рівнянням регресії (5.2) було побудовано поверхні відгуку та їх двомірні січення.

Аналіз отриманих результатів показує, що всі розглянуті фактори мають суттєвий вплив на якість однорідності складу ОМС, про що свідчать відповідні коефіцієнти, але найбільш визначальним є товщина шару вхідного потоку матеріалу.

5.2. Дослідження ступеня подрібнення ОМС

Відповідно до технології виготовлення ОМД, товарна величина гранул повинна бути 2-6 мм. При гранулюванні, для забезпечення утворення однорідних гранул ОМД заданого діаметра, необхідно використовувати однорідну дрібнодисперсну ОМС. Збільшення ступеня подрібнення ОМС при її приготуванні характеризує підвищення якості суміші. Тому, одним із критеріїв оцінки роботи засобу для приготування ОМС є ступінь подрібнення.

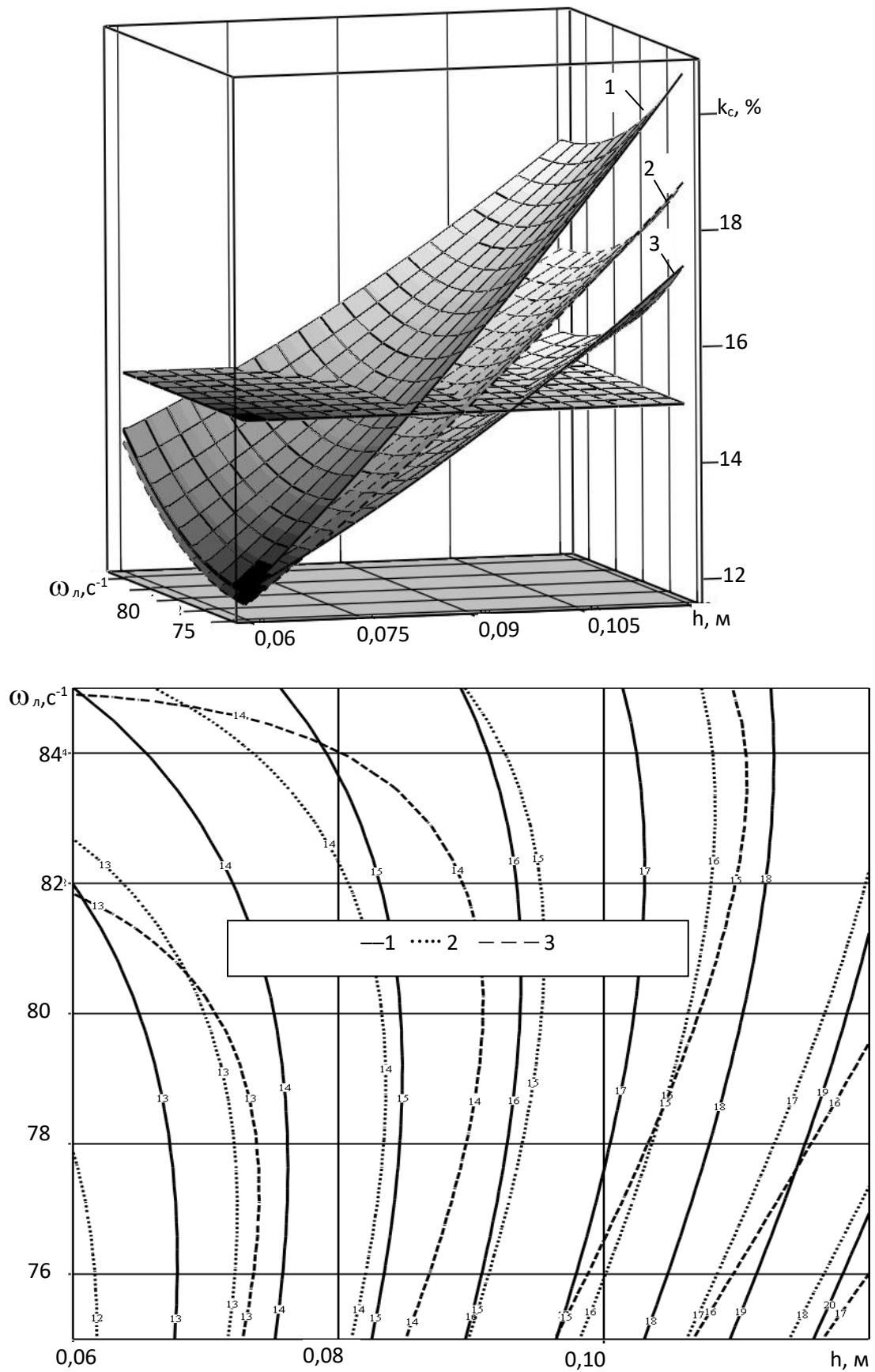


Рисунок 5.1 – Залежність коефіцієнта неоднорідності складу ОМС при використанні сапропелю вологістю $W=50\%$ від товщини вхідного потоку h та кутової швидкості обертання лопаті ω_n при ширині лопаті b :

1– $b=0,015 m$; 2– $b=0,025 m$; 3– $b=0,035 m$

Загальна методика планування експерименту викладена в п.5.1. При дослідженні ступеня подрібнення ОМС використовували дослідну установку засобу для приготування ОМС (рис.5.1) та обладнання для визначення гранулометричного складу матеріалу.

Згідно з попередніми дослідженнями, визначальними факторами (табл. 5.1), які впливають на ступінь подрібнення частинок ОМС, є: W - вологість сапропелю; $\omega_{\text{л}}$ - кутова швидкість обертання лопаті; b - ширина лопаті; h - товщина вхідного потоку матеріалу.

Обробка даних результатів чотирифакторного експерименту згідно з трирівневим планом другого порядку на ЕОМ (див. додаток Д), дозволила отримати рівняння регресії, функцією відгуку якого є ступінь подрібнення ОМС:

$$i = 1,29 + 0,017x_2 - 0,013x_3 - 0,012x_4 - 6,074 \cdot 10^{-3}x_1^2 - 6,949 \cdot 10^{-3}x_2^2 - 4,486 \cdot 10^{-4}x_3^2 - 0,013x_4^2$$

Аналіз цього рівняння показує, що найбільший вплив із розглянутих факторів на ступінь подрібнення ОМС при приготуванні її розробленим засобом має кутова швидкість обертання та ширина лопаті, про що свідчать значення коефіцієнтів при даних факторах.

Остаточне рівняння регресії з факторами у натуральному вигляді буде:

$$i = -1,30424 + 0,02187W + 0,04787\omega_{\text{л}} - 1,0757b + 2,2h - 0,000243W^2 - 0,00028\omega_{\text{л}}^2 - 4,486b^2 - 14,44444h^2$$

Для побудови поверхні відгуку використовувалась програма „Mathcad”. Порівняльний аналіз отриманих поверхонь та їх двомірних січень (рис.5.3 й рис.Д.3-Д.4) показав, що ступінь подрібнення ОМС зростає із збільшенням кутової швидкості обертання лопаті та зменшенням ширини лопаті.

ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу процесу приготування ОМС перед гранулюванням встановлено, що цей процес необхідно здійснювати при мінімальній його тривалості, а однорідність складу гранул ОМД досягається за умови одночасного подрібнення частинок компонентів у процесі змішування. При цьому, у засіб для приготування ОМС компоненти необхідно подавати за допомогою стрічкового транспортеру, на якому вони розміщуються шарами. Для розділення у вхідному потоці сапропелю та сечовини необхідно використовувати шар фосфорних або калійних добрив.

2. Аналіз математичної моделі руху частинки, наділеної силою зв'язності із приведеними параметрами, на поверхні параболічних скатних лотків дозволив обґрунтувати їх раціональні параметри: параметр параболи $p_0=7,0...8,8$; кути, що визначають початок та кінець твірної: $\theta_0=51...53^\circ$, $\theta_k=67...70^\circ$.

3. Аналіз моделі руху частинки ОМС на поверхні лопаті у вигляді системи неоднорідних диференціальних рівнянь другого порядку дав змогу теоретично обґрунтувати діапазон раціональних значень кутової швидкості обертання лопаті $\omega_d=75...85\text{с}^{-1}$, за якої відбувається самоочистка лопатей, подрібнення частинок складових компонентів і їх змішування.

4. Експериментальними дослідженнями встановлено, що липкість ОМС суттєво зростає із збільшенням тривалості процесу змішування. Максимальні значення липкості сапропелю зафіксовані у діапазоні вологості $W=41...43\%$ по відношенню до прогумованої стрічки, і становлять $\sigma=452...460\text{Па}$. Для сапропелю та ОМС на його основі значення коефіцієнтів внутрішнього тертя менші від зовнішнього. Діаметр частинок сапропелю, що становить 50% за масою матеріалу, рівний $d_{50}=1,8\text{мм}$. Кут вкладання частинок сапропелю дорівнює $48...50^\circ$. Для приготування ОМС необхідно використовувати сапропель вологістю не вище 50%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бодак В.І. Розробка і дослідження механізмів для добування сапропелів: Дис... канд. техн. наук: 05.20.01. - Луцьк, 1996. -209 с.
2. Гладюк М.М. Основи агрохімії. Хімія сільському господарстві. – К.: Ірпінь, 2003. - 288с.
3. Горб А.Е., Лапа М.А. Органо-мінеральна система удобрення як фактор зростання врожайності та одержання екологічно чистої продукції // Агроінком. - 1988. - № 1-2. - С. 6-9.
4. Дідух В.Ф., Сацюк В.В. Вплив процесу змішування на якість гранульованих органо-мінеральних добрив // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 5. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1999. - С.89-93.
5. Дідух В.Ф., Сацюк В.В. До теорії формування вхідного потоку компонентів суміші у змішувач // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 12. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2004. - С.60-68.
6. Дідух В.Ф., Сацюк В.В. Моделювання процесу змішування компонентів органо-мінеральних добрив / Агромех-2004: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22-24 вересня 2004 р. – Львів: Львівський державний аграрний університет, 2004. – С. 128-133.
7. Дідух В.Ф., Цизь І.Є., Сацюк В.В. Перспективи використання гранульованих органо-мінеральних добрив у системі точного землеробства // Збірник наукових праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том XI. – Київ: НАУ, 2002. - С.180-185.
8. Дмитрієв Д.В. Стенд для дослідження процесу змішування комбікормів // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 5. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1999. - С.102–105.
9. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / Дмитренко П.О., Колобова М.Л. та ін. / За ред. Дмитренка П.О. – 4-е вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1987. – 208 с.
- 10.Дутченко І.В., Шевчук М.Й. Технологія вирощування екологічно-чистих видів рослинницької продукції з основами землеробства. - Луцьк: Надстир'я, 1995. - 268 с.
- 11.Єрмоленко В.О. Біологічно активні добрива. – К.: ПФ БОЄВ, 2002. - 152 с.
- 12.Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки // Методичні рекомендації для дипломного проектування студентів спеціальності 3113 “Механізація сільськогосподарського виробництва”. - Львів: Львівський державний сільськогосподарський інститут, 1994. -27 с.

- 13.Капаціла Ю.Б. Розробка і дослідження технологічних процесів багатофункціональних агрегатів для кормовиробництва: Дис. канд. техн. наук. - Луцьк, 1999. - 140с.
- 14.Климик В.С., Кропивницький В. В. Основи технології виробництва органо-мінеральних добрив // Вісник Білоцерківського державного аграрного університету, вип. 4, частина 2. - Біла Церква: БДТУ, 1998. - 312 с.
- 15.Лісовий М.В. Підвищення ефективності мінеральних добрив. – К.: Урожай, 1999. –120 с.
- 16.Мерленко І.М. Мінералогічний потенціал фосфоритів Волині та України // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.6. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2000. - С.93–96.
- 17.Методичні вказівки по ефективному використанню добрив під сільськогосподарські культури в господарствах Волинської області / А.К. Зозуля, В.В. Мерленко, В.З. Ляшук, М.П. Петрук, Є.М. Кузнєцов. - Луцьк: Волинська обласна друкарня, 1987. - 52с.
- 18.Носко Б.С., Христенко А.О. Фосфорити як джерело фосфорного живлення сільськогосподарських культур // Зб. наук. ст. і доп. - Луцьк: Надстир'я, 1997. - С.38-49.
- 19.Озерні сапропелі України: Збірник технологій і рекомендацій щодо використання сапропелів, у т. ч. на забруднених радіонуклідами землях, нормативних актів, довідкових матеріалів /Шевчук М.Й., Дегедюк Е.Г. і ін.; За ред. Дегедюка Е.Г., Шевчука М.Й. - Луцьк: Надстир'я, 1996. - 187с.
- 20.Пат. 33726 А України, В 01 F 7/08. Змішувач / Сацюк В.В., Дідух В.Ф. - № 99031725; Заявл. 29.03.1999; Опубл. 15.02.2001. Бюл. №1. - 2 с.
- 21.Пат. 41757 А України, В 01 F 7/08. Змішувальний пристій / Хайліс Г.А., Дідух В.Ф., Сацюк В.В. - № 2001031738; Заявл. 15.03.2001; Опубл. 17.09.2001. Бюл. №2. - 2 с.
- 22.Пилипець М.І., Гурик О.Я. Дослідження процесу транспортування і змішування сипких матеріалів шнеково-лопатевим агрегатом // Збірник наукових праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том ІХ. – Київ: НАУ, 2000. - С.206-215.
- 23.Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: Дис... докт. техн. наук: 05.20.05, 05.05.05: Тернопіль, 1997. -500 с.
- 24.Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дмитрів Д.В. Моделювання роботи малогабаритного лопатевого змішувача // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.6. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2000. - С.129-135.

- 25.Рогатинський Р.М., Капаціла Ю.Б., Дмитрів Д.В. Змішувач комбікормів // Збірник наукових праць Національного аграрного університету “Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том VII. – Київ: НАУ, 2000. – С.115-119.
- 26.Сацюк В.В. Аналіз процесу змішування матеріалів на скатних лотках змішувачів // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник за напрямом „Інженерна механіка”. – Луцьк: Луцький державний технічний університет. Випуск 11. – 2002. – С. 255-259.
- 27.Сацюк В.В. Модель частинки із приведеними параметрами, що враховує силу зчеплення частинок / Тези XIX-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу (технічний напрям). – Луцьк: Навчально-науковий відділ ЛДТУ, 2004 – С. 119-120.
- 28.Сацюк В.В. Обґрунтування форми поверхні скатних лотків змішувачів // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.8. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2001. - С.243-247.
- 29.Сацюк В.В. Результати дослідження фізико-механічних властивостей сапропелю та органо-мінеральних сумішей на його основі // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.11. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2003. - С.101-106.
- 30.Сацюк В.В. Установка для змішування компонентів органо-мінеральних добрив // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип.6. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2000. - С.143-146.
- 31.Сацюк В.В., Голячук С.Є. Аналіз процесу змішування багатокомпонентних сумішей // Сборник научных трудов Керченского морского технологического института „Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий”. Выпуск 2. - Керчь: КМТИ, 2001. - С.125–128.
- 32.Сацюк В.В., Дідух В.Ф. Методика визначення маси проби для встановлення однорідності складу органо-мінеральної суміші // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Випуск 21. - Харків: ХДТУСГ, 2003. – С.312-319.
- 33.Сацюк В.В., Дідух В.Ф. Оцінка згладжуючої здатності змішувачів методом імпульсного збурення // Збірник наукових праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том IX. – Київ: НАУ, 2000. - С.215-218.
34. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. – К.: НМК ВО, 1992. - 320 с.