

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

НУБІП України

УДК 631.333

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

С.н.с., д.т.н.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад.

П.М. Василенка, доцент к.т.н.

Гуменюк Ю.О.

Братішко В.В.

2023 р.

2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему “Обґрунтування параметрів і режимів роботи роторних розподільно-висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив”

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Магістерська програма дослідницької спеціалізації – Оптимізація процесів, параметрів і режимів роботи техніки АПК

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор

П.А.Голуб

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент

Онищенко В.Б.

Виконав: студентка магістратури 2 року навчання

Дубовецький А.О.

Київ – 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.

П.М.Василенка

Гуменюк Ю.О.

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Дубовецький Андрій Олегович

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Магістерська програма дослідницької спеціалізації – Оптимізація процесів
параметрів і режимів роботи техніки АПК

Тема роботи «Обґрунтування параметрів і режимів роботи роторних
розподільно-висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив»

Наказ НУБіП України № 2218 С від 21.12.2021 р.

Термін подання студентом роботи 15.05.2023 р.

1. Вихідні дані до роботи: Машина для внесення твердих мінеральних добрив

2. Зміст пояснювальної записки (перелік питань які необхідно розробити).

1. Огляд технологій та машин для внесення твердих мінеральних добрив.

2. Теоретичні дослідження процесу роботи роторно - розподільчих

робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив.

3. Лабораторні дослідження процесу роботи роторно-розподільчих робочих органів машин для внесення мінеральних добрив.

4. Економічна ефективність застосування експериментальної машини

Висновки, список використаної літератури, додатки.

4. Перелік листів графічного матеріалу:

Слайд 1. Титульна сторінка.

Слайд 2. Мета роботи та задачі .

Слайд 3. Класифікація машин.

Слайд 4. Класифікація робочих органів машин.

Слайд 5. Конструктивно-технологічна схема експериментального робочого органу.

Слайд 6,7,8,9. Результати експериментальних досліджень.

Слайд 10. Економічні показники.

Слайд 11. Висновки.

4. Дата видачі завдання 21.02.2021р.

Керівник магістерської роботи _____ Онищенко В.Б

Завдання прийняла до виконання _____ Дубовецький А.О.

РЕФЕРАТ

Основний зміст магістерської роботи викладено на 70 сторінках друкованого тексту, відображено в 4 таблицях і проілюстровано 26 рисунками. Ілюстративний матеріал містить 1 слайдів.

Метою роботи є підвищення показників якості роботи машин для внесення твердих мінеральних добрив шляхом удосконалення конструкції та вибору раціональних параметрів відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- провести аналіз технологічних процесів та робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив та розробити конструктивно-технологічну схему відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив;

- провести лабораторні дослідження процесу роботи відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів висівних систем;

- провести розрахунок економічної ефективності роботи машини схему відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив;

В роботі приведений огляд і аналіз технологій машин та робочих органів відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив. Обґрунтовано конструкцію відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів висівних систем машини для внесення твердих мінеральних добрив та обґрунтовано основні параметри машини.

Річний економічний ефект від застосування експериментального зразка машини складе 234906 грн.

Об'єкт дослідження - технологічний процес та технічні засоби відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив;

Предмет дослідження - закономірність руху потоку туків добрив у відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив;

Методи досліджень. Експериментальні дослідження виконувались у лабораторних і виробничих умовах з застосуванням методів планування експериментів і статистичної обробки експериментальних даних.

Наукова новизна роботи полягає в дослідженні впливу конструктивних параметрів відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем на рівномірність внесення туків машин для внесення твердих мінеральних добрив;

Ключові слова: мінеральні добрива, відцентровий розподільчий транспортуючий робочий орган висівних систем.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

Реферат	4
Вступ	6
1. Стан питання та задачі досліджень	8
1.1. Огляд способів і технічних засобів для внесення твердих мінеральних добрив, основні тенденції їх розвитку	8
1.2. Фізико-механічні властивості твердих мінеральних добрив, що визначають процес їх висіву	13
1.3. Огляд та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень процесу роботи багатоканальних висівних систем	16
2. Теоретичні дослідження процесу роботи відцентрових розподільчих робочих органів висівних систем	21
2.1. Вплив форми і розмірів випускного вікна на якість розподілу добрив	21
2.2. Транспортування добрив пневматичним робочим органом	29
3. Програма та методика експериментальних досліджень	32
3.1. Дослідження впливу параметрів і режимів роботи відцентрового розподільного робочого органу на якість розподілу добрив	32
3.2. Лабораторна установка для дослідження процесу пневматичного транспортування і висіву добрив	35
3.3. Дослідження впливу швидкості повітря і довжини каналів транспортуючого робочого органу на нерівномірність висіву	40
3.4. Методика лабораторно-польових досліджень та виробничих випробувань експериментального зразка машини	42
4. Результати лабораторних досліджень	48
4.1. Вплив швидкості повітря і довжини каналів транспортного робочого органу на нерівномірність висіву добрив	48
4.2. Результати досліджень якості висіву мінеральних добрив та їх сумішей	50
4.3. Результати лабораторно-польових досліджень і виробничих випробувань експериментального зразку машини	53

5.Економічна ефективність застосування експериментальної машини54

Загальні висновки58

Список використаної літератури59

Додатки62

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУВІП України

ВСТУП

Один зі шляхів збільшення родючості ґрунту є застосування мінеральних добрив, ефективність яких у значній мірі залежить від умов зберігання, технології підготовки і способу внесення. Запровадження прогресивних способів внесення мінеральних добрив і оснащення сільськогосподарського виробництва необхідним комплексом високопродуктивних машин дозволяє збільшити окупність добрив.

Наразі основні дози добрив вносять, як правило, розкиданням по поверхні ґрунту машинами, які оснащені відцентровими розсіювальними пристроями. Нерівномірність внесення добрив у виробничих умовах часто перевищує агротехнічно допустиму у 2...3 рази, що призводить до зниження їх ефективності на 15...50%. Маніпуляції, які проводяться далі ґрунтооброблюючими механізмами не забезпечують оптимального їх розташування для ефективного використання корінної системи рослини.

З метою удосконалення способів внесення добрив агрохімічною наукою розроблені і поступово використовуються у виробництві способи локального внесення мінеральних добрив. Локальне внесення добрив базується на використанні машин, обладнаних спеціальними пристроями для внесення добрив у ґрунт концентрованими дозами різноманітної форми на задану глибину. Такий спосіб внесення добрив дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних речовин і зменшити дози, встановлені для розкидного внесення під різні сільськогосподарські культури на 25...30 %.

Проте, як показує практика, широкого розповсюдження у нашій країні локальний спосіб внесення мінеральних добрив не отримав, так як створення високопродуктивних технічних знарядь для виконання цієї операції із необхідною високою якістю є складною задачею, яка стоїть в ряді першочергових проблем науки по механізації сільськогосподарського виробництва. Для вирішення цієї задачі розробляються розподільно-висівні системи машин із відцентрованою

технологічною тарою. Перспективним напрямком у розвитку таких конструкцій є

створення багатоканальних пневматичних висівних систем із загальним дозуванням. Аналіз результатів робіт, виконаних у зв'язку з дослідженням висівних систем, показує, що досягнуті показники їх роботи не повністю задовольняють

агротехнічні і техніко-економічні вимоги до машин для основного внесення твердих мінеральних добрив, у тому числі, за показниками нерівномірності розподілення. Відмічене пояснюється недосконалістю використовуваних конструкцій розподільних робочих органів.

Вирішенню поставлених задач і присвячена магістерська робота. Її ціль – підвищення рівномірності і продуктивності внутрішньо ґрунтового внесення твердих мінеральних добрив багатоканальними пневматичними висівними системами.

У магістерській роботі обґрунтований тип, принципова схема і конструкція відцентрового розподільного робочого органу багатоканальної пневматичної висівної системи для внесення мінеральних добрив, отримані залежності для визначення конструктивних параметрів і режимів роботи, розроблена методика інженерного розрахунку відцентрового розподільного робочого органу, а також обґрунтовані режими пневмотранспортування добрив.

НУБІП України

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Огляд засобів і технічних засобів для внесення твердих мінеральних добрив, основні тенденції їх розвитку

В даний час основні дози мінеральних добрив вносять переважно поверхнево з наступним закладанням їх ґрунтообробним знаряддям. Всі машини для внесення, за рідкісним винятком, обладнані відцентровими розсіювальними пристроями. Широкому застосуванню таких технічних засобів сприяє простота конструкції, мала питома металомісткість, їх велика продуктивність і висока надійність технологічного процесу [36]. Однак, досвід використання машин з відцентровими розсіювальними пристроями показує, що нерівномірність внесення ними мінеральних добрив перевищує агротехнічно допустиму величину і нерідко досягає 60...80%. Це призводить до зниження ефективності азотних добрив на 45...50, фосфорних на 15...20, калійних і складних на 36...40% [13, 45, 57, 76, 95, 104, 115-117].

Якісний розподіл добрив по поверхні ґрунту відцентровими пристроями може бути забезпечене правильним їх налаштуванням і встановленням ширини розкидання з урахуванням виду і гранулометричного складу добрив [36]. Однак в таких випадках допустима по агровимогам нерівномірність внесення забезпечується при ширині захвату 7...7,5 м на внесення аміачної селітри і лише 5 м при внесенні дрібнокристалічного калію [95]. З метою забезпечення заданої відстані між суміжними проходами агрегату використовується слідовказівні пристрої [95].

Причина нерівномірного розподілу добрив по поверхні ґрунту закладена в принципі дії відцентрового розсіювального пристрою. В процесі його роботи гранули, маючи різні фізико-механічні характеристики, вже при прискоренні отримують різні швидкості сходу. Потім при вільному польоті швидкість їх руху залежить від коефіцієнту парусності. В силу цих причин великі гранули улітають далі, а дрібні ближче від осі проходу машини. Це явище особливо помітно проявляється

при внесенні тукосумішей, коли виникає їх розподіл по видам добрив, що порушує збалансованість поживних речовин в ґрунті і, як наслідок, знижує врожайність сільськогосподарських культур на 10...15% [95].

Враховуючи велику питому вагу поверхневого способу внесення (до 80%) та наявності великої кількості машин для внесення мінеральних добрив з відцентровими пристроями (до 87%) наявного парку [36, 96] конструкторськими організаціями продовжуються роботи по їх удосконаленню [19, 101].

Подальше закладення внесених в розкид добрив не забезпечує оптимальних умов для використання їх рослинами: при оранці добрива розміщуються занадто глибоко і стають слабо доступними корінням рослин на початку вегетації, а при поверхневій обробці ґрунту культиваторами більша частина добрив (від 50 до 90%) закладається в верхньому, недостатньо зволоженому, шарі ґрунту [13]. В результаті інтенсивного перемішування добрив з ґрунтом збільшується площа їх контакту, а, отже, має місце швидке зв'язування фосфатів, калійних і, частково, амонійних солей ґрунтом, що перешкоджає отриманню максимальної надбавки врожайності сільськогосподарських культур [10].

З метою підвищення ефективності застосування мінеральних добрив агрохімічна наука рекомендує більш досконалий спосіб внесення – внутрішньогрунтовий, локальний, при якому забезпечується розміщення туків концентрованими стрічками на заданій глибині у вологозабезпеченому шарі ґрунту, орієнтовано відносно кореневій системі рослин, що створює можливість для більш раціонального використання елементів живлення [1, 10, 12, 44].

Багатолітніми дослідженнями, виконаними в нашій країні та за кордоном, встановлено, що застосування локального способу внесення дозволяє збільшити врожайність зернових культур на 2...5 ц/га, бульби на 20...50, овочевих, кормових і силосних культур на 2...40, зерна кукурудзи на 5...8 ц/га [10, 76, 96, 114]. Причому вартість додатково одержуваної продукції багатократно окупає витрати на ускладнення техніки і витрати пального. Застосування локального способу внесення добрив дозволяє досягнути запланованої врожайності дозами на 25...30% меншими, ніж при поверхневому їх внесенню [76]. При безпосередньому внесенні добрив в ґрунт виключається їх знос з поверхні поля як вітром, так і стічними водами [10].

Для локального внесення мінеральних добрив в даний час використовується ящикові сійки з котушковими, ланцюговими, тарілчастими (дисковими) висівними апаратами (рис. 1.1) або комбіновані сійки і культиватори-рослиноживильники з індивідуальними банковий туковисівальними апаратами, використовувани, як правило, при підгодівлях сільськогосподарських культур (рис. 1.2).



Рис. 1.1 Загальний вигляд ящикової сійки для мінеральних добрив



Рис. 1.2 загальний вигляд сійки з індивідуальним туковисівними апаратами

Проте, техніко-економічні показники роботи сійок не повністю задовольняє сільськогосподарське виробництво. Наприклад, використання їх в широкозахватних агрегатах знижує їх маневреність, ускладнює загрузку добрив, що призводить до тривалих простоїв агрегатів [97, 99]. Цей недолік особливо проявляється при внесенні основних доз добрив.

Враховуючи вищесказане, в останні роки все більше уваги приділяється пошуку оптимального варіанту технологічної схеми машини для внутрішньогрунтового внесення основних доз мінеральних добрив з компактним бункером, ширина якого в декілька разів менша, ніж робоча ширина захвату машини, і висівна система (так званої штанги). Остання забезпечує рівномірний розподіл та висів добрив з бункера по всій ширині захвату машини (рис. 1.3). Це дозволяє поєднувати переваги кузовних розкидачів і ящикових сійок висока продуктивність, мала питома матеріаломісткість, низька нерівномірність внесення добрив [18, 45, 97, 105, 107, 114].

Важливою перевагою таких машин є зниження залежності якості внесення добрив від погодно-кліматичних умов та рельєфу місцевості, так як доставка матеріалу від бункера до місць внесення здійснюється по закритим каналам.

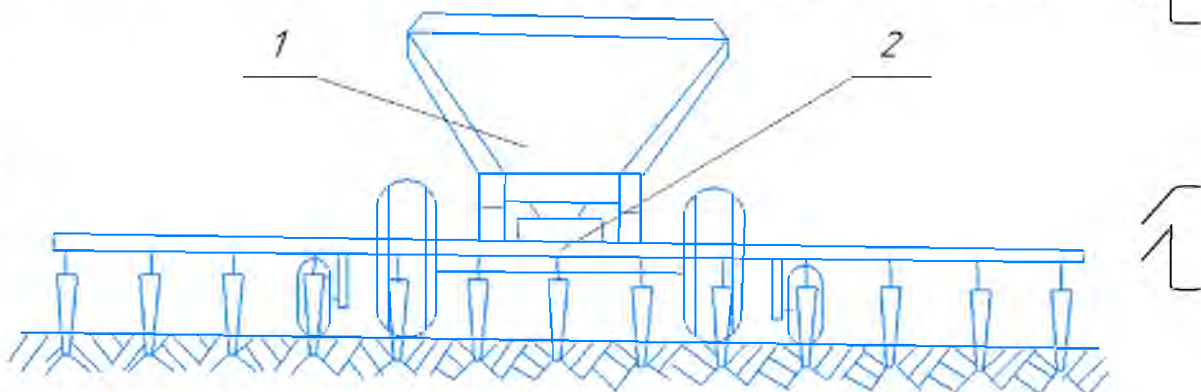


Рис. 1.3. Схема машини з централізованою висівною системою.

1 – централізована смість; 2 – висівна система

Технологічні особливості машин для внесення добрив з централізованою висівною системою визначаються, головним чином, конструкцією їх розподільних та транспортуючих робочих органів. В залежності від типу застосовуваного для переміщення висівного матеріалу транспортуючого робочого органу, в якості якого принципі може бути використаний любий вид конвеєра, існує велика різноманітність конструкцій таких висівних систем, аналіз роботи яких показав, що найширше поширення набули багатоканальні пневматичні висівні системи [8, 45, 97, 98, 105, 106].

В залежності від технологічної схеми багатоканальні висівні системи поділяються на два типи з індивідуальним дозуванням висівного матеріалу і груповим дозуванням.

Обидва типи таких систем включають вентилятори з механізмом приводу, пристрої для введення матеріалу в пневматичні транспортуючі робочі органи та розподільні робочі органи.

В багатоканальних пневматичних висівних системах з індивідуальним дозуванням добрив застосовується велика кількість дозуючих пристроїв, рівне кількості закладочних робочих органів. Так в агрегаті для внутрішньогрунтового внесення мінеральних добрив АВМ-8 (рис. 1.4) дозуючий пристрій, розташований в основі бункера, складається з тринадцяти попарно встановлених в вікнах бункера і

обертаються на одному валу котушок. Технологічний процес роботи цього агрегату відбувається наступним чином. Під час руху машини по полю обертання від ходового колеса через притискний ролик, кінематичні передачі та варіатор передаються на вал котушок, які, обертаючись, вигрібають добрива в ежекторні живильники. Одночасно з цим стиснутий повітряний потік від вентилятора надходить у розподільник повітря, де ділиться на рівномірні потоки і по пневмопроводах потрапляє в ежектори, підхоплюючи гранули добрив, що надходять туди. Утворена аеросуміш по окремим каналам транспортуючого робочого органу, дійшовши до розподільних робочих органів, розподіляється на два потоки, кожний з яких поступає в тукоспрямовувач закладуючого робочого органу. Аеросуміш, поступаючи з тукоспрямовувача в ґрунт, розпадається на повітря і туки. Повітря виходить з борозенки через розпушений ґрунт, а добрива залишаються на дні борозенки.



Рис. 1.4 загальний вигляд агрегату АВМ-8 для внутрішньогрунтового внесення основної дози мінеральних добрив

Основною перевагою таких висівних систем є те, що конструктивно-технологічна схема основана на незалежному розподілі матеріалу і повітря с наступним введенням кожної порції матеріалу в повітряний потік окремого горизонтального каналу. Це забезпечує високу якість виконання технологічного процесу при внесенні мінеральних добрив з різноманітними фізико-механічними властивостями, особливо їх сумішей.

Однак, наявність дозуючих пристроїв котушкового типу, кількість яких обмежується кількістю закладуючих робочих органів, визначає складну конструкцію днища бункера. Причому необхідна його місткість в даному випадку може бути забезпечена лише за рахунок збільшення висоти бункера, що погіршує стійкість

агрегату і обмежується технічними можливостями застосовуваних завантажувальних засобів. Крім того, для регулювання дози внесення добрив потребується багатоступенева коробка передач або дорогий варіатор.

Виробнича перевірка таких висівних систем показала, що над косушками часто утворюється стійкі склепіння, внаслідок чого знижується надійність технологічного процесу [97].

Висівні системи з індивідуальним дозуванням висівного матеріалу випускають фірми Skurup Werkep (Швеція), Will Rich (США), Carler Ltd (Великобританія) [29] і ряд других. При цьому на них встановлюються електронні пристрої і прилади контролю із світловою сигналізацією, що повідомляють про технологічні порушення.

Відзначені вище недоліки багатоканальних пневматичних висівних систем с індивідуальним дозуванням є характерним для таких систем. Їх позбавлені висівні системи з спільним дозуванням висівного матеріалу.

В залежності від характеру розподілення матеріалу і повітряного потоку розвиток конструкцій пневматичних висівних систем з спільним дозуванням йде по двох принципово різних технологічним схемам розподілу матеріало-повітряної суміші та незалежний розподіл добрив і повітря с наступним їх змішуванням в ежекторних живильниках транспортуючих робочих органів.

Відмінність технологічних схем пневматичних висівних систем визначається конструкцією їх основних вузлів – розподільних робочих органів, призначених для розподілу віддозованого потоку матеріалу на задану кількість складових.

1.2 Фізико-механічні властивості твердих мінеральних добрив, що визначають процес їх висіву

Агротехнічні показники роботи машин для внесення мінеральних добрив визначається не тільки конструктивними параметрами висівних систем, але й фізико-механічними властивостями добрив, що вносяться [78, 106, 108]. Основними показниками фізико-механічних властивостей добрив, що впливають на процес їх посіву, є насипна щільність, кут природнього схилу, коефіцієнт зовнішнього і внутрішнього тертя, масова частка води, гранулометричний склад, діаметр критичного зводобрушуючого отвору, міцність та стертість гранул.

Дослідом перерахованих показників фізико-механічних властивостей добрив, що відносяться до категорії насипних вантажів [32] займалось багато дослідників [27, 59, 93]. Значення та межі зміни фізико-механічних властивостей добрив, котрі суттєво впливають на процес висіву та ефективність їх застосування, регламентуються відповідними стандартами або технічними умовами [66, 67, 78].

Таблиця 1.1

Деякі показники фізико-механічних властивостей твердих мінеральних добрив

Назва добрив	Насипна щільність, кг/м ³	Кут природного скосу, град.	Коефіцієнт зовнішнього тертя по сталі	Коефіцієнт внутрішнього тертя
Аміачна селітра	890	42	0,49...0,60	0,58
Сечовина	710	33	0,30	0,52
Суперфосфат гранульований	1080	33	0,54	0,67
Суперфосфат подвійний гранульований	1090	28	0,47	-
Калій хлористий	720...940	50	0,50...0,64	0,68
Нітрофоска	1030	36	0,43...0,48	0,73

В таблиці 1.1 наведені деякі фізико-механічні властивості основних видів мінеральних добрив, а в таблиці 1.2 – основні вимоги до них. Ці данні свідчать про те, що значення цих показників знаходяться у досить широким межах.

Крім того, при розгляді мінеральних добрив як об'єкта інвентранспортування необхідно також знання їх аеродинамічних характеристик, що визначаються такими основними параметрами як середній розмір гранул і швидкість витання. Дослідження цих властивостей мінеральних добрив присвячені, зокрема, роботи [27, 57, 86], де приведені необхідні данні. На рис. 1.14 представлені інтегральні криві розподілу маси по швидкостям витання деяких видів мінеральних добрив [86].

Аналіз наведених даних показує, що фізико-механічні властивості мінеральних добрив знаходяться в доволі широким межах. Тому висівні системи машин для внесення мінеральних добрив, забезпечуючи необхідні агротехнічні показники виконаного технологічного процесу, повинні характеризуватися, з одного боку, певною нечутливістю до змін умов роботи, а з іншого – можливістю регулювання

кінематичного режиму та параметрів робочих органів під час висіву різноманітних видів добрив.

НУБІП України

Таблиця 1.2

Основні вимоги до твердих мінеральних добрив

Назва добрив	Граничний вміст вологи, %	Гранулометричний склад
Аміачна селітра	0,3	Гранули 1...3 мм – не менше 92%, частинки менше 1 мм – не більше 5%
Суперфосфат гранульований	3,5	Гранули 1...4 мм – не менше 80%, частинки менше 1 мм не – більше 4%, гранули більше 6 мм не – допускаються
Суперфосфат подвійний гранульований	4,0	Гранули 1...4 мм – не менше 80%, частинки менше 1 мм не – більше 5%, гранули більше 6 мм не – допускаються
Калій хлористий	1,0	Гранули 1...4 мм – не менше 90%, частинки більше 4 мм не – більше 5%, частинки менше 1 мм – не більше 5%, гранули більше 7 мм – не допускаються
Нітрофоска	1,5	Гранули 1...4 мм – не менше 90%, частинки менше 1 мм не – більше 5%, гранули більше 6 мм не – допускаються
Нітроаммофоска	1,0	Гранули 1...4 мм – не менше 94%, частинки 4...6 мм – не більше 3%, частинки менше 1 мм – не допускаються

1.3. Огляд та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень процесу роботи багатоканальних висівних систем.

Технологічний процес роботи пропонуваної багатоканальної висівної системи полягає в відцентровому розподілі мінеральних добрив по патрубках, що відводять, в пневматичному їх транспортуванні по горизонтальних каналах до місць внесення.

Відцентровий розподіл мінеральних добрив передбачає подачу загального потоку добрив у розподільний робочий орган, рух частинок добрив по поверхнях, що обертаються, і розподілу добрив під дією відцентрових і гравітаційних сил по каналах транспортуючого робочого органу.

Розглянемо деякі роботи, присвячені вивченню цих питань.

Вхідне вікно відцентрового розподільного робочого органу, розташоване під вікном впускного бункера, повинно забезпечувати проходження такої кількості матеріалу, що відповідає максимальній дозі внесення добрив.

Критичне значення швидкості надходження частинок добрив у вхідне вікно розподільника буде мати місце при гравітаційному способі їх подачі.

Гравітаційному стіканню сипких матеріалів присвячено багато робіт [5, 23, 25, 43, 53, 59, 72, 79, 82, 92], при цьому стіканню мінеральних добрив присвячені роботи [27, 59].

Для встановленого режиму стікання добрив швидкість їх руху визначається за формулою [32, 43]:

$$v = \lambda \sqrt{3,2 g R_r} \quad (11)$$

де λ – коефіцієнт стікання;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

R_r – гідравлічний радіус отвору, м.

Коефіцієнт стікання залежить від виду і властивостей мінералу визначається експериментальним шляхом [21, 43, 59].

Вивченню процесу руху частинки, як матеріальної точки, по обертаючим навколо осі поверхням різноманітної форми, присвячені роботи [15, 31, 51, 81, 87, 103].

В роботі [103] розглянута умова, необхідна для безперервного і рівномірного надходження матеріалу через вхідне вікно розподільника до його випускного вікна. Вказується, що певний кінематичний режим роботи розподільника при прийнятих конструктивних параметрах може створити в ньому так звані застійні зони, де виникають несприятливі умови для руху часток матеріалу.

Розглядаючи переміщення частинок по поверхні, обертаючого навколо вертикальної осі, та уявляючи абсолютну швидкість руху частки v_a як геометричну суму переносної швидкості $v_e = \omega r$ та відносній швидкості v_r при вертикальній подачі частинки на поверхню горизонтального диска, вирішення диференціального рівняння руху академік Василенко П.М. [15] дає в наступному вигляді:

$$v = \sqrt{\rho^2 \omega^2 - 2g f_n S_r}$$

де ρ – полярна координата положення частинки, м,

ω – кутова швидкість обертання, рад/с;

f_n – коефіцієнт зовнішнього тертя;

S_r – довжина траєкторії відносного руху частинки по диску, м.

Оскільки рівняння містить два залежних один від одного параметра – ρ і S_T –

для практичного його застосування необхідно мати рівняння зв'язку, тобто рівняння можливих траєкторій відносного руху частинки по поверхні.

Враховуючи це, в роботах [87, 88] при розкладі руху частинки по внутрішній поверхні конусного ротора з напрямною прямолінійною лопаткою, отримані значення швидкості та пройденого частинкою шляху в відносному русі. В результаті аналізу цих залежностей встановлено, що зі зменшенням кута α , котрий характеризує нахил утворюючої поверхні конусного ротора до осі його обертання, швидкість частинки зменшується і при $\text{tga} = f_n$ рух частинки припиняється, так як сили тертя переважають над рушійними силами.

Вивчення процесу стікання сипкого матеріалу з отворів, виконаних у похилих та вертикальних стінках бункерів при різноманітних механічних впливах носить у більшості випадків емпіричний характер через складність перебігу даного процесу.

В результаті виконаних експериментальних досліджень отримані формули для визначення продуктивності стікання матеріалу з отворів, що містять коефіцієнт, значення яких для різноманітних матеріалів наводяться в табличному чи графічному вигляді [71, 83, 100]. У роботі [100] автори для визначення продуктивності стікання з отворів в похилих і вертикальних стінках вводять коефіцієнт:

$$k_\beta = Q_\beta / Q_0$$

де k_β – коефіцієнт, що враховує нахил стінки з отвором;

Q_β – продуктивність стікання з отвору в похилій стінці, кг/с;

Q_0 – продуктивність стікання з отвору в вертикальній стінці, кг/с.

При цьому з достатньою точністю для практичних розрахунків рекомендується визначати k_β по формулі:

$$k_\beta = (1 + \cos\beta) / 2,$$

де β – кут нахилу стінки, град.

Питанням вивчення пневмотранспортування мінеральних добрив присвячені роботи [37, 38, 42, 47, 63, 73, 80, 85], а пневмотранспортування сипучих матеріалів низької концентрації – роботи [22, 26, 33, 54, 61, 84, 91].

Відзначаючи здебільшого складність досліджуваних процесів пневмотранспортування аеросумішей по горизонтальним каналам, дослідники

дають рекомендації щодо вибору оптимальних режимів транспортування і

приводять методики їх розрахунку. Основними показниками, що характеризують ефективність таких пневмосистем, є тип пристроїв для введення туків, коефіцієнт масової концентрації суміші, швидкість транспортуючого повітря, діаметр каналу.

У роботі [85] наведено аналіз пристроїв для введення туків у пневматичні транспортуючі робочі органи та методика розрахунку оптимальних параметрів і режимів роботи ежекторних живильників стосовно до пневматичним висівних систем машин для внесення добрив. Рекомендації щодо вибору параметрів ежекторних пристроїв є і в інших роботах [26, 30, 91].

Коефіцієнт вагової концентрації суміші $\mu = Q_M/Q_B$ (де Q_M – подача матеріалу, кг/с, Q_B – витрата повітря, кг/с) залежить від ряду факторів і для установок середнього тиску рекомендується приймати в межах 3...5 кг/кг [72]. Приблизно такі ж значення μ рекомендують інші автори [37, 47, 73, 85].

Робочу швидкість повітряного потоку в транспортуючих робочих органах вибирають з умов сталої роботи системи. Тут слід зазначити роботу Е. Трефця [20], де дано математичний опис процесів при розгоні матеріалу повітряним потоком у каналі. Була отримана формула для визначення зміни швидкості часток v_c по довжині горизонтального каналу транспортуючого робочого органу:

$$v_c = v_B - \frac{v_B v_s^2}{v_B g t + v_s^2} \quad (1.2)$$

де v_B – швидкість транспортуючого повітря, м/с;

v_s – швидкість витання частинок, м/с;

t – час руху частинок, с.

Критерієм вибору швидкості повітря v_B є швидкість витання v_s (або швидкість завалу), під якою мається на увазі швидкість повітря, менше якої порушується стійкість транспортування матеріалу [72]. При цьому $v_B = b_0 v_s$ (де b_0 – дослідний коефіцієнт, $b_0 = 1,5...2$ при $\mu = 2...10$ кг/кг [70])

Діаметр каналу d_k (м) визначають за формулою [70]:

$$d_k = \sqrt{\frac{1,275 Q_T}{3,6 \mu \rho_B v_B}}$$

де Q_T – продуктивність по твердій фазі, т/ч;

ρ_B – щільність повітря, кг/м³.

Дослідження низки авторів [33, 37, 61, 73, 80] та досвід експлуатації

пневмотранспортних установок дозволяє рекомендувати швидкість повітря в межах 20...30 м/с при максимально допустимій концентрації аеросуміші $\mu = 5$ кг/кг.

Автором роботи [73] отримано рівняння регресії, що пов'язує всі вище зазначені параметри і швидкість частинок матеріалу стосовно гранульованих добрив у наступному вигляді:

$$v_{\text{ч}} = 1,05 v_{\text{в}} + 14d_{\text{к}} - 0,8 v_{\text{с}} - 6,1 v_{\text{в}} d_{\text{к}} + 5,68,$$

Відомо, що процес пневмотранспортування матеріалу є порівняно енергоємним. В роботі [63] зроблено аналіз енергоємності висіву мінеральних добрив пневматичною і пневмомеханічною системами. Вказується, що одним з шляхів зниження енергоємності висіву є застосування відцентрових робочих органів для резонансу частинок добрив, що дозволяє знизити на 20...30% енергоємність процесу.

Важливим питанням при дослідженні висівних систем для внесення мінеральних добрив є оцінка якості внесення. В більшості випадків таке дослідження має експериментальний характер [46, 49]. Однак окремі дослідники [24, 34, 48, 50], дають оцінку якості внесення мінеральних добрив ще на стадії розробки висівних систем, при цьому вони використовують елементи теорії ймовірності та математичної статистики.

Автори робіт [64, 65] для оцінки якості внесення добрив при використанні висівних систем з дозуючими і розподільними органами вводять коефіцієнт згладжування C , рівний

$$C = (V_{\text{доз}} - V_{\text{общ}}) / V_{\text{доз}} \quad (1.3)$$

де $V_{\text{доз}}$ – $V_{\text{общ}}$ – згладжуюча здатність висівної системи, %;

$V_{\text{доз}}$ – нерівномірність подачі добрив з бункера, %;

$V_{\text{общ}}$ – загальна нерівномірність внесення добрив по ходу руху агрегату, %.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок: процес розподілу мінеральних добрив відцентровим розподільним робочим органом є відносно складним, елементи якого вивчені недостатньо.

Теоретичному і експериментальному дослідженню процесу пневмотранспортування мінеральних добрив присвячено багато робіт, де є

достатньо даних для розрахунку пневматичних транспортуючих робочих органів багатоканальних висівних систем. Є методики розрахунку і рекомендації щодо вибору оптимальних режимів транспортування по горизонтально розташованим каналам.

Для оцінки показників якості роботи багатоканальних висівних систем є лише окремі теоретичні передумови, основані, через складність процесу, на застосуванні імовірнісних методів. Якість внесення мінеральних добрив визначається переважно дослідним шляхом.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВИХ РОЗПОДІЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВИСІВНИХ СИСТЕМ

2.1. Вплив форми і розмірів випускного вікна на якість розподілу добрив

Одним із основних показників якості процесу внесення, протягом якого вікна будуть перекриватися, визначимо за формулою:

$$\Delta t_{\text{п}} = \alpha/\omega + \beta/\omega,$$

де $\alpha = \check{a}/r$ – центральний кут, що охоплює випускне вікно розподільника, рад;

\check{a} – довжина дуги, що охоплює цей кут, м;

$\beta = 2\pi/m$ – центральний кут, що охоплює приймальне вікно одного з відвідних патрубків, рад;

m – кількість відвідних патрубків.

Підставивши значення складових часу $\Delta t_{\text{п}}$ отримаємо:

$$\Delta t_{\text{п}} = \check{a}/(\omega r) + 2\pi/(\omega m). \quad (2.21)$$

Відповідно, у межах циклу, тривалість якого становить $T = 2\pi/\omega$, є проміжок часу Δt_3 , протягом якого немає поєднання вікон. При цьому:

$$\Delta t_3 = T - \Delta t_{\text{п}} = 2\pi r(m-1) - \check{a} m/(\omega m r), \quad (2.22)$$

На рис. 2.12 графічно інтерпретовано викладене вище. В системі координат $тОУ$ побудована залежність величини перекриття Δl випускного вікна розподільника

і приймального вікна відвідного патрубка від поточного моменту часу циклу. При

цьому слід зазначити, що в проміжку часу $\Delta t_{\text{п}}$ існує три області значень часу, де характер зміни перекриття вікон різний. в області $\Delta t_{\text{п1}}$ відбувається поступове збільшення перекриття вікон від нульового значення в початковий момент до

максимального значення. В області $\Delta t_{\text{п2}}$ величина перекриття не змінюється, а в області $\Delta t_{\text{п3}}$ відбувається поступове зменшення перекриття до нуля.

В залежності від співвідношення α/β , максимальна величина перекриття вікон

Δt буде визначатися із наступних виразів:

$$M = \begin{cases} \alpha r & \text{при } \alpha \leq \beta \\ \beta r & \text{при } \alpha > \beta \end{cases}$$

а проміжки часу $\Delta t_{\text{шт}}$, $\Delta t_{\text{шт}}$, $\Delta t_{\text{кп}}$ будуть рівні:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \Delta t_{\text{кп}} - \Delta t / \omega, \quad \Delta t_{\text{шт}} = |\alpha - \beta| / \omega,$$

Відзначимо, що при $\alpha = \beta$ $\Delta t_{\text{шт}} = 0$, тобто величина перекриття вікон на впродовж відрізка $\Delta t_{\text{шт}}$ безперервно змінюється.

Аналіз побудованого графіка показує, що для більш рівномірного

надходження матеріалу в приймальне вікно відвідного патрубку необхідно, щоб

відношення $k_t = \Delta t_{\text{шт}} / T$ знаходилось якомога ближче до одиниці. Підставивши в це співвідношення вираз (2.21) і (2.22), отримаємо:

$$k_t = [\dot{a} / (\omega r) + 2\pi / (\omega m)] / [2\pi / \omega],$$

Виконавши перетворення, отримаємо:

$$k_t = 1/m + \dot{a} / (2\pi r).$$

Позначивши $\dot{a} / (2\pi r) = k_a$, (де k_t — коефіцієнт, що показує, яку частину довжини кола розподільника складає ширина вікна), запишемо:

$$k_t = 1/m + k_a, \quad (2.23)$$

Аналіз формули (2.27) показує, що існує в принципі два шляхи збільшення значення k_t : один — зменшення числа відвідних патрубків, яке має відповідати числу закладаючих робочих органів і тому цей шлях являється недоцільним, другий

збільшення значення k_a , що по суті можна зробити лише за рахунок збільшення

ширини випускного вікна. Згідно з формулою (2.23), для збільшення показників

якості розподільника матеріалу перевагу слід віддавати такому випускному вікну, ширина якого наближається до довжини кола розподільника, тобто, випускному

вікну в формі кільцевої щілини. Однак в такому випадку виникає питання про

нерівномірність розподілу добрив по відвідним патрубкам, що зумовлює

нерівномірність внесення добрив по ширині захвату. Остання, як випливає з

приведеного огляду, залежить від місця подачі потоку відносно осі розподільника,

тобто від зміщення осі потоку матеріалу відносно осі розподільника. Виконаємо

порівняльну оцінку впливу вказаного зміщення на рівномірність розподілу

матеріалу по відвідним патрубкам при виконанні випускного вікна розподільника:

перший варіант — в формі бокового отвору; другий варіант — в формі кільцевої щілини (рис. 2.13), приймемо такі допущення:

- поперечний переріз потоку має круглу форму;
- швидкості частинок матеріалу в будь-якій точці поперечного перерізу потоку, що поступає в розподільник, однакові.

Згідно згаданій вище методики [67], нерівномірність розподілу добрив визначається середньоквадратичним відхиленням маси проб від середнього їх значення по формулі:

$$v = (\sigma/q_{cp}) 100, \quad (2.24)$$

де v — нерівномірність розподілу добрив, %

σ — середньоквадратичне відхилення, г,

q_{cp} — середня маса проби, г.

Середньоквадратичне відхилення, в свою чергу, визначається як:

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^m (\Delta q_1)^2 / (m - 1)},$$

де Δq_1 — відхилення від середнього, г;

m — кількість відібраних проб (по кількості відвідних патрубків).

Відхилення від середнього $\Delta q_{cp} = q_1 - q_{cp}$ (де q_1 — маса 1-ї проби, г).

Причиною нерівномірності розподілу матеріалу по відвідним патрубкам у разі використання розподільника з бічним отвором при зміщенні осі потоку, що подається, є безперервне зміна відстані від центру поперечного перерізу потоку до випускного вікна розподільника. Це призводить до того, що при напрямку потоку добрив в черговий відвідний патрубок в нього надходить в порівнянні з попереднім патрубком більша або менша кількість матеріалу на величину, що залежить від зміни зазначеної вище відстані. Більша подача матеріалу в черговий патрубок, що відводить, буде мати місце у разі зменшення відстані і менша - у разі його збільшення.

При швидкості надходження матеріалу v_n за час одного оберту розподільника в кожний відвідний патрубок повинно надходити в середньому така кількість матеріалу, яка рівна:

$$q_{cp} = \varepsilon \gamma S_{II} v_n 2\pi / (\omega m), \quad (2.25)$$

де ε – пористість потоку;

$S_{\text{п}}$ – площа поперечного перерізу потоку, м^2 ;

Зв'язаної вище причини до кожного патрубка надійде різна кількість матеріалу, що визначатиметься виразом:

$$q_1 = \varepsilon \gamma S_{\text{п}} v_{\text{п}} 2\pi / (\omega m) + \varepsilon \gamma S_{\text{п}} \Delta l_1,$$

де Δl_1 – зміна відстані між центром потоку і випускним вікном розподільника при повороті останнього в чергове положення.

Шукана величина суми квадратів відхилень дорівнює:

$$\sum_1^m (\Delta q_1)^2 = (\varepsilon \gamma S_{\text{п}})^2 \sum_1^m (\Delta l_1)^2,$$

а нерівномірність розподілу можна записати:

$$v = \sqrt{[\sum_1^m (\Delta l_1)^2 / (m-1)]} / [2\pi v_{\text{п}} / (\omega m)].$$

Або, після відповідних перетворень та позначення $v_{\text{п}} = k \omega r$ (де k – коефіцієнт швидкості, що показує, яку частину від окружної швидкості розподільника становить швидкість частинок потоку), отримаємо:

$$v = \frac{m}{2 k \pi r} \sqrt{\sum_1^m (\Delta l_1)^2 / (m-1)} \quad (2.26)$$

Таким чином, для визначення нерівномірності розподілу матеріалу v

необхідно, крім підстановки в формулу (2.26) відповідних значень величин, що входять в неї, знайти суму квадратів відхилень $\sum_1^m (\Delta l_1)^2$.

Поточне відхилення Δl_1 (рис. 2.13) рівне:

$$\Delta l_1 = l_1 - \Delta l_{i-1}$$

де l_1 – відстань від центру потоку до випускного вікна розподільника в 1-му положенні при куті повороту розподільника φ_1 ;

l_{i-1} – теж для i -го положення (при куті повороту розподільника $\varphi_{i-1} = \varphi_1 - 2\pi/m$).

Вибравши умовно як початкове положення, при якому осі випускного вікна розподільника і приймального вікна першого відвідного патрубка знаходяться на одній лінії з центром зміщеного потоку, тобто коли $\varphi_0 = \varphi_1$, для першого положення можемо записати:

$$\Delta l_1 = \sqrt{r^2 + e^2 - 2 e r \cos \varphi_1} - \sqrt{r^2 + e^2 - e r \cos \varphi_0},$$

де φ_0 – кут повороту розподільника відносно початкового положення, рад;

$\varphi_1 = 2\pi/m$ – теж для 1-го положення, рад.

Очевидно, що для i -го положення справедливо: $\varphi_i = (2\pi/m)i$,

де $i = (0, 1, 2, \dots, m)$ – порядковий номер відповідного патрубку

Тоді:

$$\Delta l_1 = \sqrt{r^2 + e^2 - 2er \cos \varphi_1} - \sqrt{r^2 + e^2 - 2er \cos \varphi_{i-1}}, \quad (2.27)$$

що дозволяє знайти шукану суму квадратів відхилень $\sum_1^m (\Delta l_1)^2$ та, відповідно, визначити коефіцієнт нерівномірності μ .

У разі використання розподільника з випускним вікном у формі кільцевої щілини процес розподілу матеріалу буде аналогічним до процесу відцентрового диска. При зміщенні осі потоку, що подається, щодо центру обертання в кожен з відповідних патрубків буде надходити різна кількість матеріалу, так як воно визначатиметься різною величиною зони подачі матеріалу на розподільник.

Відповідно до рівняння, що характеризує зв'язок між часом перебування частки на диску та її відстанню від центру обертання [15, 31], для дисків діаметром менше 0,1 м та кутових швидкостей обертання в межах 15...40 рад/с при зміщеннях осі потоку до 0,01 м максимальна зміна кута сходу будь-якої частинки, що віддаляється від осі обертання більше 0,02 м, становить величину менше 0,01 рад. З урахуванням цього з достатньою для практичних розрахунків точністю можна прийняти, що кількість матеріалу, що надходить до окремих відповідних патрубків, буде визначатися площею перерізу потоку, що припадає на кожен з них.

При рівномірній концентрації частинок по перерізу потоку, що подається і $v_{\pi} = \text{const}$, за час одного обороту розподільника в кожен з відповідних патрубків надійде кількість матеріалу q_i , рівне:

$$q_i = \varepsilon \gamma S_i v_{\pi} 2\pi/\omega,$$

де S_i – відхил від середньої площі перерізу потоку, що надходить на i -й відповідний патрубок, м^2 ;

Середнє значення маси проб, що відбираються, буде визначатися виразом (2.25). Тому шукана величина суми квадратів відхилень

$$\sum_1^m (\Delta S_1)^2 = \sum_1^m (q_i - q_{cp})^2 = (\varepsilon \gamma v_{\pi} 2\pi/\omega)^2 \sum_1^m (S_i - S_{\pi}/m)^2,$$

Нерівномірність розподілу добрив після відповідних підстановок і перетворень визначається як:

$$v = \frac{m}{S_{\Pi}} \sqrt{\sum_1^m (\Delta S_i)^2 / (m - 1)}, \quad (2.28)$$

де ΔS_i – відхилення від середньої площі перерізу потоку, що приходить на 1-й відповідний патрубок, м².

Визначимо v , використовуючи вираз (2.27).

Для знаходження ΔS_i необхідно знайти формулу для обчислень поточних значень S_i . В системі координат XOY з початком в центрі стакану O (рис 2.13)

запишемо рівняння кола, центр якого O_1 зміщений у позитивному напрямку осі X на відстань e :

$$(x^2 - e^2) + y^2 = r_{\Pi}^2, \text{ або } y = \pm \sqrt{r_{\Pi}^2 - (x - e)^2},$$

де r_{Π} – радіус кругового перерізу потоку, м.

В цій же системі координат запишемо рівняння прямих ліній, що являють собою межі відповідних патрубків:

$$y_i = \operatorname{tg} \varphi_i x, \quad (2.29)$$

де φ_i – кут між відповідною прямою та позитивним напрямком осі X .

Для зручності обчислення виберемо межі першого відповідного патрубка, щоб вони описувалися рівнянням $y_0 = 0$ та $y_1 = \operatorname{tg}(2\pi/m)x$. Точки перетину проведених прямих і кола знайдемо, підставивши в рівняння кола замість y його значення за

формулою (2.29) і вирішивши отриману рівність відносно x , тобто:

$$x^2 - e x + e^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_i x^2 - r_{\Pi}^2 = 0,$$

Або

$$(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_i) x^2 - 2 e x + (e^2 + r_{\Pi}^2) = 0,$$

Звідки

$$x_i = \frac{e \pm \sqrt{e^2 - (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_i)(e^2 - r_{\Pi}^2)}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_i}$$

З виконаних побудов випливає, що

$$S_i = \int_0^{x_i} x \operatorname{tg} \varphi_i dx \pm \int_{x_i}^{r_{\Pi}+e} \sqrt{-x^2 + 2 e x - (e^2 - r_{\Pi}^2)} dx - \sum_{k=0}^{i-1} (S_k),$$

Позначивши $a = -1$, $b = 2e$ та $c = -(e^2 - r_{\Pi}^2)$, значення другого інтеграла в останній формулі згідно [89] при умовах, що $a < 0$ та $b^2 > 4ac$ (яке має місце в

нашому випадку), та з урахуванням вказаних меж інтегрування можна записати:

$$\int_{x_s}^{r_{\Pi}+e} \sqrt{ax^2 + bx + c} dx = \frac{\pi r_{\Pi}^2}{4} - \frac{x_i - e}{2} \sqrt{-x_i^2 + 2 e x_i - (e^2 - r_{\Pi}^2)} - \frac{r_{\Pi}^2}{2} \arcsin \frac{x_i - e}{r_{\Pi}},$$

Тому після інтегрування і відповідних перетворень отримаємо:

$$S_i = \operatorname{tg} \varphi_i \frac{x_i^2}{2} - \frac{\pi e^2}{4} \frac{x_i - e}{2} \sqrt{-x_i^2 + 2e x_i - (e^2 - r_{II}^2)} - \frac{r_{II}^2}{2} \arcsin \frac{x_i - e}{r_{II}} \quad (2.30)$$

$\sum_{k=0}^{i-1} (S_k)$

Маючи ряд значень S_i з m членів, знаходимо суму квадратів відхилень, що дозволяє в результаті визначити нерівномірність розподілу добрив ν .

На рис. 2.14 представлені графічні залежності, отримані з наведених вище формул (2.26) та (2.27), (2.28) та (2.30).

Шляхом порівняльного аналізу графіків залежності нерівномірності розподілу добрив по відповідним патрубкам від величини зміщення осі потоку, приведених на рис. 2.14, легко встановити, що при їх спільній схожості, що полягає в пропорційному збільшенні коефіцієнта нерівномірності розподілу ν від величини зміщення e , існує значна різниця в абсолютних значеннях величин коефіцієнта нерівномірності для одних і тих самих значень величини зміщення e . Коефіцієнт нерівномірності у випадку використання розподільника з боковим отвором складає $\nu = 1,4 \dots 3,6\%$, при $e = 0,005$ м, тоді як значення цього показника у випадку використання розподільника з кільцевою щілиною при тих самих зміщеннях відповідно рівні: 24,8...37,6%, 40,7...59,7% та 50,7...72,6%. З графіків також видно, що переваги розподільника з боковим отвором більш відчутні при малих значеннях e , що особливо важливо відзначити, адже на практиці найчастіше має місце саме така обставина. Крім того, значення e пов'язане ще й з точністю виготовлення та установки деталей розподільного робочого органу.

Слід також відзначити, що реально поперечний переріз потоку завжди відрізняється від круглої форми, а швидкості частинок матеріалу, як правило, у центрі перерізу вище, ніж за його периферією. Ці чинники (як впливає з вищевикладеного) значно більше впливатимуть на коефіцієнт нерівномірності розподілу матеріалу у варіанті використання розподільника з кільцевою щілиною. Можна стверджувати, що якість розподілу матеріалу розподільником з бічним отвором ще більше перевищуватиме те, яке дається в порівнюваних варіантах розподільника за інших рівних умов.

Таким чином, збільшення ширини випускного вікна розподільника, з одного боку, сприяє поліпшенню рівномірності розподілу матеріалу по ходу руху машини, з другого - ставить рівномірність розподілу добрив по ширині захвату в залежність від симетричності подачі матеріалу в розподільник. У зв'язку з цим необхідно вирішити питання про знаходження такої форми випускного отвору розподільника, за якої забезпечувалися б прийнятні значення обох показників.

На рис. 2.12 видно, що протягом проміжку часу Δt_3 немає взаємного перекриття вікон, тому в приймальне вікно від відповідного патрубка в даний проміжок часу можуть надійти лише ті частинки матеріалу, які, вийшовши з випускного вікна висотою b , не встигли за час Δt_3 опуститися в приймальне вікно.

Очевидно, що для надходження матеріалу протягом всього проміжку часу Δt_3 необхідно виконання наступної умови:

$$b \geq \frac{g(\Delta t_3)^2}{2} = \frac{g}{2} \left[\frac{2\pi r(m-1) - am}{m\omega r} \right]^2,$$

Приймаючи до уваги, що $a b = S$, запишемо

$$b \geq \frac{g}{2} \left[\frac{2\pi b r(m-1) - Sm}{m\omega r b} \right]^2,$$

або

$$2b^3(\omega m r)^2 \geq [g(2\pi b r(m-1) - Sm)]^2,$$

Оскільки стікання добрив з випускного вікна розподільника відбувається в основному під дією відцентрових сил, для умов роботи робочого органу, що розглядаються, зміна співвідношення $a : b$ в межах 1 : 5 при $S = \text{const}$ практично не викликає зміни пропускної здатності. Тому значення площі випускного вікна S

розподільника за формулою (2.21) можна визначити підстановкою $b = \sqrt{S}$, що дає

середню похибку $\pm 3\%$, відомим методом Ньютона або методом дотичних [94].

Позначаючи $2 \frac{(\omega m r)^2}{g} = A_0$, $2\pi r(m-1) = B_0$ та $Sm = C_0$, отримаємо

$$A_0 b^3 \geq (B_0 b - C_0)^2,$$

Вирішення цієї нерівності має наступний вигляд [41]:

$$b \geq \sqrt[3]{Q/2 + \sqrt{R_0}} + \sqrt[3]{-Q/2 - \sqrt{R_0}} - A_0/3, \quad (2.31)$$

де $Q = 2(A_0/3)^2 - A_0 B_0/3 + C_0$;

$$p = A_0^2/3 + B_0;$$

$$R_0 = (p/3)^3 + (Q/2)^2.$$

На рис. 2.15 – 2.17 представлені графічні залежності висоти випускного вікна від різних поєднань конструктивно-кінематичних параметрів розподільного робочого органу. Найбільш суттєво висота випускного вікна розподільника залежить від кутової швидкості його обертання.

2.2 Транспортування добрив пневматичним робочим органом

Транспортування частинок добрив з відвідних патружків розподільного робочого органу до закладаючих органам відбувається пневматичним способом.

Як уже згадувалося на розгінних ділянках транспортуючих робочих органів характер зміни швидкостей частинок залежить від їх швидкості витання і при низькій концентрації суміші ($\mu \leq 3$ кг/кг) значення швидкостей частинок опієється залежністю (1.2). Після інтегрування за часом отримаємо рівняння пройденого шляху за час t_6

$$L = \partial_M t - \frac{\partial_M^2}{g} - \ln \left[1 + \frac{\partial_M g t}{\partial_M^2} \right], \quad (2.32)$$

З аналізу виразу (2.32) випливає, що частинки с різною швидкістю витання, що потрапили одночасно в канал робочого органу, що транспортує, певної довжини, вийдуть з нього через різні проміжки часу. Частинки з меншими швидкостями витання проходять шлях, рівний довжині каналу транспортуючого робочого органу, швидше, ніж частинки с більшими швидкостями витання. Відповідно, при подачі розподільником добрив в кожний канал з нерівномірністю u_p , розрахованою по обраним п пробам, на виході з каналу виходить потік з іншою нерівномірністю.

Використовуючи рівняння (2.32) рух частинок в транспортному робочому органі, визначимо, як змінюються маси проб добрив, які відбираються за рівні проміжки часу в межах одного оберту розподільника на різних швидкостях повітряного потоку. Це дозволить встановити взаємозв'язок між нерівномірностями потоку, що подається в канал транспортного робочого органу який виходить з нього. Розглянемо номограму, приведену на рис. 2.18. Перша нижня частина номограми являє собою побудовані для кожної з п проб добрив залежність $L = f(u_s)$ при прийнятій постійній швидкості транспортуючого повітря.

Час Δt між двома сусідніми подачами проб матеріалу в трубопровод прийнято

рівними проміжку часу за який відбиралися проби для визначення нерівномірності подачі розподільника в межах одного його оберту.

Очевидно, що значення цього часу повинно складати:

$$\Delta t = T/\pi,$$

де $T = 2\pi/\omega$ – час одного оберту розподільника, с;

$\pi = S_M/\Delta$ – необхідна кількість проб відбору добрив;

$S_M = v_M T$ – шлях, пройдений машиною за час одного оберту розподільника,

м;

v_M – швидкість машини, м/с;

l_{π} – зона живлення рослин, м.

В правій верхній частині номограми представлені аеродинамічні характеристики добрив – інтегральні криві розподілу їх ваги по швидкості

витання, а в лівій частині - характер подачі добрив розподільником в межах

одного оберту. При цьому додатково нанесена пряма, яка проходить через точку 0

під довільним кутом, використовується для графічного визначення абсолютної

величини той частки кожної проби, яка відповідає коефіцієнтам $a_1, a_2 \dots a_k$ (де $a_1,$

$a_2 \dots a_k$ – частковий вміст добрив, відповідний певній швидкості їх витання).

Користуючись приведеною номограмою, можна визначити закономірності зміни кількості добрив на ділянці, відповідній певній довжині каналу

пневматичного транспортуючого робочого органу. Як видно з номограми, виході

з каналу будуть знаходитись частинки добрив з подач, здійснених в різний час.

Стрілками показано порядок знаходження часткового и вагового змісту частинок 1-ї подачі на виході з каналу.

Очевидно, що при подачі матеріалу в канал з певною нерівномірністю,

розрахованою з урахуванням відібраних проб $q_1, q_2 \dots q_{\pi}$, величини відповідних

проб відбору $q'_1, q'_2 \dots q'_n$, на виході з каналу за такі ж самі проміжки часу будуть складати:

$$\begin{cases} q'_1 = a_1 q_1 \\ q'_2 = a_1 q_2 + a_2 q_1 \\ q'_n = a_1 q_n + a_2 q_{n-1} + a_3 q_{n-2} + \dots + a_k q_{n-k+1} \end{cases}$$

А з урахуванням впливу попереднього циклу:

$$\begin{cases} q'_1 = a_1 q_1 + a_2 q_n + a_3 q_{n-1} + \dots + a_k q_{n-k+2} \\ q'_2 = a_1 q_2 + a_2 q_1 + a_3 q_n + \dots + a_k q_{n-k+3} \\ \dots \\ q'_n = a_1 q_n + a_2 q_{n-1} + a_3 q_{n-2} + \dots + a_k q_{n-k+1} \end{cases} \quad (2.53)$$

При цьому зауважимо, що $a_1 + a_2 + \dots + a_k = 1$ і для одного й того ж самого

виду добрив при встановленому режимі пневмотранспортуванні будуть

постійними величинами. Маючи значення величин проб q'_1, q'_2, \dots, q'_n , можна

визначити коефіцієнт нерівномірності потоку, що виходить з каналу, та

коефіцієнт згладжування C при пневматичному транспортуванні, використовуючи

формулу (1.3). Для цього була складена програма (додаток 2), за допомогою

якої визначалась зміна коефіцієнта нерівномірності потоку добрив, що

виходить, в залежності від довжини каналу й швидкості транспортуючого повітря

(рис. 2.19). При цьому величини проб добрив, що поступають в канали,

визначались за рівнянням $q_l = -2(l-1)^2 + 40$ (де $l = 1, 2, \dots, n$), що відповідало вихідній

нерівномірності $\nu = 42,1\%$, а інтегральна крива розподілу ваги описувалась

залежністю $\Delta m = 0,5(1 - \cos(\pi v_m/11))$.

На рис. 2.19 б впливає, що зі збільшенням довжини каналів транспортного

робочого органу коефіцієнт нерівномірності зменшується, причому величина

цього зменшення суттєва при менших швидкостях транспортного повітря.

Відповідно, згладжуюча здатність при збільшенні довжини каналів збільшується,

що й підтверджується графічними залежностями, приведеними на рис. 2.20, як

видно з графіків, зі зменшенням швидкості транспортуючого повітря відбувається

більш помітне вирівнювання нерівномірності потоку, що подається в канал. Це

дозволяє зробити припущення про доцільність транспортування добрив при

менших швидкостях повітря.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження впливу параметрів і режимів роботи відцентрового розподільного робочого органу на якість розподілу добрив

За основний показник, що характеризує нерівномірність розподілу добрив, прийнято коефіцієнт варіації, що обчислюється за відібраними пробами добрив за формулою (2.24).

Дослідження нерівномірності розподілу добрив в межах одного оберту розподільника проводили по плану трьохфакторних експериментів Бокса-Бенкіна [40]. Досліджували вплив кутової швидкості обертання $X_1 \rightarrow \omega$ рад/с, ширини випускного вікна $X_2 \rightarrow a$ (мм) та його висоти $X_2 \rightarrow b$ (мм) на нерівномірність розподілу $y \rightarrow v$ (%). Вказані фактори, а також їх рівні та інтервали варіювання були прийняті на основі результатів попередніх однофакторних експериментів (табл. 3.2).

Дослідження проводились на експериментальній установці, загальний вид якої вказаний на рис. 3.4. Перед початком відбору проб добрив, що проходять через відповідний патрубок, перекидним клапаном спрямовували до допоміжної ємності. при досягненні встановленого режиму роботи установки протягом одного оберту валу розподільника добрива перекидним клапаном спрямовували в уловлювач пробовідбірника. Відібрані проби добрив зважували на вагах ВЛР-200.

Гранична похибка визначення маси проб не перевищувала 3%. Потім за

методикою, викладеною в ОСТ [67], обчислювали значення нерівномірності розподілу добрив.

Таблиця 3.2

Фактори, їх основні рівні та інтервали варіювання

Фактори	Позначення	Розмірність	Основні рівні		Інтервал варіювання
			нижній	верхній	
Кутова швидкість	ω	Рад/с	15	35	10
Ширина випускного вікна	a	мм	20	60	20
Висота випускного вікна	b	мм	20	60	20

Нерівномірність розподілу добрив обчислювали для кожної повторності досліду, а потім середнє його значення.

Однорідність середніх і дисперсій, точність досліду, коефіцієнти регресії рівняння другого порядку та їх значимість, а також адекватність моделі визначали згідно методики, викладеній в п. 3.2.3.

За результатами дослідів і аналізу отриманих рівнянь регресії будували графічні залежності нерівномірності розподілу добрив від факторів, що вивчаються.

На експериментальній установці (рис 3.3) встановлювали розподільний робочий орган (рис 3.6), конструкція якого дозволяла змінювати ширину приймального горловин відвідних патрубків від 30 до 60 мм, що давало змогу регулювати кількість відвідних патрубків від 18 до 36. Остання обставина з урахуванням можливості об'єднання проб добрив, що висіваються з сусідніх приймальних горловин, дозволяло імітувати розподілення добрив по відвідним патрубкам з широким діапазоном зміни їх кількості. Кутова швидкість обертання розподільника змінювалась в межах від 15 до 35 рад/с з інтервалом 5 рад/с.



Рис. 3.6 Загальний вигляд розподільного робочого органу (а), його корпус (б) та конструктивні елементи відвідних патрубків (в)

Крім того, з метою експериментального дослідження впливу зміщення осі потоку добрив, що подається в розподільник, провели дослід при відхищенні осі валу розподільника відносно вертикального його положення на кут в 4° , 8° та 12° . Вибір в якості досліджуваного фактору кута нахилу осі розподільника базується на тому, що в умовах виробництва найчастіше виникає зміщення місця подачі потоку в розподільник при роботі агрегату на полях с ухилом.

Методика проведення всіх дослідів була аналогічна тій, яка приведена в н. 3.23. Відмінність полягала в тому, що проби відбиралися в мішечки, підв'язані до кожного відвідного патрубка.

Відомо, що збільшення дози висіву добрив призводить до зниженню загальної нерівномірності їх внесення [39]. Тому, при мінімальній дозі внесення (для гранульованих добрив 100 кг/га) забезпечується розподіл добрив з максимально можливою нерівномірністю, що й потрібно було визначити.

Нерівномірність висіву добрив обчислювали згідно методикою, викладеною в ОСТ [67].

Для визначення зміни гранулометричного складу добрив проводили відбір проб на вході і виході з розподільника після чого по спеціальній методиці [32] відбиралися проби по 250 г для поділу добрив на фракції за допомогою віброкласифікатора. Отримані фракції добрив зважували та дані дослідів заносили у таблиці. Досліди проводили на висіві/аміачній селітри, у якої найнижча з усіх видів добрив, що застосовуються, міцність гранул [66].

3.2. Лабораторна установка для дослідження процесу пневматичного транспортування і висіву добрив

Для виконання програми досліджень процесу пневматичного транспортування і висіву добрив була розроблена і застосовувалась лабораторна установка, показана на рис 3.7. Основними її елементами є (рис 3.8): бункер 10 з дозуючим пристроєм 4, багатоканальна висівна система з вентилятором 8, привідна станція 1, конвеєрний пристрій для відбору проб 7 «біжуче поде», а також кінематичні передачі для привода робочих органів, система керування і контролю за досліджуваними процесами.



Рис. 3.7. Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження процесу висіву добрив багатоканальною висівною системою

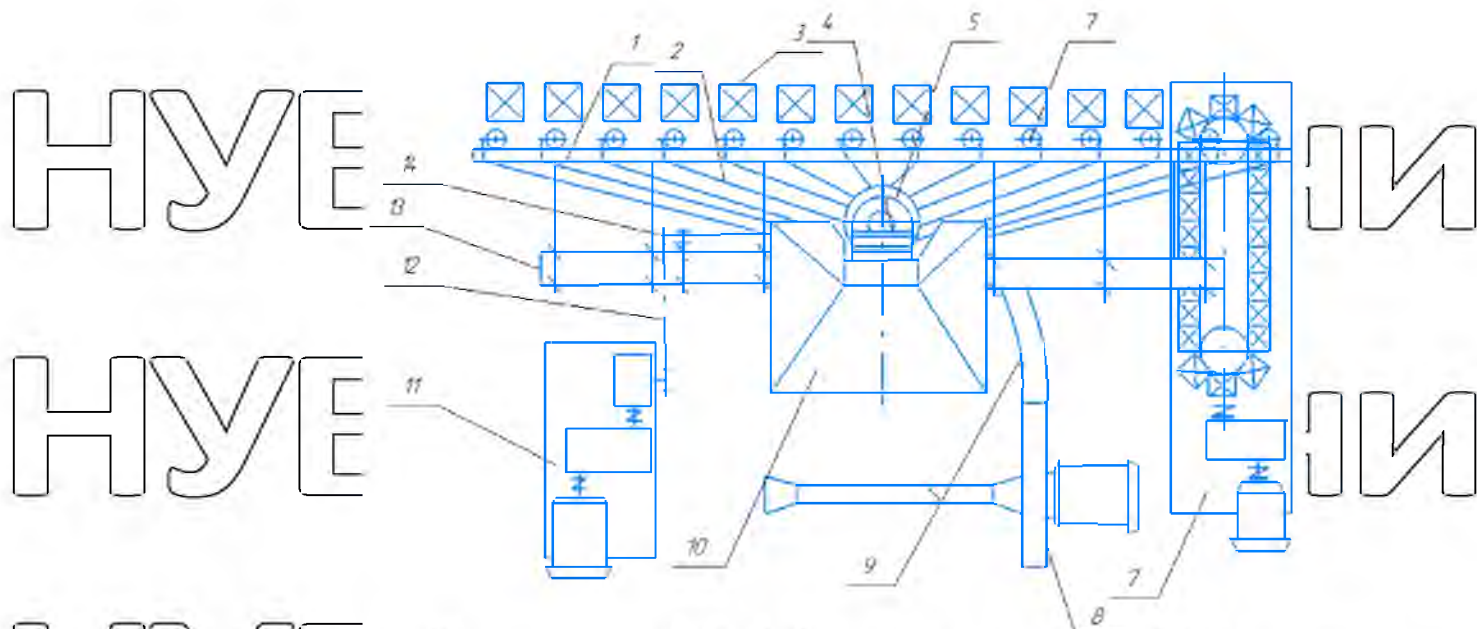


Рис. 3.8. Схема лабораторної установки для дослідження процесу висіву добрив багатоканальною висівною системою:

- 1 – труба; 2 – канал; 3 – деко; 4 – дозуючий пристрій; 5 – розподільник; 6 – циклон; 7 – конвеєрний пристрій для відбору проб; 8 – вентилятор; 9 – повітропровід; 10 – бункер; 11 – привідна станція; 12 – ланцюгова передача; 13 – рама; 14 – контропривід розподільника

Бункер установки являє собою ємність з дозуючим пристроєм 4, який виконаний у вигляді штифтової котушки.

Багатоканальна висівна система (рис. 3.9) розрахована на обслуговування чотирнадцяти закладуочих робочих органів і включає відцентровий розподільний і транспортуючий робочі органи.

Відцентровий розподільний робочий орган містить встановлений у корпусі розподільник, що обертається, і розташований по колу в основі корпусу чотирнадцять приймальних горловин відповідних патрубок, які є одночасно завантажувальними горловинами ежекторів транспортуючих робочих органів.

Ежектори своїми внутрішніми кінцями зв'язані через ділянку повітря з вентилятором 8, а зовнішнім – з каналами 2, які мають різну довжину. Кінці каналів забезпечені циклонами 6, які запобігають видуванню добрив із дека 3 під час відбору проб. Всі циклони розташовані на спільній рамі у вигляді труби 1, що дозволяє шляхом повороту останньої забезпечити одночасність відбору проб добрив з каналів в деко.

На установці застосований високонапірний відцентровий вентилятор (рис. 3.10), з'єднаний гофрованим патрубком діаметром 125 мм з дільником повітря. Останній встановлений під відцентровим розподільним пристроєм і розподіляє повітря по чотирнадцяти ежекторам. Діаметр робочого колеса вентилятора – 500

мм, ширина – 60 мм, кількість лопатей – 8 шт. у всмоктувальному отворі вентилятора встановлена дросельна заслінка для регулювання кількості повітря, що надходить.

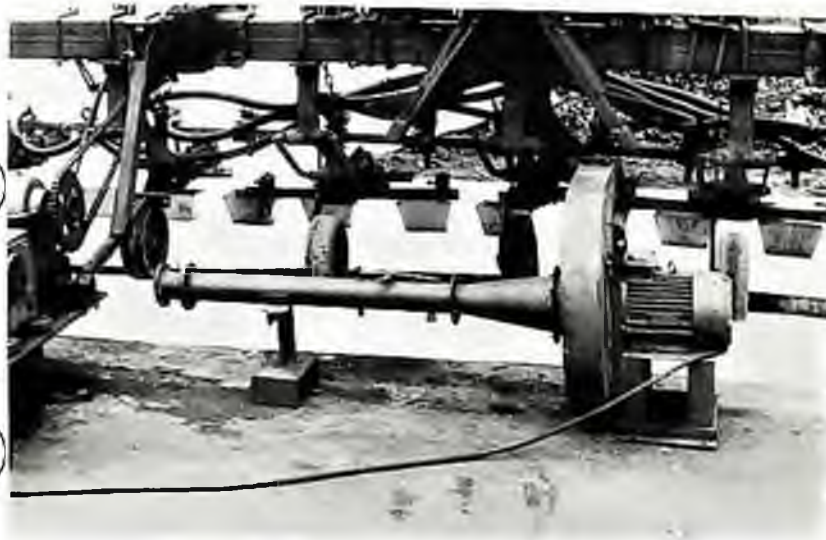
Привідна станція (рис 3.11) складається з встановлених на спільній плиті електродвигуна, вентилятора і редуктора. Вихідний вал привідної станції через ланцюгову передачу кінематично пов'язаний з проміжним валом привода дозатора розподільника.

Конвеєрний пристрій для відбору проб – «біжуче поле» використовувалося для визначення залежності нерівномірності висіву добрив по ходу руху агрегату від режимів роботи багатоканальної висівної системи. Воно включає в себе раму, пробовідбірник конвеєрного типу і механізм привода (3.12).



Рис 3.9. Загальний вигляд багатоканальної висівної системи

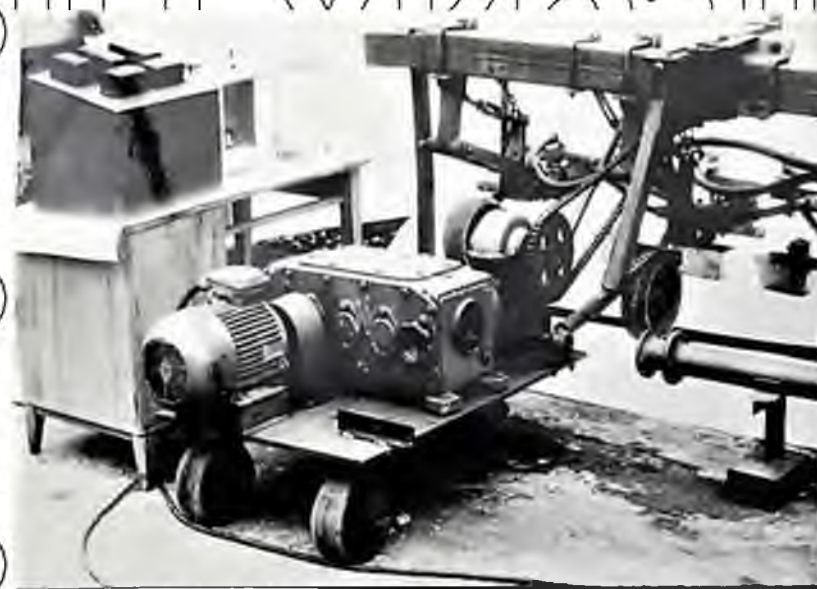
НУБ
НУБ



НИ
НИ

Рис. 3.10. Загальний вигляд вентиляторної установки з всмоктувальним колектором

НУБ
НУБ
НУБ



НИ
НИ
НИ

Рис. 3.11. Загальний вигляд приводної станції

НУБ
НУБ



НИ
НИ

Рис. 3.12 Загальний вигляд конвеєрного пристрою – «бігучого поля»

Привод вентилятора здійснювався від електродвигуна. Частота обертання робочого колеса була постійною і складала 3000/об/хв.

Для привода дозуючого пристрою і розподільного робочого органу використовували приводну станцію, за допомогою якої встановлювали необхідну частоту обертання індукційної котушки і валу розподільника.

Керування установкою здійснювали зі спільного пульта. Для виміру параметрів і контролю за процесом розподілення добрив застосовували наступні прилади і обладнання.

Частоту обертання валу вентилятора вимірювали і контролювали тахометром ТМ2, а частоту обертання валу дозуючого пристрою розподільного робочого органу – ТМ1,6-12. Час відбору проб вимірювали електросекундоміром ПВ-53. Для визначення витрати повітря використовували всмоктуючий колектор, встановлений на входному отворі вентилятора (рис 3.10).

Розрідження в вимірювали мікроманометром ММН-240.

Витрату повітря Q визначали за формулою:

$$Q = S_k v_{cp},$$

де S_k – площа перерізу труби колектора, м²;

v_{cp} – середня швидкість повітря в колекторі, м/с.

Швидкість v_{cp} визначали за формулою [35]:

$$v_{cp} = \sqrt{2 P_k / (1,04 \rho_v)},$$

де P_k – розрідження в колекторі, Па;

ρ_v – щільність повітря $\rho_v = 1,2 \text{ кг/м}^3$,

Швидкість повітря в каналах транспортуючого робочого органу v_v визначається по динамічному тиску, який заміряли за допомогою трубки Піто-

Прандтля і мікроманометра ММН-240. При цьому використовували залежність [33]:

$$v_v = \sqrt{2 P_d / \rho_v}$$

де P_d – динамічний тиск повітря, Па.

Час відбору проб добрив заміряли електросекундоміром ПВ-53, а їх масу визначали на електронних вагах ВЛТК-500 та ВЛР-200.

3.3. Дослідження впливу швидкості повітря і довжини каналів транспортуючого робочого органу на нерівномірність висіву

Дослідження проводились на експериментальній установці, описаній у попередньому пункті.

Вивчали вплив швидкості транспортуючого повітря, яку регулювали в межах 15...30 м/с з інтервалом 1 м на нерівномірність розподілу добрив по ходу руху агрегату при висіві аміачної селітри, гранульованого суперфосфату і хлористого калію. Вказані види мінеральних добрив були вибрані як матеріали, які мають найбільш характерний розподіл швидкостей витання, які суттєво впливають на якість внесення.

Порядок проведення дослідів був наступним. Відповідно до плану проведення дослідження забезпечувалося конструктивні параметри робочих органів експериментальної установки, вмикали вентилятор і переміщенням заслінки всмоктуючого колектора встановлювали необхідну швидкість повітря в досліджуваному каналі транспортуючого робочого органу. Налаштувавши дозуючий пристрій на мінімальну дозу внесення, вмикали приводну станцію, від якої здійснювався привід розподільника і конвеєрного пристрою для відбору проб – «біжучого поля». При досягненні встановленого режиму роботи установки висівні з досліджуваного каналу добрива протягом часу одного оберту пробовідбірника спрямовували в його лотки. Так як розрахунок нерівномірності висіву необхідно вести за пробами, відібраними за час одного оберту розподільника, привід «біжучого поля» і валу розподільника був синхронізований і здійснювався від одного електродвигуна, а необхідні кінематичні режими роботи робочих і допоміжних органів установки при цьому забезпечувались підбором відповідних передаточних відношень ланцюгових передач і варіаторів.

У процесі дослідження змінювали кутову швидкість обертання валу розподільника, що забезпечувало різну вихідну нерівномірність потоку добрив, що поступає в канал. При цьому кутова швидкість обертання розподільника

встановлена така, за якою в минулих дослідженнях (п. 3.2.4) визначалась нерівномірність розподілу добрив в межах одного оберту розподільника.

Відібрані проби добрив зважували на вагах ВЛР-200, після чого обчислювали нерівномірність висіву за формулою (2.24), а коефіцієнт згладжування за формулою (1.30)

Враховуючи те, що властивості багатьох добрив в значній мірі залежить від масової частки води, а також в якому вигляді і яким заводом поставляється та ін., при проведенні дослідження було приділено увагу визначенню і фіксації тих властивостей добрив, які можуть вплинути на отримані результати гранулометричного складу, об'ємна маса, масова частка води.

Гранулометричний склад добрив визначали на решітному віброрекласифікаторі з набором сит 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 3,00 та 5,00 мм. За результатами ситового аналізу обчислювали середній діаметр частинок d_{cp} .

За результатами дослідів будували графічні залежності нерівномірності висіву і коефіцієнту згладжування від факторів, що вивчаються.

3.2.7. Визначення якості внесення добрив та їх сумішей висівною системою

В процесі досліджень використовувалась та ж сама що і в попередньому дослідженні експериментальна установка. Визначалась нерівномірність висіву добрив по ширині захвату і по ходу руху агрегату. Режим роботи багатоканальної висівної системи (швидкість транспортуючого повітря) був прийнятий таким, який за результатами попередніх досліджень забезпечував найбільш прийнятні показники роботи. Нерівномірність висіву добрив по ходу руху визначали в залежності від швидкості руху агрегату, яка в лабораторних умовах імітувалась за допомогою конвеєрного пристрою для відбору проб – «біжучого поля» – з автономним механізмом приводу, що дозволяв змінювати лінійну швидкість переміщення лотків пробовідбірника. Значення цієї швидкості v_d визначили за формулою

$$v_d = \frac{\partial_a L_d}{L_n}$$

де v_a – швидкість агрегату, м/с;

L_d – робоча довжина лотка пробовідбірника, м;

$L=0,5$ – довжина ділянки шляху, на якому відбирається проба, м [67].

Перед початком відбору проб добрив, що висіваються транспортними робочими органами, спрямовували у допоміжні смістості, а потім при досягненні встановленого режиму роботи, добрива з найкоротшого каналу протягом одного оберту пробовідбірника спрямовували в його лотки. Одночасно відбирали проби добрив за рівні проміжки часу з усіх каналів для визначення нерівномірності висіву по ширині захвату машини.

Відібрані проби добрив зважували на вагах ВЛТК-500 і ВЛР-200, потім обчислювали значення нерівномірності висіву по ширині захвату і по ходу руху машини.

При висіві сумішей використовували гранульований суперфосфат, з якого попередньо були видалені фракції з розміром гранул менше 2 мм, і хлористий калій. Суміш готувалась за загальноприйнятій методиці. Відбір проб суміші добрив здійснювали аналогічно тому, як в попередніх дослідженнях.

Для визначення нерівномірності висіву кожного компонента суміші відібрані проби за допомогою сит розділяли на складові, зважували їх і вели розрахунок нерівномірності за формулою (2.24)

В процесі дослідження впливу кута нахилу осі нерівномірність внесення добрив кут нахилу осі розподільника від вертикального положення змінювали від 0° до 12° з інтервалом 4° .

Ступінь зміни гранулометричного складу аміачної селітри оцінювалась по зменшенню відсоткового вмісту в пробі гранул розміром 4...1 мм в порівнянні з їх початковим вмістом. Проби відбирали із каналів транспортуючого робочого органу, які мали різну довжину.

3.4. Методика лабораторно-польових досліджень та виробничих

випробувань експериментального зразка машини

Лабораторно-польові дослідження експериментального зразка машини проводили відповідно до основних положень галузевого стандарту [67].

Таблиця 3.3

Технічна характеристика експериментального зразку машини з

багатоканальною висівною системою

№ п/п	Назва показників	Розмірність	Значення показників
1.	Тип машини		Навісна
2.	Агрегується з трактором		Класу 1.4 кН
3.	Привід робочого органу		Від гідросистеми трактора та опорного колеса машини
4.	Робоча ширина захвату	м	4,2
5.	Робоча швидкість	м/с	До 2,5
6.	Транспортна швидкість	м/с	До 5,0
7.	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1
8.	Габаритні розміри машини (в транспортному положенні)	мм	
	Довжина		2070
	Ширина		4860
	Висота		1950
9.	Ємність бункера	м ³	0,45
10.	Маса машини	кг	1035
11.	Кількість закладаючих робочих органів		14
12.	Ширина міжрядь	м	0,3
13.	Глибина закладення	м	До 0,16
14.	Тип вентилятора		ВВД-5

Відбір проб для визначення показників якості роботи машини проводили на трьох видах добрив: гранульованому суперфосфаті, аміачній селітрі та нітрофоску, фізико-механічні властивості яких визначали по паспортним даним заводу. Висівну здатність багатоканальної висівної системи встановлювали шляхом визначення мінімальної і максимальної дози внесення добрив методом протаскування при робочій швидкості руху 2,0 м/с. Перед відбором проб робили 3 контрольних проїзди, після чого до каналів підвішували мішечки для збору добрив і визначали масу добрив внесених на шляху 50 м, що відповідало площі 200 м². Зважування відібраних проб проводили на вагах ВЛТК-500. Повторність дослідів – триразова.

Нерівномірність внесення добрив між окремими каналами визначали на максимальній (1000 кг/га) і мінімальній (100 кг/га) дозах внесення в триразовій повторності. Для цього під кожний канал підвішували мішечки для збору добрив. Висіяні в мішечки добрива зважували на вагах ВЛТК-500 і розрахунковим

шляхом по середньоквадратичному відхиленні від середньої маси проб визначали нерівномірність внесення.

Нестабільність дози внесення добрив по каналам визначали за 4 години безперервної роботи на гранульованому суперфосфаті при дозі 200 кг/га.

Повторність кожного з шести проведених дослідів була триразовою [67].

Глибину закладання добрив визначали на внесенні гранульованого суперфосфату при дозі, рівній 500 кг/га. Перед виміром проводили розкопки ґрунту по шарах за трьома робочими органами – двома крайніми і одному середньому. Кількість вимірів по кожному робочому органу – 25 через 0,5 м по ходу руху машини. Виміри проводили лінійкою. За отриманими результатами визначали рівномірність глибини закладання добрив по ширині внесення і по ходу руху машини, а також відхилення фактичної глибини закладання від заданої.

Відстань між стрічками визначали всіма робочими органами в триразовій повторності на прямому та зворотному проході машини методом розкопок в 25 точках через 0,5 м и по ходу руху.

4.1.3 Вплив параметрів та режимів роботи відцентрового розподільного робочого органу на якість розподілу добрив

Для отримання регресійних моделей досліджуваного процесу відповідно до розробленої методики виконано серію багатofакторних експериментів. Отримані результати перевіряли на однорідність середніх по критерію Стьюдента, а однорідності дисперсій – по критерію Кохрана. Перевірка дала позитивні результати.

Шляхом регресивного аналізу з використанням стандартної програми обробки результатів експерименту за планом Бокса-Бенкіна на ПЕОМ були отримані коефіцієнти рівняння регресії другого порядку, який дає взаємозв'язок нерівномірності розподілу з кутовою швидкістю обертання і розмірами випускного вікна. Перевірка статистичної значимості коефіцієнтів регресії по критерію Стьюдента при рівні значимості 0,05 дозволила привести рівняння регресії до такого виду:

$$v = 187,47 - 9,67 \omega - 0,39 a - 0,47 b + 0,14 \omega^2. \quad (4.2)$$

При цьому коефіцієнт множинної детермінації складає 0,96.

Виконаний аналіз поверхні відгуку (рис. 4.5) методом двомірних перерізів програмним способом графічно представлений на рис. 4.6. Нерівномірність

розподілу гранульованого суперфосфату зменшується як зі збільшенням ширини

випускного вікна, так і його висоти. Більш суттєво виражена залежність

нерівномірності розподілу від висоти вікна. Для досягнення кращої рівномірності розподілу, випускне вікно повинно мати якомога більше значень b . У зв'язку з

цим інші двомірні перерізи були побудовані і досліджені при значеннях $b = 60$ мм

і приведені на рис. 4.6б. Якість розподілу добрив покращується зі збільшенням

кутової швидкості обертання розподільника. При значенні $\omega = 30$ рад/с

спостерігається мінімальне значення нерівномірності розподілу.

Розглянуті вище двомірні перерізи поверхні відгуку дозволили визначити

раціональне значення $\omega = 30$ рад/с и $b = 60$ мм. Оскільки третій фактор – ширина

випускного вікна – визначається в кожному конкретному випадку з урахуванням пропускної здатності розподільника, він не підлягає оптимізації.

З метою отримання додаткової інформації були проведені однофакторні

експерименти, результати яких в графічній формі представлені на рис. 4.7 – 4.9.

Приведені графіки характеризують розподіл добрив в межах одного оберту

розподільника і підтверджує раніше зроблений висновок: нерівномірність розподілу добрив знижується при збільшенні висоти випускного вікна.

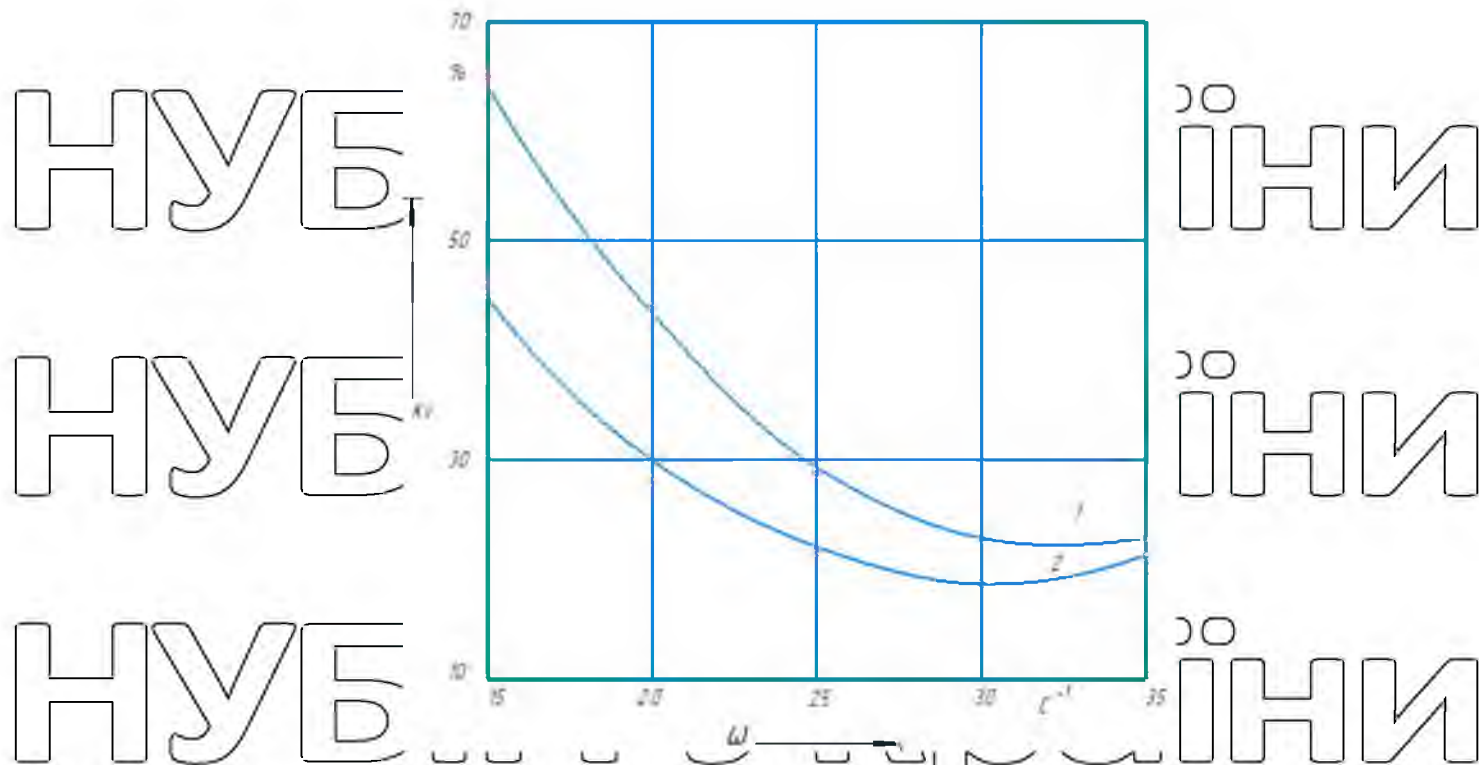


Рис. 4.8. Залежність нерівномірності розподілу K_v гранульованого суперфосфату

від кутової швидкості обертання ω при розмірах випускного вікна $a \times b$ (м),

відповідно:

1 – $0,02 \times 0,02$; 2 – $0,06 \times 0,06$

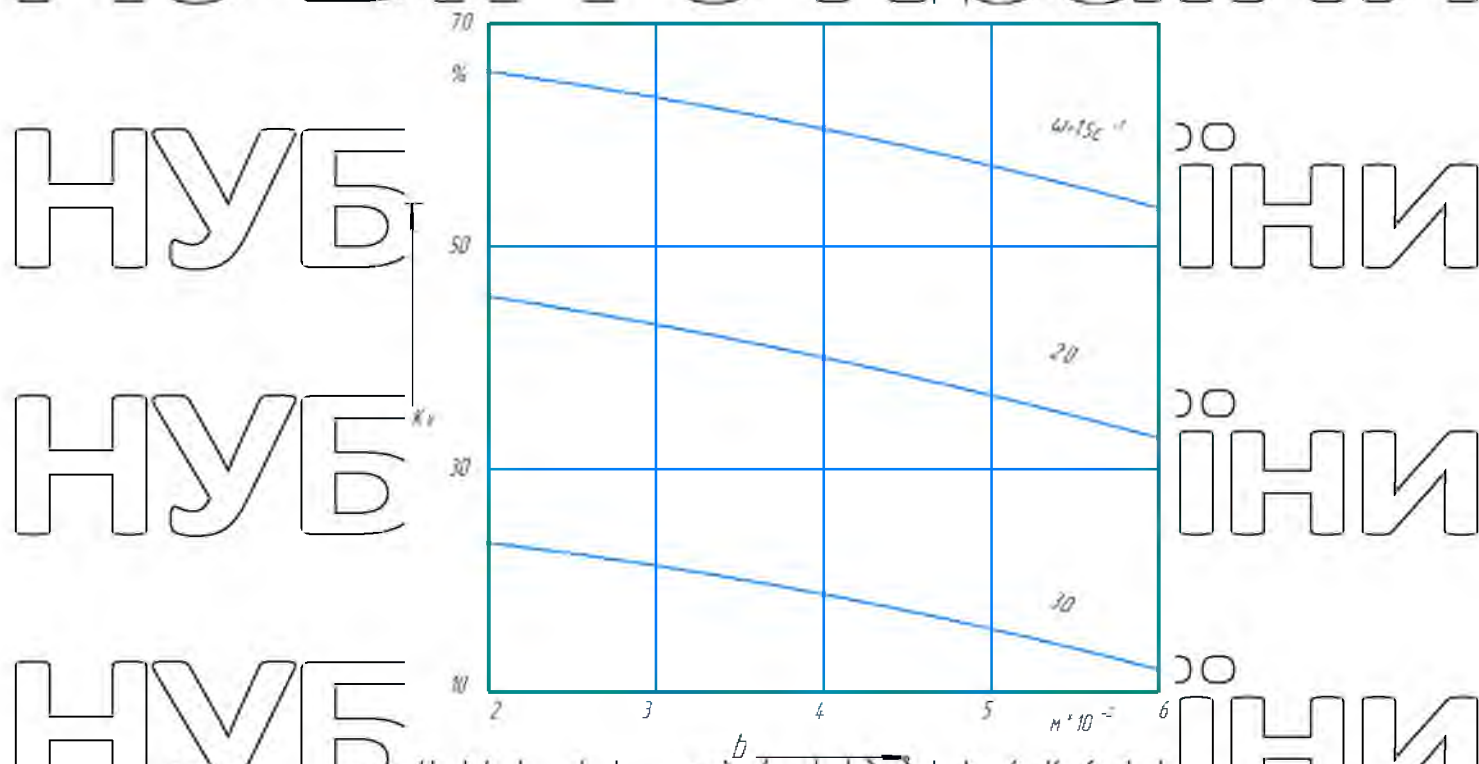


Рис. 4.9. Залежність нерівномірності розподілу K_v від висоти випускного вікна

розподільника b

Результати досліджень по визначенню нерівномірності розподілу добрив по відвідним патрубкам, представлені в табл. 4.1.

Нерівномірність розподілу гранульованого суперфосфату в залежності від кутової швидкості обертання розподільника та кількості відвідних патрубків

Таблиця 4.1

Кутова швидкість обертання розподільника, рад/с	Нерівномірність розподілу, %				
	Кількість відвідних патрубків, шт				
	6	9	12	18	36
15	10,6	10,7	11,8	12,1	13,8
20	7,8	7,7	8,1	8,3	10,2
25	6,9	7,0	7,3	7,4	9,5
30	7,0	7,0	7,1	7,1	8,9
35	8,0	8,1	8,5	8,6	9,9

Отримані результати свідчать про те, що зі збільшенням кутової швидкості розподільника від 15 до 30 рад/с нерівномірність розподілу по відвідним патрубкам, що характеризується коефіцієнтом варіації, зменшується, а наступне її збільшення призводить до погіршенню якості розподілу мінеральних добрив.

Найбільш рівномірний розподіл добрив здійснюється в діапазоні зміни кутової швидкості обертання від 25 до 30 рад/с, хоча допустима по агротехнічним вимогам нерівномірність 10 %, як видно з табл. 4.1 забезпечується в діапазоні змін кутових швидкостей від 20 до 35 рад/с. Погіршення якості розподілу добрив по відвідним патрубкам відбувається при збільшенні кутової швидкості обертання понад критичного її значення, коли виникає мимовільний рух настинок добрив через верхню кромку розподільника.

Нерівномірність розподільника добрив по відвідним патрубкам розподільного робочого органу при збільшенні кута відхилення осі валу розподільника відносно вертикального положення зростає і становить: 7,1% при куті 0°; 8,2% при 4°; 11,5% при 8° и 16,8% при 12°. При цьому необхідна по агротехнічним вимогам нерівномірність 10% забезпечується при кутах 6°. Зміни

гранулометричного складу добрив при роботі відцентрового розподільного

робочого органу склало не більше 0,7%.

Відповідно, за показниками якості розподільника добрив досліджуваний розподільник відповідає агротехнічним вимогам.

Підбиваючи підсумки експериментального дослідження процесу

відцентрового розподілу добрив, можна дійти висновку, що загалом вони

підтверджують результати теоретичних досліджень. експериментальні дані

досить добре узгоджуються з отриманими теоретичними залежностями. Вказані

залежності в сукупності з експериментальними даними можна використати при

розрахунку конструктивних параметрів відцентрового розподільного органу. З

цією метою було складено програму ПЕОМ, наведену в додатку 3, за допомогою

якої було визначені конструктивно-кінематичні параметри відцентрового

розподільного робочого органу для машин з багатоканальним пневматичними

висівними системами.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив швидкості повітря і довжини каналів транспортного робочого органу на нерівномірність висіву добрив

Представлені на рис. 4.10 графічні залежності нерівномірності висіву добрив від швидкості транспортованого повітря, отримані за результатами експериментальних досліджень згідно опису в п. 3.2.7 методичні, показують, що по мірі зростання швидкості повітря в каналі рівномірність висіву добрив погіршується. Найбільш інтенсивна зміна нерівномірності відбувається при більш низьких значеннях швидкості повітря (рис. 4.11). Порівняльний аналіз отриманих залежностей нерівномірності висіву для хлористого калію, гранульованого суперфосфату та аміачної селітри дозволяє зробити висновок про те, що найбільш рівномірно при заданому кінематичному режимі роботи розподільника (який зумовлює однакову вихідну нерівномірність) висівається гранульований суперфосфат, у якого розмах швидкостей витання складає $R_v = 1$ м/с і міст від інтегральної кривої має більш пологий характер. Найнижча якість висіву отримано для хлористого калію, у якого менший розмах швидкостей витання ($R_v = 8$ м/с), а інтегральна крива більш крутіший характер. Все це підтверджує раніше зроблений висновок, при пневмотранспортуванні матеріалу, що має більш лінійний розподіл швидкостей витання і більше значення розмаху швидкостей витання, значніше згладжується та нерівномірність, яка була на вході в канал.

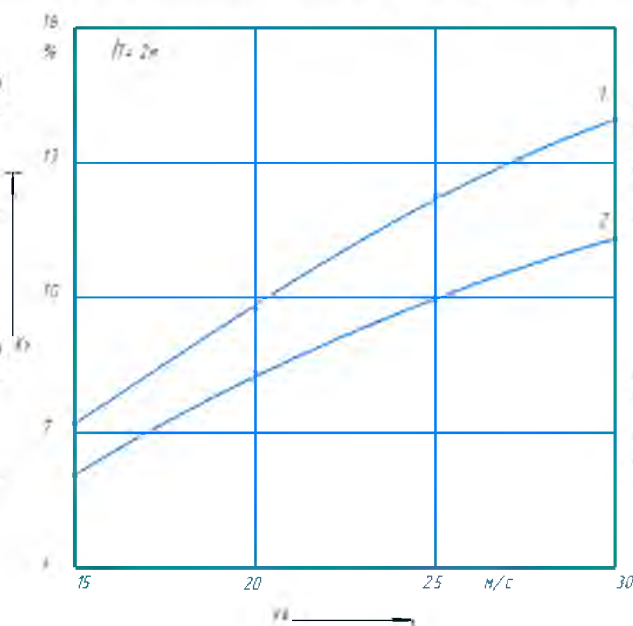


Рис. 4.10. Залежність нерівномірності висіву K_v від швидкості транспортуючого

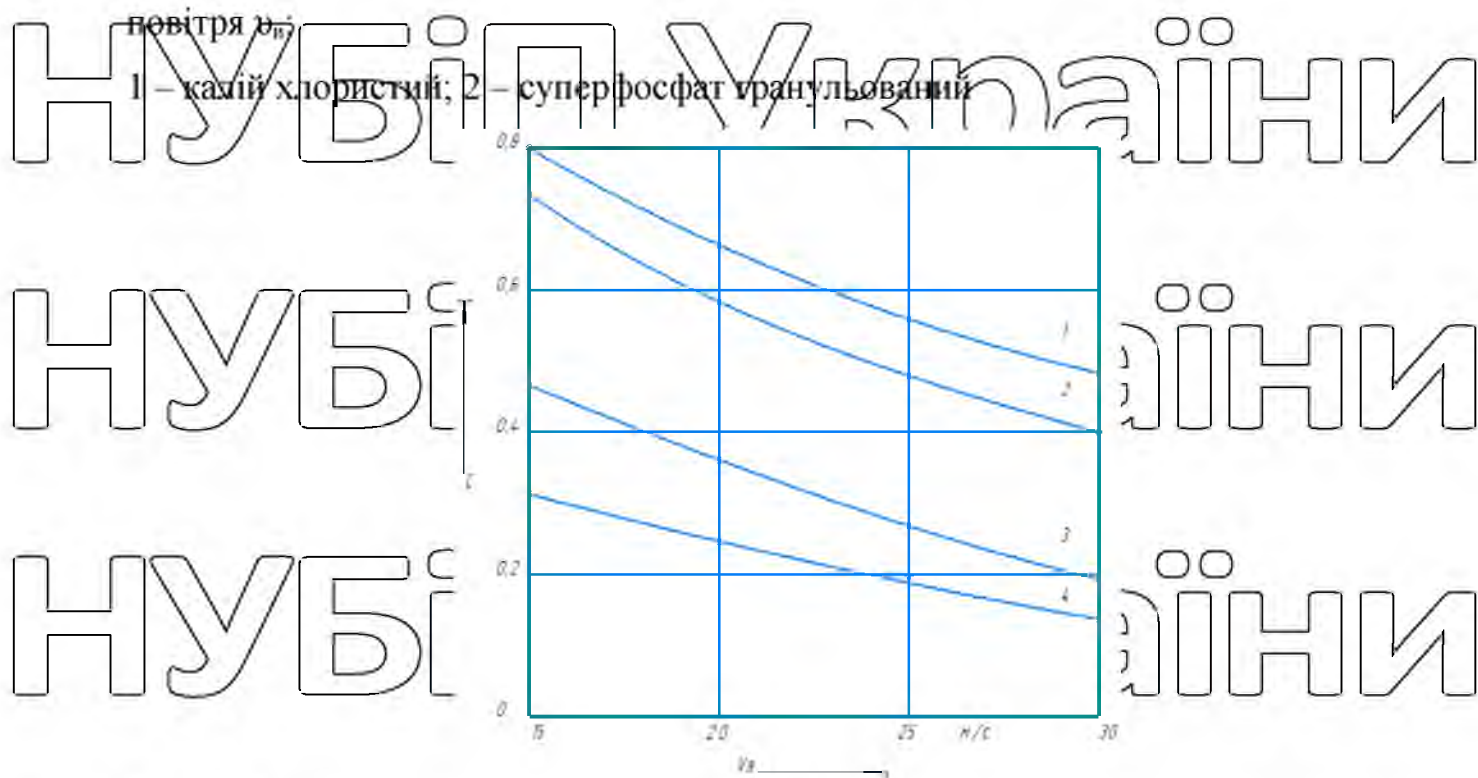


Рис. 4.11. залежність коефіцієнта згладжування C від швидкості транспортуючого

повітря v_{tr} :

суперфосфат гранульований: 1 – $l_T \in 3,0$ м; 3 – $l_T = 1,0$ м;

калій хлористий: 2 – $l_T = 3,0$ м; 4 – $l_T = 1,0$ м

На рис. 4.12 показано зміну нерівномірності висіву від довжини каналів транспортуючого робочого органу. Збільшення довжини транспортування призводить до зниженню нерівномірності висіву. Відповідно, згладжувача здатність при пневматичному висіву буде більше для більш довгих каналів, що і підтверджують результати досліджень, що приведені на рис 4.13.

НУБІ

НУБІ

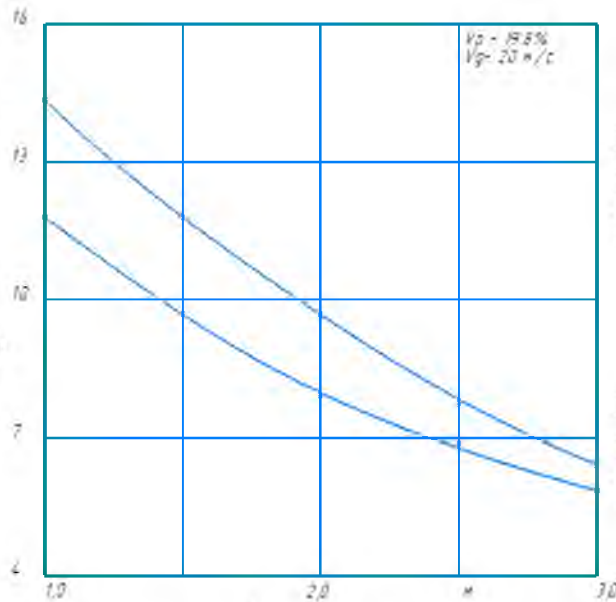
НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ



ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

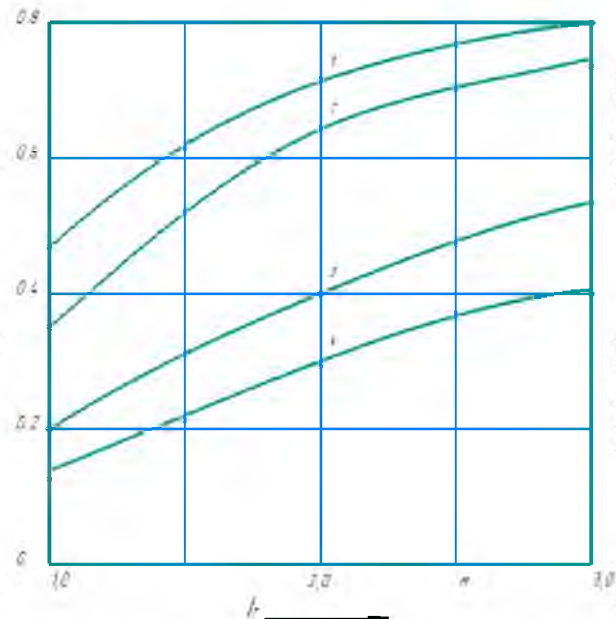
Рис. 4.12. Залежність нерівномірності висіву K^* від довжини каналу транспортуючого робочого органу l_T : 1 – калій хлористий, 2 – суперфосфат гранульований

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ



ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

ЗІНИ

Рис. 4.13. Залежність коефіцієнта згладжування C від довжини каналу транспортуючого робочого органу l_T :

суперфосфат гранульований: 1 – $v_0 = 15$ м/с; 3 – $v_0 = 30$ м/с;

калій хлористий: 2 – $v_0 = 15$ м/с; 4 – $v_0 = 30$ м/с

Отримані результати підтверджують висновки, зроблені при теоретичних дослідженнях даного питання.

4.2. Результати досліджень якості висіву мінеральних добрив та їх сумішей

Визначення показників якості висіву добрив здійснювалось при швидкості транспортуючого повітря в каналах рівній 20 м/с, при котрій, як встановлено в попередніх дослідах, забезпечується стійке пневмотранспортування добрив.

Встановлено, що нерівномірність висіву по ширині захвату складає практично таку ж саму величину, що і нерівномірність розподілу добрив від центровим розподільником по відвідним патрубкам (див. п. 4.1.3). Абсолютне значення вказаної нерівномірності для даної багатоканальної висівної системи склало величину не більше 8%.

Результати експериментальних досліджень залежності нерівномірності висіву по ходу руху представлені у графічному вигляді на рис. 4.14.

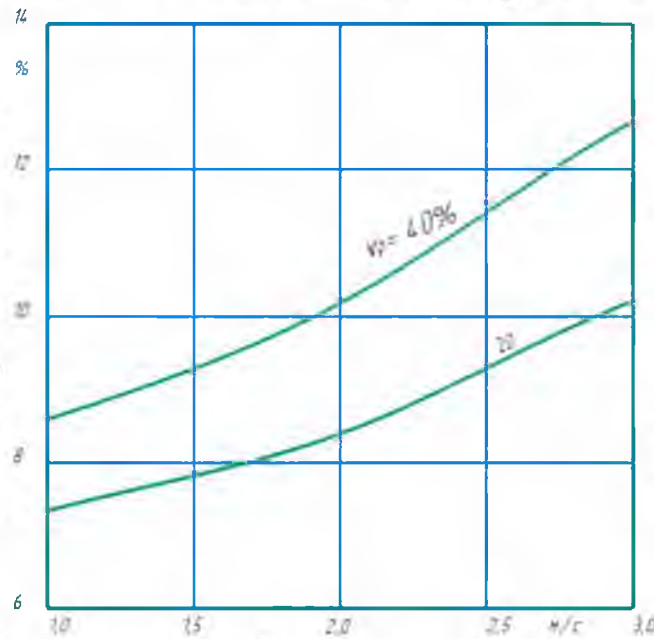


Рис. 4.14. Залежність нерівномірності висіву добрив по ходу руху V_x від швидкості агрегату v_a

Зі збільшенням швидкості агрегату збільшується і нерівномірність висіву.

Допустиме по агротехнічним вимогам значення нерівномірності висіву по ходу руху забезпечується у всьому досліджуваному діапазоні зміни швидкості агрегату по каналам транспортуючого робочого органу в межах одного оберту $v_p = 20\%$, а для $v_p = 40\%$ – при швидкості агрегату менше 1.8 м/с. таким чином, в необхідних

випадках потрібну нерівномірність висіву по ходу руху агрегату можна отримати шляхом вибору відповідного рівняксісного режиму агрегату.

Якість висіву суміші гранульованого суперфосфату і хлористого калію, як показали проведені дослідження, вище, ніж однокомпонентних добрив: нерівномірність внесення склала не більше 6%. При цьому нерівномірність висіву компонентів суміші була наступною: хлористого калію – 10%, гранульованого суперфосфату – 8%. Таке явище можна пояснити тим, що у приготуванні суміші аеродинамічні характеристики (перш за все характер розподілу швидкостей витання) сприяє згладжуванню вихідної нерівномірності.

Залежність нерівномірності висіву по ширині захвату від кута схилу поля представлено на рис. 4.15. Збільшення кута схилу поля призводить до значного погіршення якості висіву. Однак допустима по агротехнічним вимогам нерівномірність висіву забезпечується на полях, кут схилу яких не перевищує 6°.

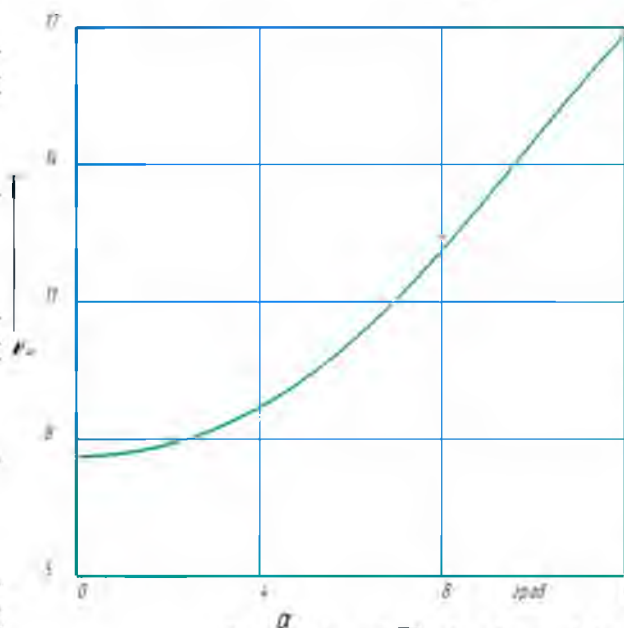


Рис. 4.15. Залежність нерівномірності висіву по ширині захвату $\sigma_{ш}$ від кута схилу поля α

З наведених в таблиці 4.2 результатів експериментальних досліджень випливає, що вміст основної фракції гранул (4... 1 мм) в процесі пневмотранспортування зменшується незначно – на 0,7... 1,0% при збільшенні швидкості транспортуючого повітря з 15 до 30 м/с, збільшення довжини каналів з 1,0 до 3,0 м також практично не змінить вміст цієї фракції. Аналіз характеру і причини руйнування гранул аміачної селітри показав, що пошкоджуються в

основному гранули діаметром 4...2 мм, які дробляться на частинки розміром 2...1 мм. Руйнування гранул відбувається головним чином за рахунок дроблення їх в відцентровому розподільнику.

Таблиця 4.2

Зміна вмісту гранул розміром 4...1 мм аміачної селітри при пневмотранспортуванні (вихідний вміст гранул складає 97%)

Довжина каналу, м	Зміна складу гранул, %			
	Швидкість повітряного потоку, м/с			
	15	20	25	30
1	0,7	0,7	0,8	0,8
2	0,7	0,8	0,8	0,9
3	0,8	0,9	0,9	1,0

4.3 Результати лабораторно-польових досліджень і виробничих випробувань експериментального зразку машини

В процесі лабораторно-польових досліджень експериментального зразку машини з багатоканальною висівною системою були отримані наступні значення показників висіву добрив.

а). Машина забезпечує внесення гранульованих добрив зі зміною дози внесення в необхідних межах (50...1000 кг/га).

б). Результати польових досліджень, в процесі яких визначали нерівномірність висіву різних видів добрив і зміну їх гранулометричного складу після висіву системою, приведені в табл. 4.3. З урахуванням того, що нерівномірність висіву визначали при мінімальних дозах внесення нерівномірність висіву не буде перевищувати 10%.

в). В процесі випробувань встановлено, що стабільність висіву добрив багатоканальною висівною системою задовольняє агротехнічні вимоги і не перевищує 10%.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ЗАСТОСУВАННЯ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РРО.

Проведемо розрахунок економічної ефективності експериментальної машини на внесенні гранульованих добрив порівняно з серійною машиною.

Базовий агрегат: трактор МТЗ-82 + культиватор-рослинощипувач.
Новий агрегат: трактор МТЗ-82 + експериментальний культиватор з пневмовідцентровим РРО.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу визначаємо за формулою:

$$W = 0.1B * V_a * T_z \quad (5,1)$$

де $B = 8\text{м}$ та 12м – робоча ширина захвату відповідно, базового і нового агрегату;

$V_a = 10$ км/год – робоча швидкість агрегату;
 $T_z = 0.7$ – коефіцієнт використання часу зміни.

Базовий агрегат:

$$W_{\text{баз}} = 0.1 * 8 * 10 * 0.7 = 5,6 \text{ га/год};$$

Новий агрегат:

$$W_{\text{нов}} = 0.1 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 0.7 = 8,4 \text{ га/год};$$

Прямі експлуатаційні затрати в гривнях на одиницю обробленої площі визначаємо за формулою:

$$U_{\text{шт}} = 3 + A + R_p + \Pi \quad (5.2)$$

де 3 - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн/га;

A - затрати на реновацію, грн/га;

R_p - затрати на ремонт і планово-технічне обслуговування, грн/га;

Π - затрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$3 = \frac{r_i}{W} \quad (5.3)$$

де r_i - тарифна ставка тракториста.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

Базовий агрегат

$$3_{\text{баз}} = 215 / 5,6 = 38,4 \text{ грн/га};$$

Новий агрегат:

$$3_{\text{нов}} = 215 / 8,4 = 25,6 \text{ грн/га};$$

Затрати на реновацію рівні:

$$A = \frac{B_T \cdot \frac{a_T}{T_M} \cdot T_M + B_M \cdot a_M}{T_M \cdot W} \quad (5.4)$$

де $B_M = 567400$ грн, $B_M = 228900$ грн і 229200 грн - вартість відповідно трактора та машини серійного та нового варіанту;

$a_m = 0,11$, $a_m = 0,142$ - відрахування на реновацію відповідно трактора та машини;

$T_m=1350$ год, $T_M=850$ год - річне навантаження відповідно трактора та машини.

$$A = \frac{567400 \cdot \frac{0,11}{1350} \cdot 850 + 228900 \cdot 0,142}{850 \cdot 5,6} = 15,084 \text{ грн/га};$$

$$A = \frac{567400 \cdot \frac{0,11}{1350} \cdot 850 + 229200 \cdot 0,142}{850 \cdot 8,4} = 10,062 \text{ грн/га}$$

Затрати на капітальний, поточний ремонт і планово-технічне обслуговування агрегату:

$$R_p = \frac{B_T \cdot \frac{P_T}{T_E} \cdot T_M + B_M \cdot P_M}{T_M \cdot W},$$

(5.5)

де $P_T=0,16$; $P_M=0,12$ - відрахування на ремонт і планово-технічне обслуговування відповідно трактора та машини.

$$R_{p6} = \frac{567400 \cdot \frac{0,16}{1350} \cdot 850 + 228900 \cdot 0,12}{850 \cdot 5,6} = 17,779 \text{ грн/га};$$

$$R_{pн} = \frac{567400 \cdot \frac{0,16}{1350} \cdot 580 + 229200 \cdot 0,12}{850 \cdot 8,4} = 9,314 \text{ грн/га}.$$

Прямі капіталовкладення по машині визначаємо за формулою:

$$K_{\text{прт}} = \frac{B_T \cdot \frac{T_M}{T_T} + B_M}{T_M \cdot W};$$

(5.7)

$$K_{\text{прт.6}} = \frac{567400 \cdot \frac{850}{1350} + 228900}{850 \cdot 5,6} = 123,141 \text{ грн/га};$$

$$K_{\text{прт.н}} = \frac{567400 \cdot \frac{850}{1350} + 229200}{850 \cdot 8,4} = 82,136 \text{ грн/га}.$$

Затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$\Pi = \frac{N_{\text{дв}} g_{\text{м}} g_{\text{т}} U_{\text{т}}}{W} \quad (5.8)$$

НУБІП України

Базовий агрегат:

$$\Pi_{\text{баз}} = \frac{82 \cdot 37 \cdot 0,092 \cdot 0,8}{5,6} = 39,87 \text{ грн/га};$$

НУБІП України

Новий агрегат

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{82 \cdot 37 \cdot 0,092 \cdot 0,8}{8,4} = 26,58 \text{ грн/га}$$

Прямі питомі експлуатаційні витрати:

НУБІП України

$$U_{\text{пит.б}} = 15,084 + 17,779 + 39,87 = 72,733 \text{ грн/га}$$

$$U_{\text{пит.н}} = 10,062 + 9,314 + 26,58 = 45,96 \text{ грн/га}$$

Приведені питомі витрати:

НУБІП України

$$\Pi_{\text{пит}} = E \cdot K_{\text{пит}} + U_{\text{пит}} \quad (5.9)$$

де $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень

$$\Pi_{\text{пит.б}} = (0,15 \cdot 123,141) + 72,733 = 91,2 \text{ грн/га}$$

$$\Pi_{\text{пит.н}} = (0,15 \cdot 82,136) + 45,96 = 58,3 \text{ грн/га}$$

НУБІП України

Річний економічний ефект від застосування машини МВУ-5, оснащеної пневмовідцентровим РРО визначається за формулою:

НУБІП України

$$E_p = (\Pi_{\text{пит.баз}} - \Pi_{\text{пит.нов}}) W_{\text{н}} \cdot T_{\text{м}} \quad (5.10)$$

$$E_p = (91,2 - 58,3) \cdot 8,4 \cdot 850 = 234906,00 \text{ грн};$$

НУБІП України

Результати розрахунків зводимо в таблицю (див. таб. 5.1). З них видно, що машина МВУ-5 з пневмовідцентровим РРО має менші прямі експлуатаційні затрати на 20%, приведені експлуатаційні затрати на 19.9%.

Річний економічний ефект від застосування машини складає 234906,00 грн.

Таблиця 5.1.

пневмовідцентровим РРО на внесенні гранульованих добрив.

Показники	Базовий	Новий
		ПВРРО
Ширина захвату, м	8	12
Швидкість руху агрегату, км/год	40	10
Середня продуктивність, га/год.зм. часу	5,6	8,4
Прямі питомі економічні затрати	72,733	45,96
Прямі капіталовкладення, грн./га	123,141	82,136
Приведені питомі затрати, грн./га	91,2	58,3
Річний економічний ефект, грн	-	234906

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Висновки по розділу 1

1. Технологічні схеми машин з багатоканальними пневматичними висівними системами передбачають загальне дозування добрив, що вносяться, і незалежний їх розподіл на складові з наступним пневматичним переміщенням останніх по окремих каналах до робочих органів.

2. Найбільш перспективними для використання в багатоканальних пневматичних висівних системах із загальним дозуванням мінеральних добрив є розподільні робочі органи активного типу, які забезпечують незалежний розподіл добрив і повітря з подальшим переміщенням горизонтальними каналами транспортуючих робочих органів до місць внесення в ґрунт.

2. Висновки по результатам теоретичних досліджень

В результаті теоретичних досліджень процесу відцентрового розподілення і

пневматичного транспортування добрив багатоканальною висівною системою встановлено наступне.

Для усунення самовільного руху частинок добрив через верхню кромку розподільника і забезпечення умов для стабільного протікання процесу їх відцентрового розподілення висоту розподільника необхідно визначати по формулі (2.15).

3. Висновки за результатами експериментальних досліджень

Нерівномірність розподілу добрив в межах одного оберту розподільного робочого органу адекватно описується рівнянням регресії (4.2), отриманим на основі багатфакторних експериментів. Шляхом аналізу його поверхні відгуку методом двомірних перерізів визначили раціональні конструктивно-кінематичні параметри розподільника, що забезпечують при заданій дозі внесення добрив мінімальну нерівномірність розподілу в межах одного оберту робочого органу: кутова швидкість повинна складати 30 рад/с, а висота впускного вікна – 60 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук В.В. Обґрунтування процесу роботи і параметрів шнекових розподільно – висівних систем машин для внесення твердих мінеральних добрив / Дис. ... канд. техн. наук . – Глеваха , 1985. – 284 с.

2. Внуков И.Е. , Любушко Н.И. Направления совершенствования высевающих систем зерновых пневматических сеялок // Тракторы и сельхозмашины. – 1988. - № 1. – с. 23 – 27.

3. Вялков В.И. Широкозахватный агрегат для поверхностного внесения минеральных удобрений // Механизация и электрификация сельского хозяйства . – 1988. - № 1. – с. 15 – 16.

4. Гусев В.Н. Исследование и обоснование периметров пневматической высевающей системы зерновой широкозахватной сеялки : Автореф. дис. ... канд. техн. наук . – М. , 1980. – 20 с.

5. Жук В.В. , Кондратец Л.И. , Суворова Л.Г. , Кудряшова И.В.

широкозахватные пневматические сѣлки – культиваторы для почвозащитных технологий // Техника в сельском хозяйстве . 1989 . № 2 . с. 62 – 64.

6. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики . Практ. пособие – К. : Изд-во УСХА , 1992 . 512 с.

7. Ковшов В.І. Постановка инженерного эксперименту . – Київ : Донецк : Вища школа , 1982 . – 120 с.

8. Кострокин Г.Г. Потери давления в каналах пневматических машин при движении двухкомпонентного потока // Сб. научных трудов НПО ВИСХОМ.

Актуальные вопросы создания машин для внесения удобрений и защиты растений . – М. , 1988 . – с. 27 – 30.

9. Ларюхина Г.Г. Тенденции развития средств механизации для внесения удобрений // Обзорная информация / Госкомсельхозтехника СССР , ЦНИИТЭИ. – М. , 1983 . – 36 с.

10. Лесничий Л.К. Оценка неравномерности высева пневматических сѣлок // Механизация и электрификация сельского хозяйства . – 1986 . – № 5 . С. 19 – 20.

11. Ликкей А.В. , Сысолин П.В. Анализ показателя неравномерности высева семян // Тракторы и сельхозмашины . – 1980 . – № 2 – с. 15 – 17.

12. Листопад Г.Е. , Демидов Г.К. , Зонов Б.Д. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины . – М. : Агропромиздат , 1986 . – 688 с.

13. Листопад И.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства . – М. , Агропромиздат , 1989 . – 89 с.

14. Мельников В.С. , Алешкин В.Р. , Рошкин П.Н. Планирование экспериментов в исследованиях сельскохозяйственных процессов . – 2 – е изд. , перераб. – Л. : Колос , 1980 . – 168 с.

15. Методика определения цен на новую машиностроительную продукцию производственно – технического назначения . М. : 1987 . 29 с.

16. Механизация применения удобрений . Справочник агрохимика / И.К. Рябченко , В.Е. Явтушенко , И.И. Харенко , В.В. Полякус . – М. : Колос , 1982 . – 192 с.

17. Насонов В.А. Обґрунтування процесу висіву і параметрів дозуючих робочих органів широкозахватної зернової сїялки з централізованою висівною системою : Дис. ... канд. техн. наук – Глеваха , 1984. – 281 с.

18. Нефедов Б.А. Выбор ширины захвата машины для до полного внутрипочвенного локального внесения основной дозы минеральных удобрений // НТБ ВИМ – М , 1983 – Вып. 53. – с. 17 – 19 .

19. Нефедов Б.А. , Рогожкин А.Н. , Балакирев С.В. Конструктивные элементы туковсевающих систем и их влияние на неравномерность высева // Тракторы и сельхозмашины . – 1988 . - № 1 . – с. 27 – 29.

20. Операционная технология применения твердых минеральных удобрений . – М. : ВИМ , 1981. – 116 с.

21. Рекомендации . Локальное внесение минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах СССР при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур . – М. – ВНПО “Союзсельхозхимия” , 1988. – 64 с.

22. Рекомендации по локальному внесению минеральных удобрений под основне сельскохозяйственные культуры . – М. : Колос , 1981. – 31 с.

23. Рекомендации по разработке агротехнических тренировок на машины для локального внесения минеральных удобрений . М. : ВНПО “Союзсельхозхимия” , 1980. – 15 с.

24. Рубашова В.А. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів пневматичних багатоканальних робочих органів для поверхневого внесення мінеральних добрив . Автореф. дис. ... канд. техн. наук .- Глеваха , 1985. – 20с.

25. Сколярев В.И. Обоснование параметров пневматических зерновых сеялок централизованного высева : Автореф. дис. ... канд. техн. наук . – М. , 1989. – 20 с.

26. Йордан Вакарелски .Съчетаване на центробежния и пневматичния принцип за равномерно разпръскване на минерални торове // Селскостопанска техника . – 1987 . – 24 , № 4. – с. 39 – 43.

27. Domier K.W. , Мауко J.J. , Robertson J.A. Equipment requirements for fertilizer placement in cereals and small grains .// Winter Meet . Amer. Soc. Agr. Eng. – 1985. – П 1502. – р. 1- 8.

28. Pat. 1581529 (GB). Improvements in or relating to granular distribution

apparatus / Cyril Copperwheat . - 17.12.1980.

29. Pat. 4462550 (US). Apparatus for distributing a substance / Loren E. Tyler . -

31.07.1984.

30. Schunke Ulrich .Randozonprobleme bei der Dungung // Landtechnik . -

1980. - 35. # 2 - p.66 - 68

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП ^{ДОДАТКИ} України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 24-25 лют. 2022 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.:

Видавничий центр НУБіП України, 2022. 425 с.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

Обґрунтування конструкції
відцентрового розподільника машин
для внутрішньогрунтового
локального внесення твердих
мінеральних добрив

207

*В. Б. Онищенко, А. О. Дубовецький, В.
В. Ратушний*

УДК 631.333

**ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗПОДІЛЬНИКА
МАШИН ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ
ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

В. Б. ОНИЩЕНКО, доцент, к.т.н.,

А. О. ДУБОВЕЦЬКИЙ, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. В. РАТУШНИЙ, с.н.с., к.т.н.,

ННЦ ІМЕСТ НААН України

Аналіз існуючих конструктивно – технологічних схем багатоканальних висівних систем дозволяє зробити висновки про те, що відомі технології не зовсім задовольняють наведені агротехнічні вимоги[1]. При цьому встановлено, що на

внесення різних видів добрив по фізико – механічним властивостям та їх сумішей, більш перспективним є використання систем з незалежним роз-поділенням матеріалу, що вносять, та повітря, на задану кількість потоків з наступним надходженням добрив в окремі канали транспортуючого робочого органу з подальшим рухом аеросуміші по каналах до місця висіву в ґрунт. Така технологічна схема багатоканальної висівної системи забезпечує високі та якісні показники технологічного процесу.

При аналізі можливих варіантів конструктивного виконання розподільчих робочих органів виявлено, що рівномірність розподілення добрив можна покращити за рахунок застосування розподільчих робочих органів відцентрового типу [2]. Обертовий розподільник, з виконаними в його бічній поверхні випускних отворів приведено на (рис. 1).

Запропонований робочий орган включає в себе корпус 2, в основі якого знаходяться, рівномірно розташовані по коловій поверхні, приймальні горловики відвідних патрубків 10. В корпусі 2 встановлений обертовий розподільник 13, у вигляді стакану, діом якого є центральна частина диска 4, далі розміщений привод 7. Над впускним вікном 1 розподільника знаходяться туюконапрямляч 14, з'єднаний з дозуючим пристроєм 15 бункера 16. Уточці IX Міжнародна науково-практична конференція «Крамаровські читання»

209

з'єднання розподільника з диском, по коловій поверхні розроблені випускні отвори 3 і 12.

Приймальні горловики відвідних патрубків 10 представляють собою одночасно завантажувальними горловинами ежекторів 9 пов'язаними внутрішніми кінцями з пневмоканалами 8, а зовнішніми – з каналами 11 транспортуючого робочого органу. Пневмоканали з'єднані через розподільник повітря 5 з пневмоприводом 6 та з джерелом стиснутого повітря.

Експериментальна установка працює наступним чином. Добрива з бункера 16 подаються дозуючим пристроєм 15 через туюконапрямляч 14 до впускного вікна 1 розподільника 13. Після чого, гранули добрив, під дією відцентрових сил розганяються та направляються до випускного вікна 3 і 12, пройшовши які, добрива переміщуються на периферію диска і направляються до приймальних горловин відвідних патрубків.

Рис. 1. Схема відцентрового розподільчого органу
1-впускне вікно; 2 - корпус; 3, 12 – випускні вікна; 4- диск; 5 – розподільник повітряного потоку; 6 - пневматичний привод; 7 – привод розподільника; 8 – пневмоканали; 9 – ежектори; 10 – прийомні горловики відвідних патрубків; 11 - канали транспортуючого робочого органу; 13 – розподільник; 14 – туюконапрямляч; 15 – дозуючий пристрій; 16 – бункер.

В цей же час, розділений розподільником 5, повітряний потік із пневмо-ривола 6, поступає по пневмоканалам 8 до ежекторів 9, де захвачує опинившись в завантажувальних горловинах гранули добрив, і переміщує їх по каналам 11 транспортуючого робочого органу до місця внесення. IX Міжнародна науково-практична конференція «Крамаровські читання»

210

Аналізуючи процес роботи запропонованої конструктивно – технологічної схеми розподільчого робочого органу, можна зробити висновок про те, що з метою забезпечення якісних показників даного процесу, необхідно досліджувати його окремі елементи і обґрунтувати його конструктивні параметри і режими роботи

Список використаної джерел

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімеліорантів //Техніка АПК.-2000.-№3.- С.10-12.

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСП”, - 2002. Вип. 86.- с. 90-99.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України