

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

на тему: «Розробка установки для змішування
та вивантаження добрив»

КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмз_21
ЛОСЬ Дмитро

Керівник: канд. техн. наук, доцент
БІДА Сергій

Полтава – 2023 року

ВСТУП

У багатьох країнах світу, зокрема і в Україні, зростає зацікавленість до використання досягнень мікробіології у сільському господарстві. Розширюються уявлення про вплив мікроорганізмів на процес росту рослин та підвищення урожайності. Біопрепарати дозволяють сконцентрувати їх корисні властивості в певному місці і часі.

Існуючі технології та засоби обробки гранул мінеральних добрив трудомісткі та потребують значних капітальних вкладень, а засоби механізації, що використовуються, недостатньо досконалі.

Тому, впровадження нових енерго-, ресурсозберігаючих технологій і відповідних засобів механізації з низькою матеріалоемністю, що дозволяють забезпечити необхідну кількість готової продукції, а також знизити його собівартість, є актуальною задачею.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Змішані добрива виробляють, використовуючи механізоване змішування приготування однокомпонентних або комплексних негранульованих або гранульованих добрив на особливих змішувальних підприємствах, великих складах або самому господарстві. Також змішування добрив виконують шляхом змішування гранульованих і порошкоподібних (пилоподібних) добрив. В даному випадку відбувається суттєве зниження трудомісткості на внесення добрив в порівнянні з окремим використанням односторонніх добрив і збільшується їх продуктивність [1].

У залежності від структури змішування добрив загальний склад поживних речовин в суміші варіюється від 30 до 60%. Крім азоту, фосфору та калію, змішані добрива можуть включати мікроелементи, стимулятори росту та інше [2]. Суміші добрив різноманітні за складом, і їх можна адаптувати згідно вимог різних сільськогосподарських культур і ґрунтово-кліматичних умов. В цьому їх відмінність від складних добрив з постійним складом.

Важливим моментом покращення виробництва і вдосконалення технічних засобів, для змішування мінеральних добрив, є їх висока якість, гарні фізико-механічні властивості.

Технологія виготовлення сумішей в господарствах складається з підготовки добрив, дозуванні за масою або об'ємом, змішування і завантаження в транспортні засоби. Метод сухого механічного змішування широко використовується на іноземних виробництвах [3-6].

1.1 Аналіз технічних засобів транспортування та змішування

Основні технологічні операції та робочі процеси в сільськогосподарському виробництві виконуються шляхом транспортування та обробки матеріалів, для цього використовуючи сотні типів робочих органів машин, подекуди не

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

універсальних, метало- та енергоємних.

Спірально-гвинтові транспортери відомі достатньо давно і більшість світових виробників мають в лінійці обладнання, що випускають, транспортні машини подібного типу.

Спірально-гвинтові транспортери складаються з труби, всередині якої розміщена спіраль, один кінець якої з'єднаний з валом, і має різні приводи. Особливістю даної конструкції є повна відсутність деталей, що перешкоджають вільному пересуванню матеріалу в корпусі транспортеру. Не маючи на своєму шляху додаткових перешкод у вигляді підшипникових опор, шестерень, ланцюгів і т. і., транспортований продукт практично в повному об'ємі рухається до виходу транспортера, що виключає появу застійних зон або переущільнених ділянок. Крім переміщення матеріалів дані транспортери, можливо використовувати в якості змішувачів сипучих матеріалів, так і сипучих матеріалів з рідинами. Також використовувати в якості дозаторів [7-9].

Через відсутність центрального вала ступінь заповнення спірально-гвинтового транспортера матеріалом вища, ніж у шнекових. Місце, яке раніше займав вал, тепер повністю заповнене матеріалом, що транспортується, а отже, його більший об'єм може бути переміщений за один оберт гвинта.

Маючи більш просту конструкцію, спіральні транспортери містять меншу кількість деталей, що контактують з матеріалом, що переміщується. Це, в свою чергу, збільшує надійність і безвідмовність транспортних машин даного типу.

Пристрої для вивантаження сипких матеріалів [10, 11, 12], зокрема мінеральних добрив поділяються:

за способом віддачі сили пересування матеріалу, що переміщується:

- приведення в дію за допомогою механізмів;
- пристрої, в яких матеріал рухається самопливом під дією власної ваги;
- пристрої пневматичного транспорту [13, 14], в якому силою пересування є повітряні потоки;

за принципом прикладання сили пересування і конструкції:

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- з тяговим механізмом (шнеком, спіраллю);
 - без тягового механізму;
- за напрямом і шляхом пересування матеріалу:
- вертикально зімкнуті (розташовані в вертикальному напрямі і переміщують матеріали по шляху, що складається з одної або декількох прямих складових частин);
 - горизонтально зімкнуті (розташовані в одному горизонтальному напрямі на одній горизонтальній поверхні по зімкнутій лінії);
 - об'ємні (розташовані по всьому об'ємі і переміщують матеріали по складному об'ємному шляху з горизонтальними, похилими і вертикальними складовими частинами);
- за функцією та розташуванням на довільній ділянці:
- нерухомі;
 - рухомі, розподільні з власним циклічно зворотним фіксованим переміщенням (човникові);
 - пересувні;
 - мобільні.

Навантажувач «Технолог-4000» (рисунок 1.1) призначений для завантаження різних сипучих матеріалів на висоту 3400 мм, під кутом нахилу шнеку 60° , діаметр шнеку складає 114 мм, встановлена потужність 2,7 кВт, об'єм приймального бункера складає $0,3 \text{ м}^3$, продуктивність $4 \text{ м}^3/\text{год}$, маса даного навантажувача не більше 200 кг [15].

Навантажувач сипучих матеріалів ПСМ-5 (рисунок 1.2) призначений для механізації завантаження з бурта в кузов автомобіля або причепу, підйом на висоту, горизонтальне переміщення сипучих матеріалів [15].

Довжина корпусу складає 5 м, продуктивність до 8 т/год, регульована висота підйому сипучих матеріалів 1..2,5 м, діаметр корпусу шнека 152 мм, частота обертання шнека 500 хв^{-1} , маса навантажувача 224 кг.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 – Навантажувач «Технолог-4000»: 1 – вивантажувальне вікно;
2 – шнек; 3 – пульт керування; 4 – рама; 5 – приймальний бункер

Навантажувач ПЗН-200 (рисунок 1.3) призначений для завантаження зерна та інших легких сипучих матеріалів з бурта в транспортний засіб. Навантажувач продуктивний та мобільний [16].

Рисунок 1.2 – Навантажувач ПСМ-5: 1 – ходова частина; 2 – рама;
3 – вивантажувальне вікно; 4 – пасова передача; 5 – електродвигун; 6 – корпус шнека; 7 – шнек; 8 – захисна решітка; 9 – опора

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Рисунок 1.3 – Навантажувач ПЗН-200: 1 – стрічковий транспортер із планками; 2 – зчіпний пристрій із задньою навіскою трактора; 3 – кругле прохідне вікно; 4 – роторний відкидач сипучого матеріалу; 5 – стрічковий шнек; 6 – привод стрічкового шнека; 7 – вивантажувальне вікно

Шнекові навантажувачі складаються з ковшового елеватору, стрічкового транспортера з поворотно-підйомним механізмом та колісного візку. Сипучий матеріал подається в завантажувальний бункер, де постійно обертається шнек, що надає рух потоку, переміщуючи його трубою до вивантажувального вікна. Спеціальний гвинтовий пристрій дозволяє змінювати кут нахилу шнека, за рахунок чого, транспортування може виконуватися в похилому та горизонтальному положенні.

Навантажувач ПЗН-200 має габаритні розміри $4 \times 3,5 \times 1,5$ м, маса складає 700 кг, агрегується з тракторами ЮМЗ-6А, МТЗ-80 за допомогою зчіплювача СА-1, привід здійснюється від валу відбору потужності, продуктивність складає 200т/год.

Шнековий транспортер з електроприводом Т 206/3 (рисунок 1.4) призначений для переміщення різного виду зерна, насіння та сипучих матеріалів на незначну відстань, для заповнення силосів, мішків і т.ін. [17, 18].

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Рисунок 1.4 – Шнековий транспортер Т 206/3:

1 – ходова частина; 2 – рама; 3 – вивантажувальне вікно; 4 – пасова передача;
5 – електродвигун; 6 – корпус шнека; 7 – шнек; 8 – захисна решітка

Використовується на фермерських господарствах та невеликих складах. Характеризується великою продуктивністю, малою потребою потужності, низькими витратами експлуатації, можливістю роботи під різним кутом нахилу.

Маса транспортера складає 83 кг, потужність приводу 1,5 кВт, частота обертання шнека 451 хв^{-1} , діаметр шнеку 90 мм, продуктивність 9 т/год.

Недоліками даних транспортерів є висока енерго- та матеріаломісткість, значне травмування сипучих матеріалів, потреба в агрегуванні з тракторами, в даному випадку навантажувача ПЗН-200.

Пристрої, що використовують для змішування сипучих матеріалів, зазвичай називають змішувачами. За конструктивним виконанням вони мають різноманітні форми: для одного і того ж призначення змішування часом застосовуються десятки різних за конструкцією змішувачів [19, 20, 21].

Змішувачі, що використовують в даний час, можна систематизувати наступним чином [22]:

1) за речовим станом відправних інгредієнтів – змішувачі для сипучих

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

матеріалів (без зміни речового стану), рідини з низькою та високою в'язкістю, і в'язкою еластичністю (зі зміною фізичного стану в режимі змішування суміші);

- 2) за типом процесу змішування – змішувачі циклічної і постійної дії;
- 3) за функціонуванням режиму змішування – змішувачі, що використовують режим конвекції, дифузії і конвективно-дифузійний;
- 4) за режимами потоків змішування – змішувачі безладного і рівномірного змішування;
- 5) за способом впливу на суміш – змішувачі, що працюють під впливом сил гравітації, відцентрових, зрушення, вібрації [23].
- 6) за конструктивною основою – змішувачі циліндричні [24] (без використання і з використанням внутрішніх робочих механізмів), зі швидким і тихим ходом, пропелерними, рамними, у формі Z, плугоподібними, тарілчастими і т. п. [25].

За місцем розташування робочих механізмів змішувачі можуть бути горизонтальні і вертикальні, за кількістю змішуючих валів – одновальні і двохвальні, за типом робочих органів – шнекові, лопатеві, стрічкові [26].

Вертикальні змішувачі з різними робочими органами, що використовують в сільськогосподарському виробництві, приведені на рисунку 1.5, а горизонтальні змішувачі на рисунку 1.6.

Як відомо, в усіх вертикальних змішувачах циклічний режим роботи. В залежності від конструкції та інгредієнтів змішування однієї порції бажане протягом 5..30 хв.

Малі розміри вертикальних змішувачів пояснюються тим, що продуктивність змішувачів майже не залежить від розмірів робочого об'єму ємності, оскільки, чим менший об'єм, тим швидше відбувається змішування.

Горизонтальні змішувачі бувають і постійної і циклічної дії [27]. Ці змішувачі більш енергомісткі та металомісткі в порівнянні з вертикальними.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Рисунок 1.5 – Схеми вертикальних змішувачів: а, б, в – шнекові;
г, д – стрічкові; ж, з – лопатеві; е, і – комбіновані

Рисунок 1.6 – Схеми горизонтальних змішувачів:
а, б – шнекові; в, г – стрічкові; д – лопатеві; е – комбіновані

Розглянемо деякі змішувачі сипучих матеріалів, змішувач «СПП-1040» (рисунок 1.7) з розташованою горизонтально стрічково-шнековою мішалкою, призначеною для змішування пилоподібних матеріалів. Змішувач складається з

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

пульту управління, на якому відображується загальний час змішування, час циклів. Об'єм змішувальної камери складає 1,04 м³, маса завантаження одного циклу 520 кг, продуктивність 2 т/год., встановлена потужність 11 кВт, габаритні розміри 2,75×1,2×2,1 м [5].

Рисунок 1.7 – Змішувач «СПП-1040»: 1– пульт управління; 2 – електродвигун; 3 – кожух пасового приводу; 4 – рама; 5 – змішувальна камера; 6 – стрічково-шнекова мішалка; 7 – вивантажувальне вікно; 8 – завантажувальне вікно

Змішувач сухих сипучих матеріалів «СМ ТУРБОМІКС 500» (рисунок 1.8) – це пристрій циклічної дії, що використовується для більш якісного насиченого змішування сухих сипучих матеріалів. Добротність і продуктивність змішування сипучих матеріалів гарантується формою та порядком положення робочих органів змішувального механізму [28].

Віддозовані компоненти сухої суміші завантажуються з вагового дозатору через дискову заслінку в ємність змішувача. Для цього у верхній частині ємності є технологічні отвори, до яких кріпляться вагові дозатори та додаткові пристрої подачі. Далі, завантажені компоненти перемішуються змішувальним вузлом з

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

лопатками лемехового типу, до утворення однорідної суміші по всьому об'єму. Змішувальний вузол рухається завдяки редуктору. Лопаті лемехового типу перемішують завантажені сухі компоненти, утворюючи суху однорідну суміш. Готова суміш подається через люк шиберного затвору в приймальний бункер змішувача.

Рисунок 1.8 – «СМ ТУРБОМІКС 500»: 1 – редуктор; 2 – електродвигун;
3 – завантажувальний люк; 4 – вивантажувальний люк;
5 – лопатка змішувального вузла

Номінальне навантаження змішувача складає 250 л, час циклу змішування суміші 2-3 хв., частота оберту вала 90 хв^{-1} , потужність приводу 18,05 кВт, габаритні розміри не більше $1993 \times 1044 \times 1729$ мм, маса 2500 кг.

Недоліки даного змішувача в тому, що він стаціонарний, потребує додаткових завантажувальних пристроїв, не виконує повне вивантаження змішаного матеріалу.

Для змішування сухих сипучих матеріалів використовують вібраційні змішувачі, які представлені на прикладі вібраційного змішувача СМВ-1,0 (рисунок 1.9). Вібраційні змішувачі даного типу відрізняються рухом сипучих матеріалів в трьох напрямках, частинки матеріалу переміщуються не в одному повільному циркуляційному русі всього об'єму матеріалу, але й виконують швидкі спіралеподібні рухи, повторюючи рух камери. Виходячи з цього, рух між

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

частинами сипучого матеріалу проходить дуже насичено, що дозволяє прискорити змішування.

Вібромішувачі з просторовими рухами коливань дозволяють виробляти суміші з необхідним розподілом інгредієнтів коефіцієнтом однорідності ($V=1,5..2,5\%$) через 5..20 хвилин після початку змішування.

Рисунок 1.9 – Вібраційний змішувач СМВ-1,0:

1 – рукоятка відкриття клапану; 2 – клапан вивантаження; 3 – внутрішня кришка; 4 – завантажувальний люк; 5 – верхня кришка; 6 – змішувальна камера; 7 – інерційний вібробуджувач; 8 – віброізолятор; 9 – електродвигун

Змішувальна камера вібромішувача виготовлена у вигляді спеціальної конструкції з тороїдальною камерою певного внутрішнього діаметру (відношення зовнішнього і внутрішнього діаметрів $D/d=2,0..2,5$), що забезпечує під дією тривимірної вібрації швидке змішування часток, незалежно від їх розмірів і ваги.

Вібраційний змішувач складається з камери, що спирається через гумові віброізолятори на раму. З камерою жорстко пов'язаний вібробудник. Камера оснащена патрубком завантаження і розвантажувальним клапаном (з ручним або механічним керуванням).

Умовна місткість камери 1 м^3 , час змішування 5..20 хв., потужність 11 кВт, частота коливань 16 Гц, габаритні розміри $1856 \times 1812 \times 1986 \text{ мм}$, маса 990 кг [19, 29].

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Недоліки даного змішувача в тому, що він стаціонарний, потребує використання додаткових пристроїв, для завантаження і дозування матеріалу, також має велике енергоспоживання.

Барабанні змішувачі циклічної дії являють собою просту конструкцію, вони багатофункціональні (з ними можливо паралельно з процесом змішування проводити висушування, нагрівання, змочування рідкими речовинами, хімічну обробку, гранулювання).

У змішувачах барабанного типу змішування вихідних інгредієнтів виконується за допомогою обертання ємності, виконаної у формі циліндру. Вал, навколо якого обертається циліндр, трохи нахилений по горизонталі.

Барабанний змішувач (рисунок 1.10) складається з циліндричної ємності (барабан) 2, на ньому встановлені ободи 3, 5 і зубчасте кільце 4, несучі опори 7 і 11, на опорах є ролики і фіксатори для закріплення ємності у визначеному місці; механізми приводу ємності, складається з електродвигуна 8, зменшувача ходу 9 і шестерні 10, похилого лотку 1, розрахованого для завантаження у ємність компонентів для змішування, вивантажної частини 6, рами 12. У його кінці прикріплюють підтримуючий обід, через який матеріал потрапляє до вивантажної частини 6.

Рисунок 1.10 – Схема барабанного змішувача:

1 – лоток; 2 – ємність; 3, 5 – ободи; 4 – зубчасте кільце; 6 – вивантажна частина; 7, 11 – несучі опори; 8 – електродвигун; 9 – зменшувач ходу; 10 – шестірня; 12 – рама

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Сипучий матеріал можливо подавати в змішувач постійно або порціями. Можливість подавати порціями існує завдяки тому, що барабанний змішувач має високу рівномірність.

Недоліками даного змішувача полягають у складності конструктивного виконання, технічному обслуговуванні несучих опор і підвінцевих шестерень, використання додаткових пристроїв для завантаження та дозування компонентів суміші.

Діагональний змішувач NDM 1000 (рисунок 1.11) призначений для високоякісного змішування практично всіх видів борошняної або гранульованої сировини [30].

Принцип змішування полягає у шнекові, що обертається з частотою 62 хв^{-1} і безпосередньо приводиться в рух редуктором.

Маса завантаження складає 1500 кг, потужність приводу 5,5 кВт, час змішування 10..15 хв., час вивантаження 5...10 хв., маса змішувача 465 кг, габаритні розміри $4250 \times 1040 \times 2800$ мм.

Рисунок 1.11 – Діагональний змішувач NDM 1500:

- 1 – бункери для компонентів суміші; 2 – редуктор; 3 – електродвигун;
4 – випускне вікно; 5 – опорна рама; 6 – шнек;
7 – підставки; 8 – завантажувальні вікна

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Недоліками даного змішувача є використання додаткових пристроїв для завантаження компонентів суміші, низька якість суміші, неповне вивантаження суміші.

1.2 Способи змішування сипучих матеріалів

У багатьох сферах діяльності використовують змішування різних матеріалів, у таких як створення комплексних добрив, засобів для чищення, хімікатів, барвників, пластмас, гумотехнічних виробів і т.д. Головна задача змішування є створення однорідної маси з різних інгредієнтів. Пропорції частин інгредієнтів, що входять до складу суміші, варіюються у залежності від необхідного кінцевого продукту в значних межах (інколи у пропорції 1:16 і більше). Перед змішуванням хід процесу описується організованим порядком інгредієнтів, а в фінальній частині – хаотичним, випадковим розподіленням стану інгредієнтів.

Протилежний процес змішуванню називається сегрегація, цей процес призводить до розшарування на різні частини або інгредієнти. Під час змішування може відбуватися паралельно і процес сегрегації, але вони будуть мати різні швидкості процесів.

Для якісної реалізації змішування змішувальний апарат повинен виконувати не менше двох дій, такі як: подрібнення (диспергування) однієї із частин суміші, коли у деяких випадках відбувається зміна фізичного складу інгредієнтів (розчиняється, плавиться, поглинається); статичний нехаотичний розподіл компонентів по всій масі суміші.

До складу сумішей обов'язково повинні входити від двох до більшої кількості інгредієнтів. Складова частина суміші, що має більшу частку, ніж інші, називається дисперсійним середовищем. Частини суміші, що розчиняються в дисперсійному середовищі, називаються диспергованою фазою. У тому, випадку, якщо інгредієнт додають уже в суміш, то раніше приготована суміш називається дисперсійним середовищем.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для змішування сипучих матеріалів застосовують пневматичні, гравітаційні та механічні способи, а також періодичний та безперервний процес змішування.

Пневматичне змішування виконується при проходженні повітря або газу через шар матеріалів, що змішуються, у завислому псевдозрідженому шарі, або в різних суміщеннях псевдозрідженого шару з віброколиваннями [31].

Гравітаційний метод змішування виконується за допомогою різних механічних агрегатів. За їх допомогою сипучий матеріал злітає на деяку висоту та падає під дією своєї маси, виконуючи при цьому більш чи менш різноманітні траєкторії, змішуючись при цьому. Найбільш поширені у цьому випадку барабанні змішувачі, орієнтовані відповідним чином у просторі (горизонтальні з діагональною віссю або біциклічні с похилими осями).

Механічний спосіб змішування найбільш поширений. Складний інтенсивний рух матеріалів здійснюється обертанням різних змішувальних пристроїв. До них належать одно- та двовальні лопатеві змішувачі, з поворотними робочими органами у площині обертання, шнекові змішувачі, що забезпечують складний рух матеріалів і т.д. [32].

Періодичний процес змішування здійснюється у замкненому об'ємі змішувального пристрою. При цьому вирішальне значення має час змішування, який необхідний (мінімально достатній) для забезпечення заданої однорідності суміші.

У цьому випадку продуктивність змішувального пристрою залежить від часу змішування, завантаження, запуску, зупинки та вивантаження. Час змішування визначається не лише об'ємом пристрою, конструкцією робочих органів, швидкістю обертання, властивостями компонентів, що змішуються, але й у значній мірі залежать від першочергової орієнтації поверхні поділу компонентів і порядку заповнення ними змішувача. Розміщення компонентів повинне забезпечити максимальну швидкість, збільшення кількості поверхонь розділу компонентів.

Вірно сконструйований змішувач, можливо забезпечить однаковий час змішування незалежно від початкового розміщення компонентів. Періодична

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

переорієнтація матеріалу в змішувачі у процесі змішування скоротить основний час.

Виходячи з вище сказаного, змішувачі періодичної дії недостатньо досконалі не лише з точки зору тривалості циклу змішування і, отже, низької продуктивності, але і з точки зору можливості механізації та автоматизації технологічного процесу.

Основною відмінністю безперервного процесу змішування від періодичного є постійне уведення компонентів у завантажувальну частину змішувача. При цьому має місце різке варіювання концентрації компонентів на вході. Мета процесу – зниження вібрації до заданого мінімуму при виході із змішувача. Так само як і у випадку періодичного циклу, поверхні розділу компонентів повинні перетинатися з лініями потоку в змішувачі.

Безперервний процес змішування має ряд переваг, як стабільний процес. Це більш зручно з точки зору проектування технологічної лінії, забезпечення високого рівня механізації та автоматизації. У цьому випадку покращується використання потужності приводу.

У процесі змішування сипучого матеріалу його частини відчувають дію різноманітно направлених сил, а рух частин складається із системи складання цих сил. Відбуваються чисельні дослідження якісного уявлення даного процесу. Наводять п'ять дій, що виникають у пристрої з змішувачем:

- створення в об'ємі шару площини поверхонь, що рухаються одна по одній – зрізаюче змішування;
- групи частин переміщуються з одного місця у інше – конвективне змішування;
- переміщення положень одиничними гранулами матеріалу – дифузійне змішування;
- рознесення одиничних гранул матеріалу внаслідок зіткнення між собою або із внутрішніми поверхнями пристрою – ударне змішування;
- зминання та розмелювання частин шару – подрібнення.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Виходячи з необхідної якості кінцевого продукту та способу змішування важливе значення мають один або декілька вищезгаданих процесів [21].

1.3 Контроль якості суміші

Виникає розділ на дві групи методів, за допомогою яких виконується якісний аналіз зразків сумішей сипучих матеріалів, у складі яких визначають пропорції ключового інгредієнту.

Першу групу складають гравіметричні методи, вони створені для невимушеного проведення аналізу кінцевого продукту без попереднього розчинення. Інші методи даної групи (кондуктометричні, фотографічні, радіометричні та інші) використовують в окремих випадках, тому що мають значну похибку.

Друга група, до неї належать методи, у яких застосовують попереднє розчинення змішаного продукту в певній рідині. В цю групу входять потенціометричні, оптичні, гравіметричні, кондуктометричні, хімічні та інші деякі методи аналізу проб. Перша група методів використовується доволі рідко, так як вони використовуються для спеціальних сумішей.

Гравіметричні методи. Суть гравіметричних методів полягає у розділенні відібраної проби суміші на першочергові компоненти і вимірювання їх по об'єму або масі. У тому випадку, якщо гранули мають великий розмір (більше 2 мм) та їх відношення до одного із інгредієнтів можна визначити за зовнішніми параметрами (формі, кольору), тоді суміш розділяють вручну. Але розділення суміші вручну набагато складніше, якщо суміш складається з дрібнодисперсних інгредієнтів. Розділити суміш сипучих матеріалів можливо використавши розсів на ситах, магнітне поле, повітряні сепаратори. Просіювання на ситах використовують у тому випадку, якщо гранули основного інгредієнту складають фракцію і відрізняються розмірами. При аналізі порції суміші невеликої маси даний спосіб розсіву фактично недоречний. Другий спосіб розділу використовується, якщо у одного із

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

інгредієнтів суміші є магнітні властивості. Ще один спосіб розділення суміші використовується, коли один із інгредієнтів складається з гранул істотно різних за масою від гранул інших інгредієнтів. У цьому випадку використовують повітряні сепаратори, в основному для зернистих матеріалів. Суть гравіметричного методу полягає в розчиненні проби суміші в певній рідині, і в подальшому визначенні кількості компоненту, що залишився в розчині, або в залишку. Дані методи трудомісткі, оскільки пробу необхідно розчинити, фільтрувати, висушити, зважити, і не мають високої точності.

Хімічні методи. Найбільш поширений метод титрування, серед хімічних методів. Суть даного методу полягає в тому, що спеціальний реагент (титрант) реагує виключно з основним інгредієнтом в суміші, який знаходиться в розчині, за формулою:



де А – ключовий компонент; В – реагент (титрант); С і D – продукти реакції.

В наступному порядку проходить аналіз проби суміші методом титрування. Із встановленої частини суміші, віднімають навішування, у залежності від складу основного інгредієнту, його частки в суміші, похибки аналізу і т. п. Далі відібрані навішування розчиняють в окремій ємності у певній кількості розчинника. В тому випадку, якщо в суміші присутні інгредієнти, які не розчинилися, то даний розчин необхідно фільтрувати. Із ємностей відбирають певну кількість відфільтрованого розчину, перекладають в спеціальну ємність і проводять титрування. Потім в ємність потроху додають титрант, або його розчин, доки кількість компонентів А і В у розчині не стануть рівними відношенню з стехіометричним рівнянням формули. Даний момент називається кінцевою точкою титрування, визначається за непрямыми ознаками, зміною кольору введеного в розчин індикатору, появою осаду. Виходячи з використаної кількості титранта на аналіз, розраховуються пропорції складу основного інгредієнту в суміші.

Кондуктометричний метод. Заснований на властивості розчинів проводити

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

електричний струм і визначається розчинена у воді речовина (електроліт). Це пояснюється рівнем електропровідності, що залежить від концентрації і призначення розчиненої речовини. У тій частині розчину, яка розташована між електродами, вимірюють електропровідність оберненопропорційну опору R [33].

У роботах [34, 35] наведені методи, в яких визначають коефіцієнт неоднорідності суміші важкороздільних сипучих матеріалів. Він складається з визначення числа проб, мінімально допустимої маси навішування, вибору навішування суміші, встановлення концентрації основного компоненту в навішуванні, розрахунок коефіцієнту неоднорідності суміші. При встановленні концентрації основного компоненту, состав навішування перш за все розсипають рівномірним шаром на прямій поверхні, потім проводять фотографування або сканування. Потім виконують комп'ютерну обробку зображення, зображують його у вигляді масиву чисел, кожна частка якого представлена пікселем, значення відповідає кольору компоненту.

У роботах [36, 37] відображені методи оцінки сумішей у випадку різної вологості матеріалу. Використовується при цьому гранулометричний спосіб розділення суміші за розмірами гранул за допомогою сит з отворами різних розмірів. Але у результаті досліджень стало відомо, що при вологості більше 20 % цей спосіб не ефективний, оскільки частинки суміші швидко прилипають до сита і гранули неможливо розділити за розмірами.

У результаті аналізу досліджень, розроблений трьохприладовий спосіб фотометрії. Він складається з наступних процесів: зразок проби розміщують під вимірювальний блок, до складу якого входять три прилади, вони визначають оптичну густину і далі перетворюють в електросигнали, що реєструються приладами. Дані сигнали характеризують однорідність суміші.

У той же час розміщення над одним пробовідбірником трьох фотометричних приладів спричиняють складність. Також, якщо вологість складає 25%, то для вірного визначення однорідності суміші необхідно розрахувати оптичну густину на усій площі пробовідбірника. Тоді для раціонального використання необхідно

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

обертати пробовідбірники при фотометрії. Суть його полягає в тому, що прилад фотометрії розміщують в пробовідбірник і при цьому обертають, далі реєструють електричні сигнали розсіювання і по значенням різниці максимального і мінімального оцінюють однорідність суміші.

У роботі [38] запропонований метод, що дозволяє визначити якість змішування сипучих матеріалів, різних кольорів, безпосередньо в процесі виробництва після вивантаження із змішувача. Визначення якості змішування сипучих матеріалів виконується порівнянням гістограм яскравості цифрового зображення поверхні фактично досліджуваної суміші та «еталонного» зображення. У якості критерію оцінки різниці зображень використовують квазівідстань перетину гістограм Свейна- Балларда:

$$S = \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n \min(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^n x_i} \right) \right] \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

де n – кількість рівнів яскравості;

x_i, y_i – кількість пікселів i -го рівня яскравості для гістограм x, y .

Отримують чорно-біле цифрове зображення поверхні шару «еталонної» суміші і за допомогою програмного забезпечення розраховують гістограму і заносять до бази даних. При тих же умовах (експозиція і т.д.) отримують чорно-біле зображення поверхні шару фактичної суміші в умовах виробництва і за допомогою програмного забезпечення порівнюють отриману гістограму з «еталонною» гістограмою є бази даних за (1.2). Програмне забезпечення дозволяє розділити фактичне зображення на будь-яку кількість частин (комірок) k з урахуванням умов і вимог виробництва.

Якість змішування визначається коефіцієнтом неоднорідності V_c :

$$V_c = \frac{100}{S_{cp}} \sqrt{\sum_i^k (S_i - S_{cp})^2 / (k - 1)}, \quad (1.3)$$

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

де k – кількість частин (комірок);

S_i – відмінність i -ої гістограми фактичного зображення частини (комірки) від «еталонної» гістограми критерієм квазівідстані перетину гістограм Свейна-Балларда;

$$S_{cp} = \sum_{i=1}^n S_i / k - \text{середнє арифметичне значення відмінностей.}$$

Отриманий результат з використанням коефіцієнту неоднорідності V_c , дозволяє визначити якість змішування сипучих матеріалів у процесі виробництва безпосередньо після вивантаження суміші.

Висновки до розділу 1

1 Аналіз існуючих пристроїв для вивантаження та змішування добрив показав, що вони не відповідають заданим вимогам, не є універсальними, мають складну конструкцію.

2 У сільському господарстві широко використовують різні пристрої для змішування сипучих матеріалів, при цьому залишаються мало вивчені дослідження спіральньо-гвинтових транспортерів при обертанні із закритим кожухом.

3 Технічні засоби зі спіральньо-гвинтовими робочими органами можуть стати основою для створення пристроїв для змішування сипучих матеріалів. Дозволяють знизити енергоємність, матеріалоємність, виходячи з цього вартість конструкції і використання їх у виробництві.

Виходячи з вищевказаного слідує, що дана тема є актуальною, має практичну та наукову цінність.

Отже, **мета дослідження** – підвищення ефективності змішування та вивантаження мінеральних добрив за рахунок розробки установки з обґрунтуванням її конструктивно-режимних параметрів. **Об'єктом** розробки є технологічний процес змішування мінеральних добрив, що виконуються

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

установкою зі спіралью-гвинтовим робочим органом, а предметом – закономірності взаємодії такого робочого органу із робочим середовищем.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести теоретичні дослідження запропонованої конструкції установки із визначенням залежності довжини завантажувального вікна від технологічно-конструктивних параметрів, а також необхідної потужності для забезпечення належного робочого процесу;

- запропонувати методики дослідження пристрою вивантаження добрив, визначення якості суміші мінеральних та органічних добрив, а також математичний апарат обробки даних;

- провести експериментальні дослідження процесу вивантаження суміші добрив із визначенням оптимальних параметрів робочого органу із умови забезпечення мінімальної енергоємності та якості змішування початкових компонентів;

- приділити увагу питанням охорони праці, економічної ефективності та захисту довкілля.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Конструктивно-технологічна схема установки змішування та вивантаження добрив

Для приготування суміші мінеральних добрив нами запропоновано конструкцію установки (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Установка для приготування суміші добрив

Машина являє собою раму 1 з опорними колесами 2. На рамі 1 розташований кожух 3 круглого перерізу. На нижньому кінці кожуха 3 встановлена заслінка 4, а на протилежному кінці вивантажне вікно 5. У кожусі 3 розташований спіральнo-гвинтовий транспортер 6, що обертається від двигуна 7 через пасову передачу. На кожусі 3 встановлено бункер-дозатор 8, який має патрубок 9. Вихідний отвір патрубкa встановлено в кожусі 3.

Установка працює наступним чином, мінеральне добриво з насипу, захоплюється витком транспортера і рухається всередині кожуха до вивантажного отвору.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.2 Залежність довжини завантажувального вікна від частоти обертання робочого органу

Для стійкої роботи спірально-гвинтового робочого органу необхідно виконати умову, щоб максимальна продуктивність робочого органу не перевищувала або була рівною пропускній здатності завантажувального вікна кожуха. Сипучий матеріал подається у кожух із приймального бункеру. Ділянка спіралі на початку робочого органу, захоплює і переміщує матеріал у бік вивантажувального вікна, довжина якої рівна довжині вікна бункеру [39].

Ширину вікна h приймемо рівну $\varepsilon=(0,7..0,9) D$, де D – внутрішній діаметр кожуха, а довжину $b=(1,5..2,5)S$, де S – крок різбового органу, аналізуючи конструктивні характеристики. У результаті аналізу досліджень виявлено, що розмежування довжини вікна завантажування матеріалу від потрібної, веде за собою збільшення витратної потужності приводу, також габарити вікна завантаження значно впливають на подачу Q навантажувача (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Схема похилого транспортера

Таким чином, визначимо оптимальний розмір x , що залежить від частоти

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

обертання n робочого органу, внутрішнього діаметру кожуха D та кроку спіралі S . Стабільна робота навантажувача допустима при збереженні певного параметру:

$$Q_0 \geq Q_{\text{пог}}, \quad (2.1)$$

Пропускна здатність завантажувального вікна рівна:

$$Q_0 = k_p \rho g v F_0, \quad (2.2)$$

де F_0 – площа завантажувального вікна; м^2 ,

ρ – густина матеріалу, що переміщується, $\text{кг}/\text{м}^3$;

k_p – коефіцієнт розвантаження.

Коефіцієнт розвантаження k_p :

$$k_p = \sqrt{2\lambda\lambda_1 / 3}, \quad (2.3)$$

де λ і λ_1 – коефіцієнти, що визначають залежність від питомої ваги і щільності укладання, розміру гранул і радіуса вихідного отвору.

Сипучий матеріал витікає зі швидкістю, яка визначається за формулою:

$$v = \sqrt{gR_z / f}, \quad (2.4)$$

де $R_z = F_0 / L$ – гідравлічний радіус прямокутного отвору, м;

L – периметр цього отвору, м;

f – коефіцієнт внутрішнього тертя.

Подача похилого навантажувача визначимо за формулою:

$$Q_{\text{пог}} = \pi D^2 S n \rho K_v K_f K_\alpha / 240, \quad (2.5)$$

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де K_v, K_f, K_α – коефіцієнти осьового відставання, наповнення та нахилу кожуха.

Таким чином, визначено, що ширина завантажувального вікна повинна складати εD , $\varepsilon = h/D = 0,8$ – відношення ширини завантажувального вікна до діаметру кожуха.

$$R_z = 0,4Dx / (\varepsilon D + x), \quad (2.6)$$

Підставимо отриману формулу (2.6) у попередні формули і виразимо крок спіралі через діаметр, $c = S/D$, запишемо рівняння, підносячи його в квадратну ступінь:

$$\frac{1.28x^2}{9} \cdot \frac{\varepsilon x g}{f(\varepsilon D + x)} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{c D n}{60} K_v K_f K_\alpha. \quad (2.7)$$

Рівняння у кінцевому вигляді, в залежності від x :

$$gx^3 = 1,5 \cdot 10^{-3} (\varepsilon D + x) (cn K_v K_f K_\alpha)^2 D^3 f. \quad (2.8)$$

Визначивши значення x в кубічному рівнянні, визначимо необхідну довжину завантажувального вікна для прийнятих параметрів похилого навантажувача.

Ширину завантажувального вікна h приймаємо рівною εD діаметра кожуха, довжину $b = (0,2..0,8)S$.

На рисунку 2.3 графік залежності довжини завантажувального вікна до внутрішнього діаметра кожуха від частоти оберту спіралі при різних значеннях кроку.

На рисунку 2.4 графік залежності довжини завантажувального вікна до кроку спіралі від частоти обертання спіралі при різних значеннях кроку.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Рисунок 2.3 – Графік залежності відношення x/D від частоти обертання спіралі n при різних значеннях кроку



Рисунок 2.4 – Графік залежності відношення x/S від частоти обертання спіралі n при різних значеннях кроку

Залежність можна представити у вигляді формули при $S/D=1$:

$$x / S = 0.26 + 2 \cdot 10^{-5} n . \quad (2.9)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для похилого навантажувача визначена довжина навантажувального вікна в залежності від різних параметрів навантажувача і виду сипучого матеріалу.

2.3 Розрахунок енергетичних параметрів пристрою для вивантаження сипучих матеріалів

Потужність, потрібна на приведення до дії спірально-гвинтового робочого органу, залежить від багатьох факторів: продуктивності робочого органу; відстані переміщення матеріалу; форми кожуху; фізико-механічних властивостей матеріалу, технологічних процесів тощо [40].

Баланс потужності виглядає наступним чином:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6, \quad (2.10)$$

де N_1 – потужність витрачена на зштовхування обертового робочого органу з матеріалом, що надійшов, у кожух, кВт;

N_2 – потужність на подолання сили тертя робочого органу із внутрішньою поверхнею кожуха, кВт;

N_3 – потужність на переміщення матеріалу, кВт;

N_4 – потужність на подолання сили тертя між переміщуваним матеріалом та внутрішньою поверхнею кожуху, кВт;

N_5 – потужність на тертя між матеріалом і поверхнею і поверхнею дроту робочого органу, кВт;

N_6 – потужність на перемішування матеріалу, кВт.

Потужність N_1 визначимо із застосуванням теореми про кінетичну енергію:

$$\frac{mv_{\text{ср.м}}^2}{2} - \frac{mv_{\text{ср.м.о}}^2}{2} = A, \quad (2.11)$$

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

де A – робота, витрачена на розгін переміщуваної маси матеріалу, Нм;

$v_{\text{ср.м}}$ – середня осьова швидкість матеріалу, м/с;

$v_{\text{ср.м.о}}$ – швидкість потрапляння матеріалу до кожуху, м/с.

Враховуючи, що $v_{\text{ср.м}} \gg v_{\text{ср.м.о}}$, можемо записати:

$$\frac{mv_{\text{ср.м}}^2}{2} = A, \quad (2.12)$$

звідки

$$N_1 = A / t, \quad (2.13)$$

де t – час розгону матеріалу, с.

Після перетворення отримаємо:

$$N_1 = 0,01Qv_{\text{zm}} / g, \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

де Q – подача переміщуваного матеріалу, кг/с;

v_{zm} – осьова швидкість матеріалу, м/с.

Потужність на подолання сили тертя робочого органу з внутрішньою поверхнею кожуху:

$$N_2 = \frac{G_{\text{пр}} \omega r_i C_{\text{пр}}}{100}, \text{ кВт}, \quad (2.15)$$

де $G_{\text{пр}}$ – маса робочого органу, кг;

ω – кутова швидкість обертання робочого органу, с⁻¹;

r_i – радіус інерції робочого органу, м;

$C_{\text{пр}}$ – коефіцієнт опору обертанню.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Потужність на переміщення визначимо за формулою:

$$N_3 = 0,01QL(v_{ок.п} - v_{ок.м}) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \gamma / v_{zm}, \text{ кВт}, \quad (2.16)$$

де L – довжина кожуха, м;

$v_{ок.п}$, $v_{ок.м}$ – окружна швидкість матеріалу та спіралі, м/с;

φ – кут тертя матеріалу з дротом.

Потужність на подолання сили тертя між матеріалом та кожухом:

$$N_4 = 0,01F_k v_{zm}, \text{ кВт}, \quad (2.17)$$

де F_k – сила тертя переміщуваного матеріалу з кожухом, Н/м².

Потужність на тертя між матеріалом та поверхнею дроту:

$$N_5 = 0,01P_0(v_{zn} - v_{zm}), \text{ кВт}, \quad (2.18)$$

де P_0 – окружна сила на зовнішньому радіусі робочого органу, Н;

v_{zn} – осьова швидкість спіралі, м/с.

Потужність на переміщення матеріалу:

$$N_6 = (N_1 + N_2 + N_3)C_{п}, \text{ кВт}, \quad (2.19)$$

де $C_{п}$ – коефіцієнт переміщення.

Розклавши формулу (2.10), отримаємо:

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$N = \frac{Qv_{zm}}{g} + G_{пр} \omega r_i C_{пр} + \frac{QL(v_{ок.п} - v_{ок.м}) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \gamma}{v_{zm}} + F_k v_{zm} +$$

$$+ P_0 (v_{zn} - v_{zm}) + \left(\frac{Qv_{zm}}{g} + G_{пр} \omega r_i C_{пр} + \frac{QL(v_{ок.п} - v_{ок.м}) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \gamma}{v_{zm}} \right) C_{п}. \quad (2.20)$$

Таким чином, визначимо необхідну потужність приводу:

$$N = 0,0007 + 0,142 + 0,034 + 0,43 + 1,139 + 0,86 = 2,6 \text{ кВт.}$$

Отже, потужність приводу $N_{пр}$ повинна становити понад 2,6 кВт.

Висновки до розділу 2

1. Запропонована конструкція установки для змішування та вивантаження суміші із мінеральних та органічних добрив.
2. Визначена довжина завантажувального вікна в залежності від частоти обертання робочого органу і відношення кроку до діаметра робочого органу.
3. Розрахована необхідна потужність для переміщення мінерального добрива похилим кожухом.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика досліджень подачі пристрою вивантаження добрив

Визначають конструктивні та режимні параметри, що впливають на продуктивність навантажувача та енергетичні параметри. Визначають взаємодію між продуктивністю та властивостями сипучих матеріалів. Для цього була виготовлена установка (рисунок 2.1) опис роботи якої представлено у розділі 2:

- довжина кожуха 4,6 м;
- частота обертання 100..1000 хв⁻¹;
- радіус спіраль-гвинтового робочого органу 72 мм;
- крок гвинтової лінії 70 мм;
- діаметр дроту 8 мм;
- внутрішній діаметр кожуха 80 мм;
- кут нахилу кожуха 0°..45°.

Проводилися вимірювання спожитої енергії. На рисунку 3.1 представлена забір-на частина спіраль-гвинтового навантажувача. Визначення продуктивності навантажувача проводили на сипучих матеріалах: аміачна селітра (рисунок 3.1 а), нітрофоска (рисунок 3.1 б) різних за гранулометричному складом та іншими фізико-механічними властивостями.

Продуктивність навантажувача залежить від ряду факторів:

- діаметр робочого органу;
- внутрішній діаметр кожуха;
- крок гвинтової лінії робочого органу;
- частота обертання робочого органу;
- довжина забірної частини кожуха.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Рисунок 3.1 – Забірна частина спірально-гвинтового навантажувача

3.2 Методика визначення якості суміші

Для визначення якості змішування, необхідно уявити умовно суміш двохкомпонентною. За рівнем розподілення контрольного інгредієнту, з'являється можливість оцінити якість суміші. У результаті, у двохкомпонентній суміші приймемо за випадкову величину вміст контрольного інгредієнту X [33].

Випадкова величина X може бути представлена, при відомих параметрах: закон розподілення, математичне очікування, середньоквадратичне відхилення. В більшості досліджень у якості основного параметру, що оцінює якість суміші приймають середньоквадратичне відхилення s [34].

Середньоквадратичне відхилення визначають за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n_{np} - 1}}, \quad (3.1)$$

де X_i – маса контрольного інгредієнту, вибраного з кожної проби, г;

\bar{X} – середнє арифметичне маса контрольного інгредієнту у всіх пробах, г;

n_{np} – кількість проб.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Збіг за ймовірністю величини X з математичним очікуванням випадкової величини \bar{X} відбувається за великої кількості проб. Використання лише середньоквадратичного відхилення s не може сповна оцінити якість суміші, так як вона залежить від \bar{X} , тому доводиться використовувати відносну величину s .

Прийmemo для розрахунку оцінки суміші коефіцієнт варіації:

$$V_c = \frac{s}{\bar{X}} \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Прийmemo за параметр, що оцінює якість суміші – коефіцієнт варіації V . За чисельною величиною коефіцієнта V_c якість суміші поділяють на наступні групи: $V_c < 5\%$ - відмінна, $V_c = 5..10\%$ - гарна, $V_c = 10..20\%$ - задовільна. Методика відбору проб проводилася у відповідності до [41].

Якість змішування визначимо за двома показниками: коефіцієнт неоднорідності, рівномірність розподілення бактеріального добрива на поверхні гранул мінерального добрива.

Перший показник перебуває в залежності від різних суб'єктивних факторів таких як: компетентність персоналу, технічні характеристики сумішей, якість інгредієнтів, що поставляються. Коефіцієнт неоднорідності визначається, як відношення:

$$k_c = \frac{100}{C_0} \cdot \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_0)^2}{n_k - 1}}, \%, \quad (3.3)$$

де C_i – концентрація бактеріального добрива в пробі, %;

C_0 – задана концентрація бактеріального добрива, %;

n_k – кількість проб.

Співвідношення препарату на гранулах мінерального добрива визначають за допомогою рентгеноспектрального аналізу, на аналізаторі БРА-17-02. У якості

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хімічного індикатору приймаємо діоксид кремнію (SiO_2), оскільки основним компонентом в бактеріальному добриві є діоксид кремнію.

$$C_1 = \frac{\omega_{\text{зм.}} - \omega_{\text{мін.}}}{\omega_{\text{бакт.}}} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

де $\omega_{\text{зм.}}$, $\omega_{\text{мін.}}$, $\omega_{\text{бакт.}}$ – вміст SiO_2 у змішаному, мінеральному та бактеріальному добриві.

Другий показник, рівномірність розподілення на поверхні гранул, визначимо за методикою [27]. Для знаходження концентрації ключового компонента спочатку вміст проби рівномірним шаром розподіляють на гладкій поверхні, фотографують. Після цього проводять комп'ютерну обробку отриманого зображення за допомогою функції Read математичної програми Mathematica або інших, що має вигляд масиву чисел. Кожен елемент цього масиву відповідає пікселю вихідного зображення і має значення від 0 до 255. При цьому, приймають, що до частинок одного матеріалу (світлого) відносяться пікселі від 0 до 127, а до другого (темного) від 128 до 255. Концентрація компонентів суміші у досліджуваній пробі знаходиться шляхом підрахунку пікселів кожного кольору. Після визначення концентрації підраховують рівномірність розподілення бактеріального добрива на поверхні гранул мінерального добрива:

$$R = 100 - \left(\frac{\sum_{i=1}^k m_i / i}{n} \cdot 100\% \right), \quad (3.4)$$

де m_i – кількість пікселів темного або світлого кольорів в одній пробі;

i – кількість проб;

n – загальна кількість пікселів у пробі.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3.3 Методика обробки даних

Для визначення експериментальних залежностей продуктивності від конструктивно-режимних параметрів використовували багатофакторне планування експериментів [42].

За результатами наявних даних було відзначено 15 факторів, що мають вплив на проведення дослідів. Їх було розділено на групи:

- n, d_n, D_k, S, δ – частота обертання робочого органу; зовнішній діаметр робочого органу; внутрішній діаметр кожуха; крок спіралі; діаметр дроту;

- $L, \Delta, \alpha, \rho, N_{\text{пот}}, W, R, v$ – довжина кожуху; зазор між робочим органом і кожухом; кут нахилу кожуху; щільність матеріалу; споживана потужність; вологість матеріалу; амплітуда вібрації; частота вібрації.

Були встановлені контрольовані та керовані фактори, що впливають на продуктивність спіраль-но-гвинтового робочого органу, а саме, частота його обертання, зовнішній діаметр, внутрішній діаметр кожуха.

Для аналітичного опису результатів дослідів була обрана модель регресії другого порядку:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{m_n} b_i x_i + \sum_{i=j}^{m_n} b_{ij} x_i x_j, \quad (3.5)$$

де b_0 – вільний член, рівний відгуку при $x_i = 0$;

b_i – оцінка коефіцієнта регресії;

b_{ij} – оцінка коефіцієнта рівняння регресії подвійної взаємодії;

x_i, x_j – кодоване значення факторів;

m_n – число факторів.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Так як фактори неоднорідні та мають різні одиниці вимірювання, приведемо їх до єдиної системи підрахунку перейшовши від дійсних значень факторів до кодованих, використавши формулу

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\xi_i}, \quad (3.6)$$

де x_i – натуральне значення i -го фактору;

x_{i0} – натуральне значення i -го фактору на нульовому рівні;

ξ_i – натуральне значення інтервалу варіювання i -го фактору;

$$\xi_i = \frac{x_{iв} - x_{iн}}{2}, \quad (3.7)$$

де $x_{iв}$ – натуральне значення i -го фактору на верхньому рівні;

$x_{iн}$ – натуральне значення i -го фактору на нижньому рівні.

Далі уводимо позначення верхнього, нижнього та основного рівнів факторів +1, -1, 0 відповідно.

Загальне число точок у плані матриці планування, виходячи з двох рівнів планування, знайдемо за виразом

$$N_n = 2^k, \quad (3.8)$$

де N – загальне число точок у плані;

k – загальна кількість факторів.

Для здійснення експерименту використано плани Плакетта-Бермана. Використання цих планів при числі рівнів варіювання факторів два, допускає проводити незначну кількість дослідів та легко оброблюється. Використання даних

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

планів можливо для числа факторів $4k - 1$ ($k = 2, 3, 4, \dots, 25$, окрім 23). У нашому випадкові маються три фактори для досліджень. Додамо до них фіктивний фактор. Отримаємо план-матрицю для 4-ох факторів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Матриця відсіювального експерименту за планом Плакетта-Бермана

№	Фактори			
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃
1	+	-	-	+
2	+	-	-	-
3	+	+	+	-
4	-	+	+	+
5	+	+	+	+
6	-	-	-	+
7	-	+	+	-
8	-	-	-	-

Наявність фіктивного фактору дозволяє оцінити дисперсію помилок спостереження, але ефект від фіктивних факторів нульовий, якщо відсутня взаємодія між факторами та вимірюваннями.

В таблиці 3.2 представлено кодування факторів експерименту.

Середні значення параметрів оптимізації визначали при обробці паралельних спостережень за формулою:

$$\bar{Y}_v = \frac{\sum_{i=j}^{m_n} Y_{vj}}{m_n}, \quad (3.9)$$

де Y_{vj} – дійсне значення параметру оптимізації;

v_n – рядок плану матриці планування;

m_n – кількість паралельних спостережень;

j – порядковий номер паралельного дослідження у кожній точці плану матриці.

Таблиця 3.2 – Кодування факторів експерименту

Позначення	Найменування фактору	Значення		Одиниці виміру
		-1	+1	
x_0	Фіктивний фактор			
x_1	Частота обертання	100	1000	хв. ⁻¹
x_2	Діаметр робочого органу	15	35	м
x_3	Внутрішній діаметр кожуха	28	36	м

Щоб оцінити відхилення значення параметра оптимізації від середнього значення визначали дисперсію відтворюваності:

$$S_v^2 = \frac{\sum_{v=1}^{m_n} (Y_{vj} - \bar{Y}_v)^2}{m_n - 1}, \quad (3.10)$$

де S_v^2 – дисперсія у кожному рядковій плану матриці.

За G-критерієм Кохрена виконували перевірку однорідності дисперсії та відтворюваності результатів експерименту:

$$G_{\text{розр}} = \frac{S_{v \max}^2}{\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2}, \quad (3.11)$$

де $S_{v \max}^2$ – найбільша порядкова дисперсія;

$\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2$ – сума порядкових дисперсій.

При розрахунковому значенні критерію $G_{\text{розр}} \leq G_{\text{кр}}$, гіпотеза про однорідність дисперсії та відтворюваність результатів приймається.

Після прийняття гіпотези про однорідність дисперсії проводили їх усереднення за формулою:

$$S^2 = \bar{S}^2(Y) = \frac{\sum_{v=1}^{N_n} S_v^2}{N_n}, \quad (3.12)$$

де $\bar{S}^2(Y)$ – середнє арифметичне усіх рядків плану;

N_n – кількість дослідів.

Коефіцієнти рівняння регресії представленої моделі процесу визначали за формулою:

$$b_i = \frac{\sum_{v=1}^{N_n} x_{iv} Y_v}{N_n}, \quad (3.13)$$

де b_i – коефіцієнт регресії;

Y_v – середнє арифметичне значення критерію оптимізації у кожному рядкові плану матриці.

У визначенні коефіцієнтів рівняння регресії наявні дисперсії, що характеризують помилки, визначали за формулою:

$$S_{(b)}^2 = \frac{\bar{S}^2}{N_n m_n}, \quad (3.14)$$

Середнє квадратичне відхилення дисперсії помилки розподілу коефіцієнтів регресії b_i , визначали за формулою

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$S_{(b)} = \sqrt{\frac{\bar{S}^2(Y)}{N_n m_n}}, \quad (3.15)$$

Вагомість коефіцієнтів регресії перевіряли за t-критерієм Стьюдента:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{(b_i)}}, \quad (3.16)$$

де $|b_i|$ – розрахункові коефіцієнти регресії.

Критичне значення $t_{кр}$ визначали із числа ступенів вільності $V_{зн} = N_n (m - 1)$ і на прийнятому рівні вагомості $q = 5\%$. Коефіцієнти b_i є вагомими, якщо розрахункове значення $t_i \geq t_{кр}$.

Оцінку дисперсії адекватності моделі визначали за формулою:

$$S_{ab}^2 = \frac{m_n}{N_n - \ell} \sum (\bar{Y}_v - Y_v)^2, \quad (3.17)$$

де Y_v – маточікування параметра оптимізації;

ℓ – число вагомих коефіцієнтів.

Потім адекватність отриманої моделі перевіряли за F-критерієм Фішера:

$$F_{розр} = \frac{S_{ab}^2}{S^2(Y)} < F_{таб}. \quad (3.18)$$

Табличне значення $F_{таб}$ приймали виходячи з певних чисел ступенів вільності $V_{1ab} = (N_n - 1)$ та $V_{2ab} = N_n (m_n - 1)$ при рівні вагомості $q = 5\%$.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

При $F_{\text{розр}} < F_{\text{кр}}$ гіпотеза адекватності моделі приймається.

Розрахунок та обробка результатів даних, побудова поверхонь відгуків та графіків здійснювали програмними засобами.

Висновки до розділу 3

- 1 Визначена методика досліджень подачі пристрою вивантаження добрив.
- 2 Запропонована методика визначення якості суміші добрив.
- 3 Наведена методика обробки даних.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Дослідження пристрою для вивантаження добрив

На рисунку 4.1 і 4.2 зображено пристрій для вивантаження мінеральних добрив.

Рисунок 4.1 – Пристрій для вивантаження мінеральних добрив

Пристрій являє собою раму 2 з опорними колесами. На рамі розташований кожух 3 круглого перерізу. На нижньому кінці кожуху 3 знаходиться приймальний бункер 1, а на протилежній стороні вивантажувальне вікно. В кожусі 3 розташований спіраль-но-гвинтовий робочий орган, який обертається від електродвигуна 4 через пасову передачу.

Досліджені процеси переміщення мінеральних добрив в залежності від зміни частоти обертання робочого органу.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Рисунок 4.2 – Забірна частина кожуху з заслінкою
для регулювання довжини забірного вікна

В таблиці 4.1 наведені результати досліджень для визначення подачі та енергоємності навантажувача зі спіралью-гвинтовим робочим органом діаметром $d_n=0,072$ мм, кроком гвинтової лінії $S=0,07$ мм, діаметром дроту $\delta=0,008$ м, довжиною кожуху $L=4,3$ м, діаметром $D_k=0,08$ м. Частота обертання спіралі становила $n=300\dots 1000$ хв⁻¹, зазор між d_n і D_k , $\Delta=(D_n-d_s)/2=0,004$ м, кут нахилу кожуху $\gamma=15\dots 45^\circ$. Матеріал, що переміщуємо – аміачна селітра із насипною щільністю $\rho=1020$ кг/м³.

Таблиця 4.1 – Результати досліджень пристрою для вивантаження мінеральних добрив (аміачна селітра).

n, хв. ⁻¹	Q, т/год.			N, кВт·год./т		
	15°	30°	45°	15°	30°	45°
1	2	3	4	5	6	7
300	2,3	2,05	1,7	0,56	0,43	0,54
400	3,15	2,82	2,4	0,53	0,43	0,51
500	3,83	3,47	3,05	0,52	0,41	0,51
600	4,6	4,1	3,75	0,51	0,42	0,5

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
700	4,9	4,5	4,03	0,5	0,4	0,47
800	5,4	5,1	4,54	0,48	0,41	0,46
900	5,95	5,47	5,07	0,52	0,42	0,46
100	6,15	5,65	5,23	0,59	0,43	0,51

Залежність подачі Q мінерального добрива від частоти обертання спірального гвинта n і кута нахилу γ наведена на рисунку 4.3.

При визначенні подачі в залежності від частоти обертання і кута нахилу кожуху було отримано наступне рівняння регресії.

$$Q = -0,156 - 0,015\gamma + 0,011n - 6,944 \cdot 10^{-5}\gamma^2 - 1,194 \cdot 10^{-5}\gamma n - 3,771 \cdot 10^{-6}n^2. \quad (4.1)$$

Рисунок 4.3 – Залежність подачі Q , частоти обертання робочого органу n і кута нахилу γ при навантаженні аміачної селітри

Залежність енергоємності N мінерального добрива (аміачна селітра) від частоти обертання спірального гвинта n і кута нахилу γ наведено на рисунку 4.4.

Рисунок 4.4 – Залежність енергоємності N , частоти обертання робочого органу n і кута нахилу γ при навантаженні аміачної селітри

При визначенні енергоємності при навантаженні аміачної селітри було отримано наступне рівняння регресії.

$$N = 1,01 - 2,873 \cdot 10^{-2} \gamma - 4,37 \cdot 10^{-4} n + 4,734 \cdot 10^{-4} \gamma^2 - 2,665 \cdot 10^{-6} n \gamma. \quad (4.2)$$

В таблиці 4.2 наведено результати досліджень по визначенню подачі пристрою для вивантаження зі спіраль-но-гвинтовим робочим органом діаметром $d_n=0,072$ мм, кроком гвинтової лінії $S=0,07$ мм, діаметром дроту $\delta=0,008$ м, довжина кожуху $L=4,3$ м і діаметром $D_k=0,08$ м, частота обертання спіралі становила $n=300 \dots 1000$ хв⁻¹, зазор між d_s і D_k , $\Delta=(D_k-d_s)/2=0,004$ м, кут нахилу кожуху $\gamma=35^\circ$. Матеріал, що переміщуємо – аміачна селітра з насипною щільністю $\rho=1020$ кг/м³.

Розраховуємо результати для випадку $n=300$ хв⁻¹.

Визначимо масу матеріалу при повному заповненні кожуху:

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$G_T = \rho V_T = \rho(V_k - V_{np}) = \rho(0,25\pi D_k^2 L - 0,25\pi \delta^2 3L) =$$

$$= 1020(0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2 \cdot 4,3 - 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,008^2 \cdot 3 \cdot 4,3) = 22,9 \text{ кг.} \quad (4.3)$$

Таблиця 4.2 – Результати досліджень пристрою для вивантаження мінеральних добрив (аміачна селітра), при куті нахилу $\gamma=35^\circ$.

n, хв. ⁻¹	Q		V _{zn} , м/с	V _{zm} , м/с	K _v	K _f
	т/год.	м ³ /год.				
300	1,68	1,65	0,35	0,124	0,35	0,56
400	2,33	2,28	0,467	0,159	0,34	0,49
500	2,92	2,86	0,583	0,212	0,36	0,46
600	3,64	3,57	0,7	0,289	0,41	0,41
700	3,99	3,91	0,817	0,359	0,44	0,39
800	4,54	4,45	0,933	0,407	0,44	0,35
900	5,06	4,96	1,05	0,479	0,46	0,31
100	5,3	5,2	1,167	0,554	0,47	0,3

Коефіцієнт заповненні рівний:

$$K_f = G_m / G_T = 12,8 / 22,9 = 0,56 \quad (4.4)$$

де G_m – маса матеріалу в кожусі (експериментальна), кг.

Осьова швидкість гвинтової поверхні:

$$v_{zn} = Sn / 60 = 0,07 \cdot 300 / 60 = 0,35 \text{ м/с.} \quad (4.5)$$

Осьова швидкість матеріалу при цьому:

$$v_{zn} = L / t = 4,3 / 34,7 = 0,124 \text{ м/с.} \quad (4.6)$$

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де t – час проходження матеріалу, с.

Коефіцієнт осьового відставання:

$$K_v = v_{zm} / v_{zn} = 0,124 / 0,35 = 0,35. \quad (4.7)$$

Подачу пристрою визначаємо за формулою:

$$Q = m / t_{\Pi} = 10,03 / 21,5 = 1679 \text{ кг / год} = 1,68 \text{ т / год}. \quad (4.8)$$

де m – маса виданої порції за проміжок часу, кг,

t_{Π} – тривалість віддачі порції матеріалу, с.

Побудована залежність, що відображає зміну енергоємності N , кВт·год/т, від частоти обертання робочого органу n , хв⁻¹, (рисунок 4.5).

Рисунок 4.5 – Залежність енергоємності від частоти обертання робочого органу n при вивантаженні аміачної селітри

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

При збільшенні частоти обертання спірального гвинта коефіцієнт наповнення кожуху зменшується. При максимальній подачі мінерального добрива (аміачна селітра) $Q=5,3$ т, енергоємність складала $N=0,43$ (кВт·год/т).

У таблиці 4.3 наведено результати досліджень по визначенню подачі пристрою для вивантаження зі спірально-гвинтовим робочим органом діаметром $d_n=0,072$ мм, кроком гвинтової лінії $S=0,07$ мм, діаметром дроту $\delta=0,008$ м, довжиною кожуху $L=4,3$ м і діаметром $D_k=0,08$ м, частота обертання спіралі становила $n=300\dots 1000$ хв⁻¹, зазор між d_s і D_k , $\Delta=(D_k-d_s)/2=0,004$ м, кут нахилу кожуху $\gamma=35^\circ$. Матеріал, що переміщуємо – нітрофоска з насипною щільністю $\rho=980$ кг/м³.

Таблиця 4.3 – Результати досліджень пристрою для вивантаження мінеральних добрив (нітрофоска)

n, хв. ⁻¹	Q		V _{zn} , м/с	V _{zm} , м/с	K _v	K _f
	т/год.	м ³ /год.				
300	1,58	1,61	0,35	0,115	0,33	0,55
400	2,25	2,3	0,467	0,153	0,33	0,5
500	2,75	2,81	0,583	0,215	0,37	0,46
600	3,35	3,42	0,7	0,275	0,4	0,42
700	3,77	3,85	0,817	0,342	0,42	0,4
800	4,52	4,43	0,933	0,395	0,42	0,37
900	5,03	4,93	1,05	0,463	0,44	0,32
100	5,27	5,18	1,167	0,45	0,38	0,3

Залежність подачі Q мінеральних добрив від частоти обертання робочого органу n наведена на рисунку 4.6.

Рисунок 4.6 – Залежність подачі мінерального добрива від частоти обертання спірально-гвинтового робочого органу

Із графіку видно, що подача Q зростає прямопропорційно частоті обертання спірального гвинта.

Залежність коефіцієнтів осьового відставання K_v і наповнення K_f від частоти обертання n , при визначенні подачі мінерального добрива (нітрофоска) навантажувачем, наведена на рисунку 4.7.

Рисунок 4.7 – Залежність коефіцієнтів осьового відставання K_v і наповнення K_f від частоти обертання n

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

При збільшенні частоти обертання спірального гвинта коефіцієнт наповнення кожуху зменшується. При максимальній подачі мінерального добрива (нітрофоска) $Q=5,27$ т, енергоємність складала $N=0,42$ (кВт·год/т).

4.2 Результати визначення якості суміші добрив

При експериментальних дослідженнях використовували мінеральне добриво – нітрофоска. Подача при змішуванні 4,6 т/год. при 870 хв^{-1} , дозатор налаштований на подачу 46 кг/год., що забезпечило обробку нітрофоски штамом *Bacillus Subtilis* із розрахунку 20 г препарату на 2 кг добрива (1%).

На рисунках 4.8 і 4.9 зображено нітрофоску до змішування та після змішування з бактеріальними добривами.

Рисунок 4.8 – Нітрофоска до змішування

Рисунок 4.9 – Нітрофоска після змішування

Після комп'ютерної обробки зображень була визначена рівномірність розподілу бактеріального добрива на поверхні гранул мінерального добрива за формулою:

$$R = 100 - \left(\frac{\sum_{i=1}^k m / i}{n} 100\% \right) = 100 - \left(\frac{(6880340+7105720+6200190)/3}{8068800} 100 \right) = 100 - 83,4 = 16,6\% \quad (4.9)$$

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

де m_i – кількість пікселів світлого кольору (нітрофоска) в одній пробі;

i – кількість проб;

n – загальна кількість пікселів у пробі.

Далі визначимо концентрацію бактеріального добрива у пробі (нітрофоска) за формулою:

$$C_i = \frac{\omega_{зм} - \omega_{мін}}{\omega_{бакт}} 100\% = \frac{4,59 - 3,7}{96,7} 100 = 0,92\% \quad (4.10)$$

де C_i – концентрація бактеріального добрива у пробі, %;

$\omega_{зм}$, $\omega_{мін}$, $\omega_{бакт}$ – зміст SiO_2 у змішаному, мінеральному і бактеріальному добриві, %.

Коефіцієнт неоднорідності визначається, %:

$$k_c = \frac{100}{C_0} \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_0)^2}{n_k - 1}} = \frac{100}{1} \sqrt{\frac{(0,92 - 1)^2 + (0,96 - 1)^2 + (0,97 - 1)^2}{3 - 1}} = 6,67 \quad (4.11)$$

де C_0 – задана концентрація добрива, %;

n_k – кількість проб.

При дослідженнях також використовували мінеральне добриво – аміачна селітра (рисунок 4.10, 4.11).

Після комп'ютерної обробки зображень була визначена рівномірність розподілу бактеріального добрива на поверхні гранул мінерального добрива за формулою:

$$R = 100 - \left(\frac{\sum_{i=1}^k m / i}{n} 100\% \right) = 100 - \left(\frac{(7200345 + 7142970 + 7006402) / 3}{8068800} 100 \right) = 100 - 88,2 = 11,8\% \quad (4.12)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де m_i – кількість пікселів темного кольору (аміачна селітра) в одній пробі.

Рисунок 4.10 – Аміачна селітра до
змішування

Рисунок 4.11 – Аміачна селітра після
змішування

Далі визначимо концентрацію бактеріального добрива у пробі (аміачна селітра) за формулою:

$$C_i = \frac{\omega_{\text{зм}} - \omega_{\text{мін}}}{\omega_{\text{бакт}}} 100\% = \frac{3,11 - 2,2}{96,7} 100 = 0,94\% \quad (4.13)$$

Коефіцієнт неоднорідності визначається, %:

$$k_c = \frac{100}{C_0} \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_0)^2}{n_k - 1}} = \frac{100}{1} \sqrt{\frac{(0,94 - 1)^2 + (0,97 - 1)^2 + (1,02 - 1)^2}{3 - 1}} = 4,95 \quad (4.14)$$

Рівномірність розподілення і коефіцієнт неоднорідності змішування відповідає вимогам.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Висновки до розділу 4

1 Проведено дослідження вивантаження мінеральних добрив. При збільшенні частоти обертання спірального гвинта коефіцієнт наповнення кожуху зменшується. При максимальній подачі мінерального добрива (аміачна селітра) $Q=5,3$ т, енергоємність складала $N=0,43$ (кВт·год/т). Подача Q зростає прямо пропорційно частоті обертання спірального гвинта. При збільшенні частоти обертання спірального гвинта коефіцієнт наповнення кожуху зменшується. При максимальній подачі мінерального добрива (нітрофоска) $Q=5,27$ т, енергоємність складала $N=0,42$ (кВт·год/т). Оптимальними параметрами вивантажувального робочого органу, отримані із умови забезпечення мінімальної енергоємності процесу при потрібній якості змішування, є наступні: внутрішній діаметр кожуха пристрою – 0,08 м; діаметр робочого органу – 0,072 м; крок спіралі – 0,07 м; кут нахилу кожуха – 35°.

2 Суміш добрив відповідає висунутим вимогам. При цьому рівномірність розподілу бактеріального добрива на поверхні гранул аміачної селітри становить 11,8%, нітрофоски становить 16,6%, коефіцієнт неоднорідності суміші із аміачною селітрою становить 4,95%, із нітрофоскою – 6,67%.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

5.1 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект, зумовлений підвищенням продуктивності та витрат електричної енергії.

Економічна ефективність використання нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій становить

$$E = (\Delta C + \Delta Ц) \cdot A_2 - (0,15 + A_1) \cdot K, \quad (5.1)$$

де ΔC – зменшення собівартості 1 т продукції після впровадження заходу, грн.;

$\Delta Ц$ – збільшення вартості продукції, грн.;

A_1 – коефіцієнт, що враховує амортизаційні відрахування, $A_1 = 0,1$;

A_2 – кількість продукції, т, $A_2 = 15$ т;

0,15 – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K – капітальні вкладення на впровадження заходів, грн., $K = 50000$ грн. (за даними підприємства).

Економія від зниження собівартості:

$$\Delta C = 0,1 \cdot 50000 = 5000 \text{ грн. / т,}$$

де 50000 – середня вартість 1 тони продукції, грн.

Ціна продукції збільшиться за рахунок доплат:

$$\Delta Ц = \Delta Ц', \quad (5.2)$$

де $\Delta Ц'$ – середнє збільшення доплат за рахунок даних заходів, грн./т,

$$\Delta Ц' = 80 \text{ грн. / т;}$$

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$\Delta Ц = 80 \text{ (грн./т)}.$$

Відповідно до формули (5.1) маємо наступне:

$$E = (5000 + 80) \cdot 15 - (0,15 + 0,1) \cdot 50000 = 63700 \text{ (грн.)}.$$

Отже, економічний ефект від впровадження установки склав 63700 грн. на рік.

5.2 Техніка безпеки під час роботи із мінеральними добривами

Під час роботи з мінеральними добривами усі робітники повинні суворо дотримуватися правила техніки безпеки. До роботи із добривами допускаються особи не молодше 18 років. Усі робітники, а саме, комірники, механізатори, вантажники, перед початком роботи із добривами повинні пройти інструктаж із техніки безпеки та охорони праці. Правила техніки безпеки та санітарні правила під час поводження із добривами вивішуються у приміщенні складу. Під час роботи із добривами на складі та поза його межами усі робітники повинні надіти рекомендований для даного виду робіт спеціальний одяг. До нього відносять: комбінезон, рукавиці, окуляри, респіратори або протигази. При зберіганні аміачної селітри необхідно дотримуватися протипожежні правила. Забороняється зберігати її насипом поза складом разом із горючими речовинами (торф, солома, нафтопродукти та ін.). На складі, де зберігають аміачну селітру, заборонено паління, користуватися відкритим вогнем та обігрівальними приладами. Пожежу, що може виникнути, ліквідувати тільки водою. Під час гасіння пожежі слід користуватися протигазом, щоб уникнути отруєння оксидами азоту, що виділилися. Особливу дбайливість слід виконувати при роботі із рідким аміаком. Ємності для його зберігання і транспортування повинні мати люки, що герметично зачиняються. Під час потрапляння рідких азотних добрив на шкіру їх необхідно змити водою. При тяжкому отруєнні аміаком постраждалого треба винести на

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

свіже повітря та викликати лікаря. У випадку припинення дихання йому необхідно зробити штучну вентиляцію легень.

Під час внесення добрив заборонено знаходитись поблизу робочих органів розкидачів машини, а при роботі дискових розкидачів – ближче 50...80 м від них. Завантаження машин добривами слід проводити тільки при повній їх зупинці. Усі приводи повинні бути закриті щитами. Змащення та регулювання робочих органів слід здійснювати при повній зупинці машини та із вимкнутим двигуном трактора. Заборонено сидіти на машині та знаходитись між трактором і машиною при транспортуванні та внесенні добрив. Швидкість руху машин при внесенні добрив не повинна бути вище встановленої технічними вимогами. У транспорті із мінеральними добривами заборонено транспортувати людей, харчових продуктів, питної води та предметів домашнього вжитку.

При безперервній роботі із добривами рекомендується робити 5-хвилинні перерви через кожні 30 хвилин роботи у респіраторі.

Після завершення роботи слід прийняти душ і ретельно вимитися з милом. На місці роботи постійно повинен бути запас чистої води та аптечка.

При потраплянні добрив в очі слід промити їх значною кількістю чистої води, а потім звернутися до медичного пункту. Під час опіку – промити пошкоджені місця сильним струменем води, обробити 5% розчином спирту та накласти марлеву пов'язку.

Суворе дотримання правил техніки безпеки та необхідних санітарних правил є неодмінною умовою правильної організації праці при роботі із мінеральними добривами.

5.3 Складування та транспортування токсичних відходів

Складування токсичних відходів допускається лише при неможливості утилізації відходів виробництва на самому підприємстві. При цьому необхідно дотримуватись наступних правил:

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- зберігання відходів на відкритих ділянках виробничих територій або в окремих приміщеннях не припустимо;

- складування поза виробничою зоною також неприпустиме;

- допускається зберігання відходів на удосконалених полігонах та в спеціально обладнаних комплексах з їх переробки та захоронення. При цьому повинні бути передбачені ізоляція та окреме зберігання відходів у окремих відсіках.

При тимчасовому зберіганні відходів на відкритих майданчиках слід дотримуватись наступних вимог:

- тимчасові склади і майданчики повинні розташовуватися з підвітряного боку по відношенню до житлової забудови, тобто повинна враховуватися роза вітрів;

- поверхня відходів, що зберігаються, повинна бути захищена від впливу атмосферних опадів та вітрів (брзент, навіс);

- поверхня майданчика повинна мати штучне водостійке та хімічно стійке покриття (плитка, асфальт, бетон);

- за периметром майданчика повинні бути передбачені обваловка та відокремлена мережа водостоків або автоматичні очисні споруди;

- повинно бути усунуто потрапляння забрудненого зливостоку із зазначеного майданчика до загальної системи дощової каналізації.

Транспортування радіоактивних, бактеріологічних, хімічних речовин та відходів являє собою їх переміщення у просторі, вжите із любою метою, на будь-якому транспорті.

При транспортуванні токсичних відходів повинні виконуватися наступні правила:

- транспортування відходів повинна здійснюватися при наявності паспорту небезпечних відходів, спеціально обладнаних і облаштованих спеціальними знаками транспортних засобів, дотриманні правил безпеки до транспортування небезпечних відходів на транспортних засобах, наявності документації із

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

зазначенням кількості небезпечних відходів, що транспортується, мети та місця призначення їх транспортування;

- повинні дотримуватись система узгоджених заходів щодо недопущення транспортних пригод та аварій, вимоги до пакування, маркування і транспортних засобів тощо.

Висновки до розділу 5

Розглянуто економічну ефективність від упровадження результатів досліджень. Визначено особливості безпечного виконання гальванічних робіт. Приділено увагу питанням захисту довкілля.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ВИСНОВКИ

Отже, відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1 Проведено теоретичні дослідження запропонованої конструкції установки із визначенням залежності довжини завантажувального вікна від технологічно-конструктивних параметрів, а також необхідної потужності для забезпечення належного робочого процесу.

2 Запропоновані методики дослідження пристрою вивантаження добрив, визначення якості суміші мінеральних та органічних добрив, а також математичний апарат обробки даних.

3 Проведені експериментальні дослідження процесу вивантаження суміші добрив із визначенням оптимальних параметрів робочого органу із умови забезпечення мінімальної енергоємності та якості змішування початкових компонентів.

4. Приділено увагу питанням охорони праці, економічної ефективності та захисту довкілля.

					КРМ.133ГМмз_21.10.000 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66