

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.333

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-  
технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХІСТУ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та  
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка, доцент к.т.н.

С.н.с., д.т.н.

Братінко В.В.

2022 р.

Гуменюк Ю.О.

2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

На тему “Дослідження параметрів і режимів роботи розподільно-дозуючого пристрою машин для локального внесення твердих мінеральних добрив ННЦ ІМЕСГ НААН України Київська обл., Васильківський р-н., смт. Глеваха.”

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

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

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор

Г.А.Голуб

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент

Онищенко В.Б.

Виконав: студентка магістратури 2 року навчання

Назаренко К. Ю.

Київ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

сільськогосподарських машин  
та системотехніки

ім. акад. П.М. Василенка,

Гуменюк Ю.О.

“ ” 2022 р.

НУБІП України

**З А В Д А Н Н Я**

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНЦІ

Назаренко Каріна Юріївна

НУБІП України

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

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

НУБІП України

**Тема роботи «Дослідження параметрів і режимів роботи розподільно-  
дозуючого пристрою машин для локального внесення твердих мінеральних  
добрив ННЦ ІМЕСГ НААН України Київська обл., Васильківський р-н., смт.  
Глеваха»**

НУБІП України

Наказ НУБІП України № 189 від 01.02.2021 р.

Термін подання студентом роботи 15.05.2022 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 відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів висівних систем туків.

3. Лабораторні дослідження процесу роботи відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів висівних систем 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 екстериментальних досліджень.

Слайд 10. Економічні показники.

Слайд 11. Висновки.

4. Дата видачі завдання 9.09.2021р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Онищенко В.Б

Завдання прийняла до виконання \_\_\_\_\_ Назаренко К.Ю

## ЗМІСТ

Реферат.....	6
Вступ.....	8
1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	10
1.1. Аналіз конструкцій розподільчих робочих органів багатоканаль- них висівних систем.....	10
1.2. Основні вимоги до висіву мінеральних добрив машинами для основного внесення добрив, пояснення і вибір об'єкту досліджень.....	19
1.3 Висновки і задачі досліджень.....	24
2 .ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ТА ПНЕВМАТИЧНИХ ТРАНСПОРТУЮЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВИСІВНИХ СИСТЕМ.....	26
2.1 Дослідження процесу відцентрового розподілення добрив і обґрунтування параметрів і режимів роботи розподільних робочих органів.....	26
2.1.1. Подача добрив у розподільний робочий орган.....	27
2.1.2. Рух добрив у розподільному робочому органі.....	29
2.1.3. Вихід добрив із випускного вікна розподільного робочого органу...	35
2.1.4 Висновки по результатам теоретичних досліджень.....	38
3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
3.1. Лабораторна установка для дослідження процесу відцентрового розподілення добрив.....	40
3.2 Визначення критичної кутової швидкості обертання розподільника.....	44

3.3. Дослідження впливу параметрів і режимів роботи розподільника на його пропускну здатність.....	45
3.4. Технічна характеристика експериментального зразка машини.....	48

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ

ДОСЛІДЖЕНЬ.....	52
4.1. Результати досліджень процесу відцентрового розподілення мінеральних добрив.....	52

## 4.1.1. Залежність кутової швидкості обертання і висоти розподілення...52

4.2. Вплив параметрів і режимів роботи розподільника на його пропускну здатність.....	53
4.3. Висновки по результатам експериментальних досліджень.....	57

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....58

5.1. Вимоги до транспортування, зберігання і застосування пестицидів та агрохімікатів.....	58
--	----

## 6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РРО.....66

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	75

## ДОДАТКИ.....80

НУБІП України

НУБІП України

## РЕФЕРАТ

# НУБІП України

Основний зміст магістерської роботи викладено на 92 сторінках друкованого тексту, відображено в 4 таблицях і проілюстровано 26 рисунками. Ілюстративний матеріал містить 16 слайдів.

**Метою роботи** є підвищення показників якості роботи машин для висення 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 теоретичні дослідження процесу роботи відцентрових розподільчих транспортуючих робочих органів висівних систем.

- 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 складає 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.** Аналітичні методи досліджень, теоретичні дослідження проводились з застосуванням основних положень математики, теоретичної механіки та теорії землеробської механіки. 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

## 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 високоефективних машин дозволяє збільшити ефективність 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 розположення 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 високоефективних 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.

# 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

## 1.1. Аналіз конструкцій розподільчих робочих органів багатоканаль-них висівних систем

У конструкції багатоканальних висівних систем знайшли застосування розподільчі робочі органи з пасивними і активними розподільниками добрив. У розподільчих робочих органах з пасивними розподільниками добрив використовуються нерухомі поверхні, на які добрива подаються під дією повітряного потоку або гравітаційних сил, а в робочих органах з активними розподільниками - останні мають привід. Різноманітність застосовуваних розподільчих робочих органів з пасивними та активними розподільниками потоку визначається відмінністю виконання конструктивних елементів останніх

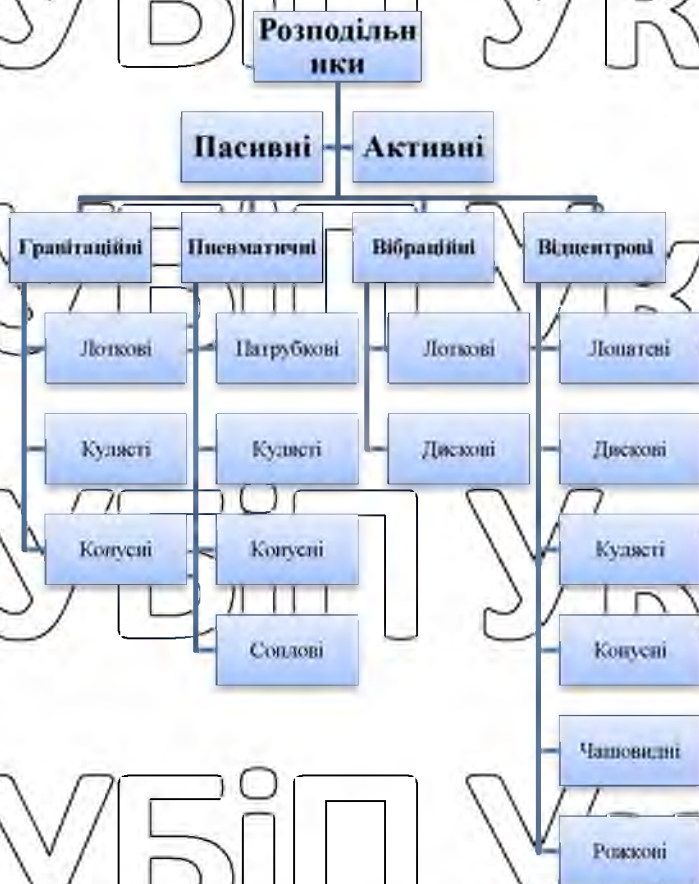


Рис. 1.1. Класифікація розподільників потоку багатоканальних висівних систем

На рис. 1.2 представлена схема робочого органу з гравітаційним розподільником потоку добрив, конусного типу (5, 90), який отримав найбільше популярності серед гравітаційних розподільників. Основними перевагами таких розподільників є простота їх конструкції і невелике руйнування гранул висівних добрив [8]

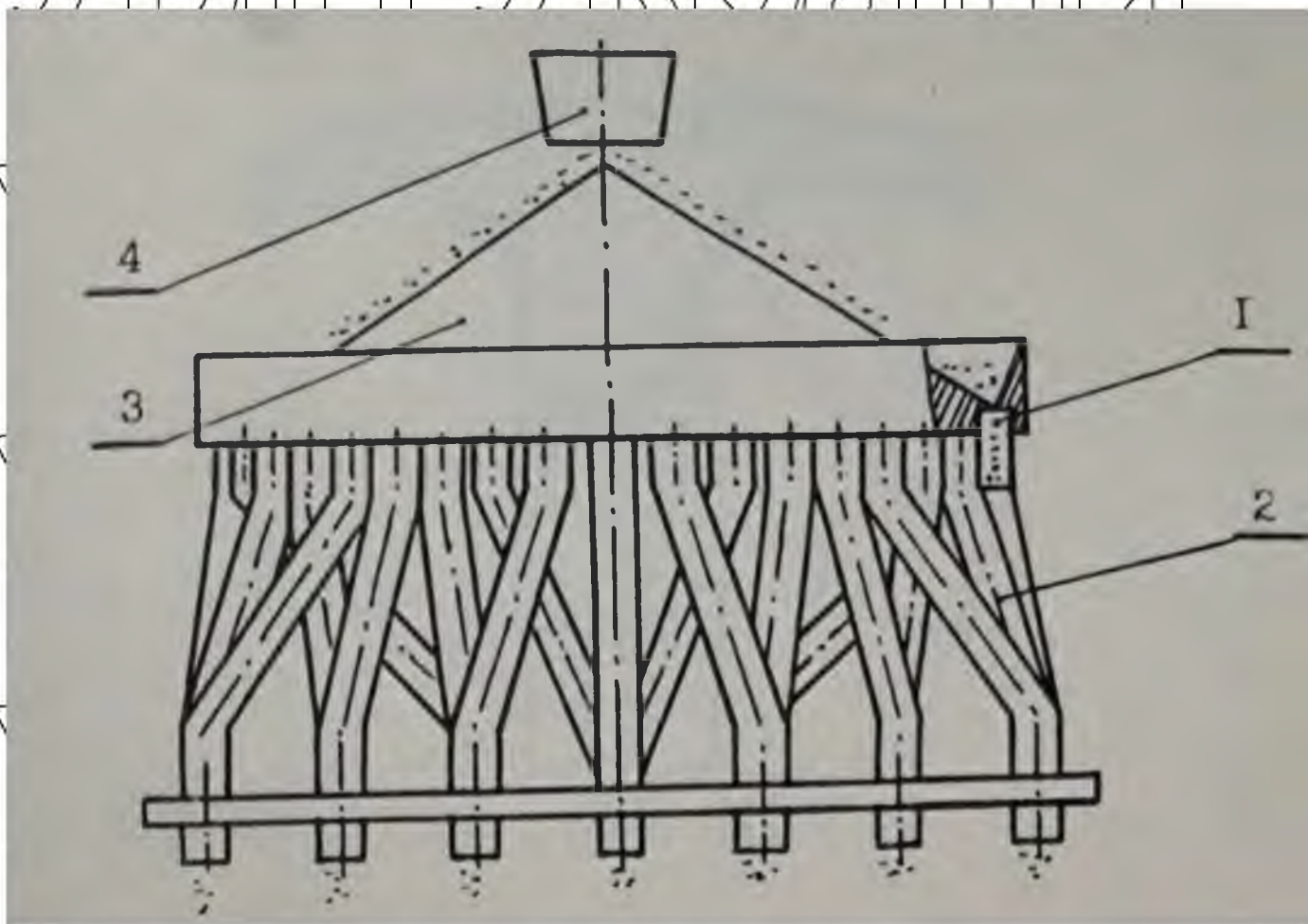


Рис. 1.2. Схема гравітаційного розподільника конусного типу:

1-приймальна горловина; 2-відвідний патрубок; 3-конусна поверхня; 4-туконпрямляч

4-

Такі розподільники знайшли застосування у машинах для поверхневого внесення мінеральних добрив, вимоги до яких щодо рівномірності внесення відносно не жорсткі. Для покращення якості показників роботи машин з гравітаційними

розподільниками вдаються до конструкторських удосконалень розподільчих робочих органів, об'єднуючи потоки із двох і більше відвідних патрубків [5, 110].

Гравітаційні розподільники потоку лоткового типу (рис. 1.3) являють собою блок лотків, утворюючих систему паралельних каналів, з'єднаних з відвідними патрубками [30]. Такими розподільниками оснащені робочі органи машини Урса Matik (Ursa Matik) шведської фірми Уста Маскінер (Usta Maskiner) (97), призначеної для поверхневого висесення мінеральних добрив [50].

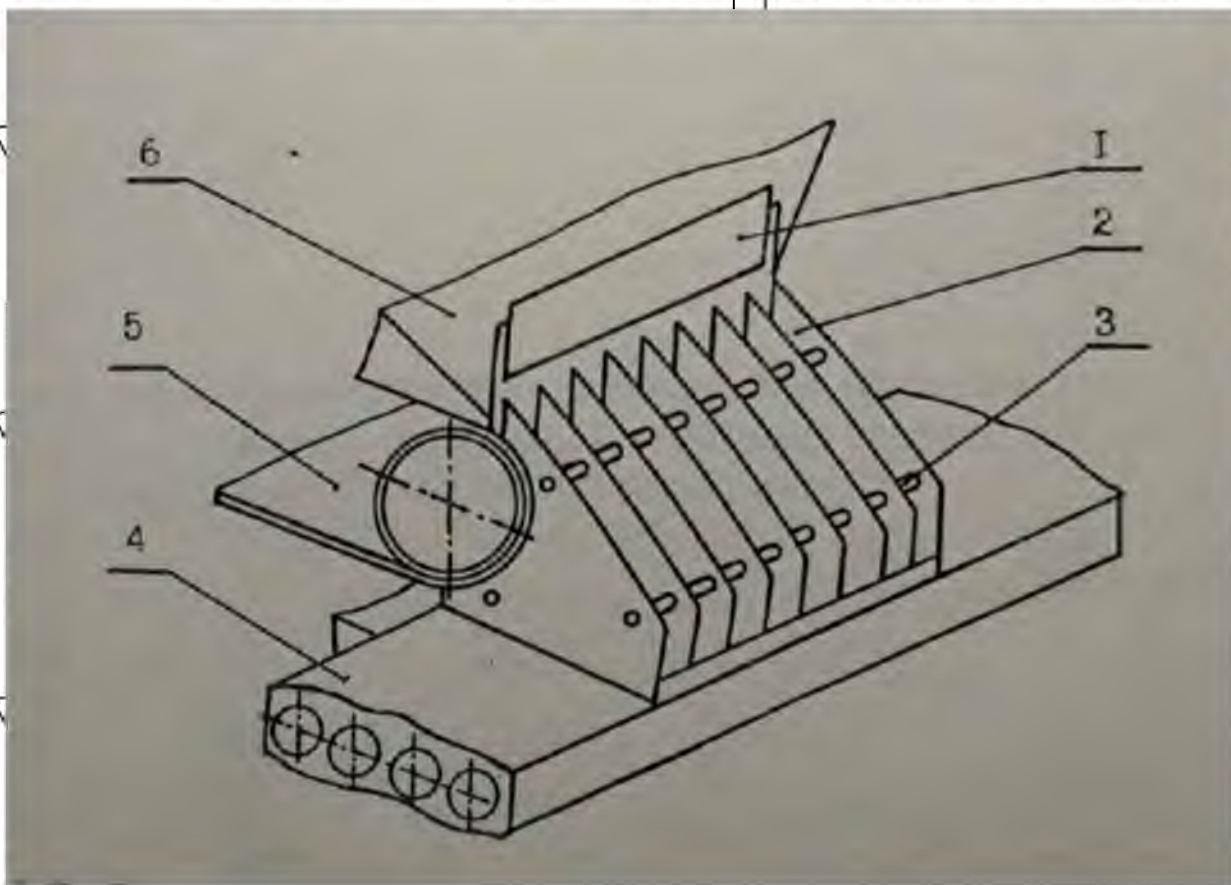


Рис. 1.3. Схема гравітаційного розподільника лоткового типу.

1 - заслінка; 2 - пластина; 3 - розпірна втулка; 4 - блок каналів; 5 - стрічковий живильник; 6 - бункер.

Машина складається з одноосного причепа з бункером для добрив і висівної системи. Луки з бункера подаються стрічковим дозуючим пристроєм. Норма висіву змінюється висотою випускної щілини в задній стінці бункера за допомогою

циберної засылки [24]. Добрива, які сходять з дозуючого пристрою розподільника, діляться на рівні частини і через відвідні патрубки потрапляють в ежекторні живильники, до яких подається повітряний потік від вентилятора високого тиску, і по окремих каналах транспортуються до розпилеувачів [25].

Характерним недоліком розподільників лоткового типу є обмежене число каналів, що залежить від ширини дозуючого пристрою.

Робочі органи з розподільниками загального потоку добрив кулястого типу не знайшли практичного застосування.

Пневматичні розподільники потоку з пасивними робочими органами на даний момент набули широкого застосування в розробках фірм ФРН, займаючи провідне становище в світі по створення конструкцій висівних систем, у яких використовується принцип розподілу матеріало-повітряної суміші, (рис. 1.4).

На вертикальному ділянці каналу здійснюється вирівнювання суміші і відцентрування її відносно осі конуса розподільника. Пневматичні розподільники конусного типу використовуються, наприклад, в системах Assord фірми H. Weiste and Co, яка запатентувала їх у багатьох країнах, в тому числі і в Україні.

На сьогоднішній день подібні машини випускаються в численних модифікаціях, відрізняються одна від одної роз положенням бункера для добрив, конструкцією окремих вузлів і кількістю каналів транспортуючого робочо органу.

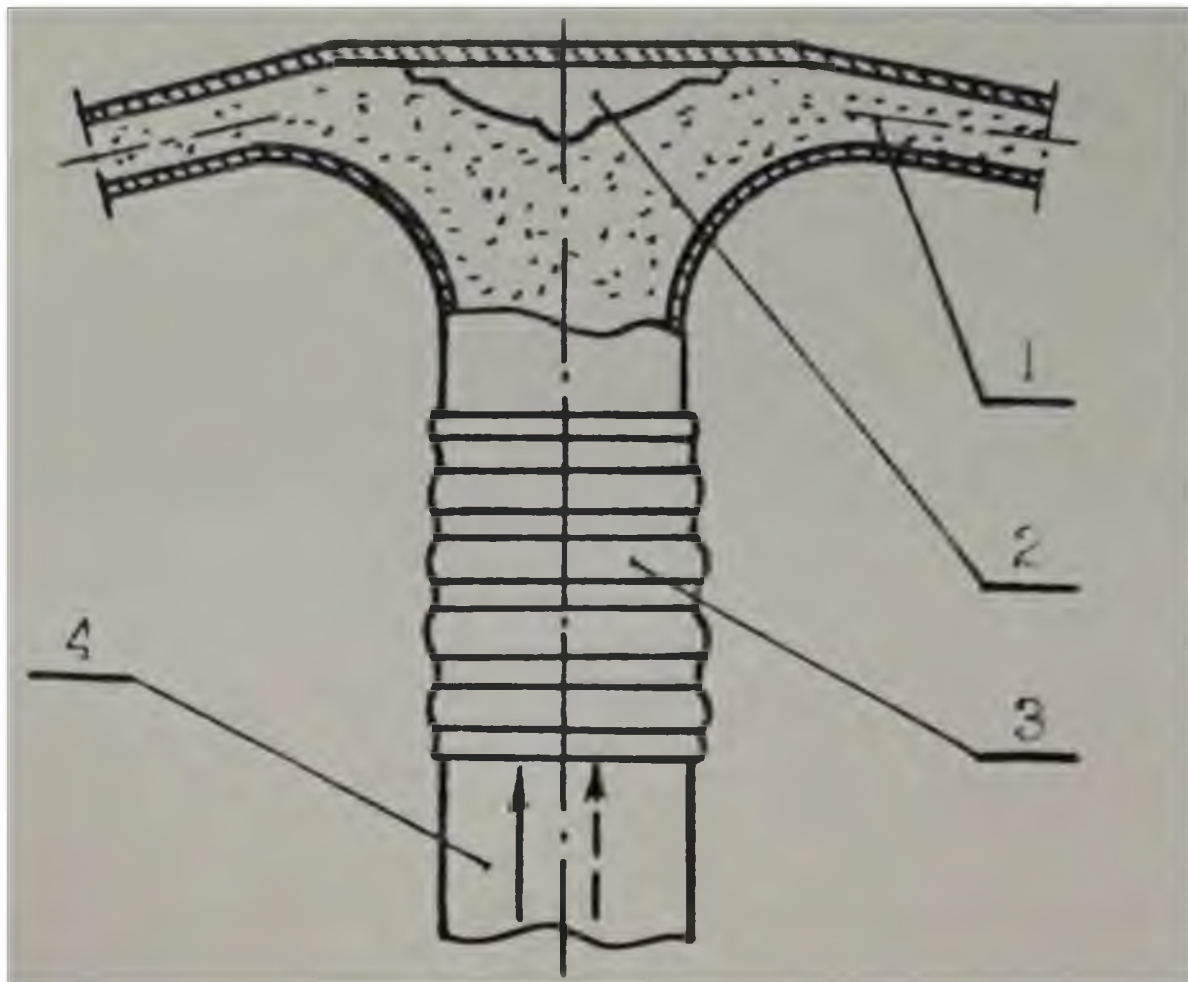


Рис. 1.4. Схема пневматичного розподільника конусного типу:

1-відвідний патрубок; 2-конусна поверхня; 3-гофрована поверхня;

4-загальний канал.

Процес роботи висівної системи відбувається наступним чином. При русі агрегату мінеральні добрива з бункера надходять самопливом до котушкового дозуючого пристрою, який спрямовує їх в загальний канал транспортуючого робочого органу [26]. Повітряний потік, створений вентилятором, захоплює добрива і змішуючись з ними, переміщує тукоповітряну суміш по каналу з гофрованою ділянкою, де за рахунок багаторазового відбиття від стінок потік вирівнюється, а потім, б'ючись об конусний розподільник в розподільчому робочому органі, розподіляється по каналах і надходить в сошники, які закладають добрива в ґрунт.

Аналіз конструкцій висівних систем свідчить про те, що ці системи мають порівняно просту конструкцію, високу продуктивність і малу металоемність, є зручні при комплектуванні різних комбінованих агрегатів.

Однак, випробування описаних висівних систем показали, що рівномірність розподілу добрив по каналах залежить від фізико - механічних властивостей добрив і умов роботи агрегату. Системи дуже чутливі до нахилів розподільчого робочого органу, які викликають зміщення суміші до однієї із стінок корпусу, що призводить до нерівномірного розподілу добрив по каналах розподільчого робочого органу. Забезпечення симетричної подачі аеросуміші в розподільчий робочий орган шляхом установки додаткових підвідних патрубків з відбивачами дозволяє підвищити якість розподілу, але при цьому істотно ускладнюється конструкція висівної системи [2].

Вирівнювання суміші на гофрованій ділянці вертикального каналу за рахунок багаторазового відбиття гранул призводить до підвищеного їх дроблення при висіві добрив підвищеної вологості, а зі збільшенням вмісту порошкоподібної фракції також і до порушення технологічного процесу висіву. При роботі з вологими добривами відбувається їх налипання на відбиваючі поверхні конуса розподільника і залипання відвідних патрубків. Має місце також зниження величини подачі туків до закладаючих робочих органів у міру їх видалення від розподільчого робочого органу, що обумовлюється збільшенням пневмосупротиву каналів транспортуючого робочого органу великої довжини.

Характерною особливістю розподільчих робочих органів з розподільниками патрубкового типу (Рис.1.5) є розподіл матеріало - повітряної суміші при їх горизонтальному положенні, що створює можливості по відношенню до компонування широкозахватних і комбінованих агрегатів різноманітного функціонального призначення з використанням одних і тих же конструктивних елементів.

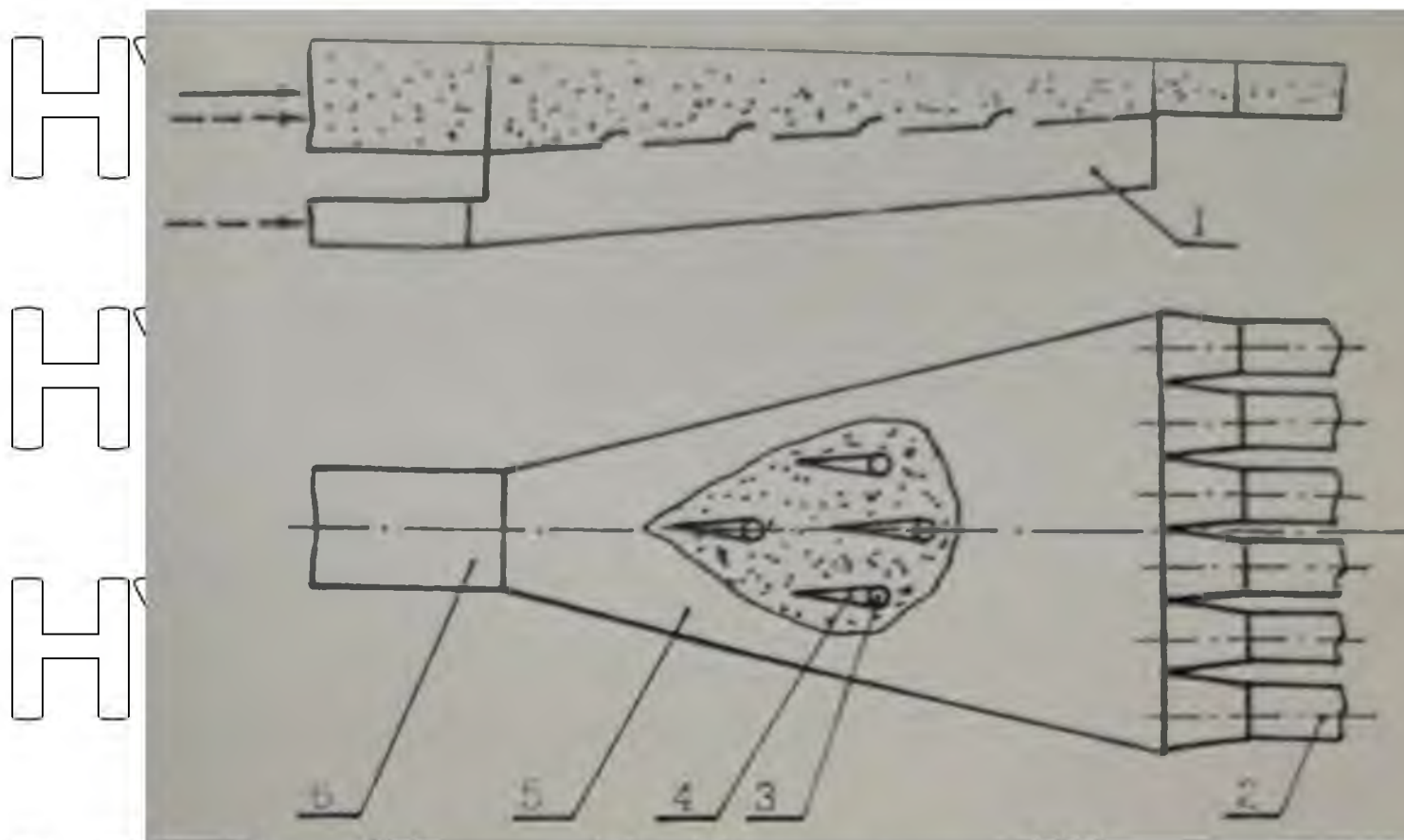


Рис 1.5. Схема пневматичного розподільника патрубкового типу:

1-повітряна камера; 2-відвідний патрубок; 3-пневмоканал; 4-відоивач; 5-раструб;  
6-загальний канал.

Однак, забезпечуючи розподіл матеріалу всього по 3-8 каналам такі розподільчі робочі органи використовуються, як правило, в двоступеневих висівних системах у якості розподільчих робочих органів першого ступеня. Тому подібним системам властиві всі перераховані недоліки, що відносяться до вертикальних розподільників.

Робочі органи з кулястими і сопловидними розподільниками практичного застосування не отримали.

Робочі органи з розподільниками вібраційного типу (рис 1.6), в яких розподільна поверхня здійснює коливання і тим самим сприяє переміщенню від дозованого потоку до відвідних патрубків, не знайшли широкого застосування і використовуються, як правило, у висівних системах, обслуговуючих невелику кількість заробляючих робочих органів. Основним недоліком таких робочих органів

є перерозподіл добрив на робочій поверхні розподільника при нахилах машини, що знижує якість внесення добрив.

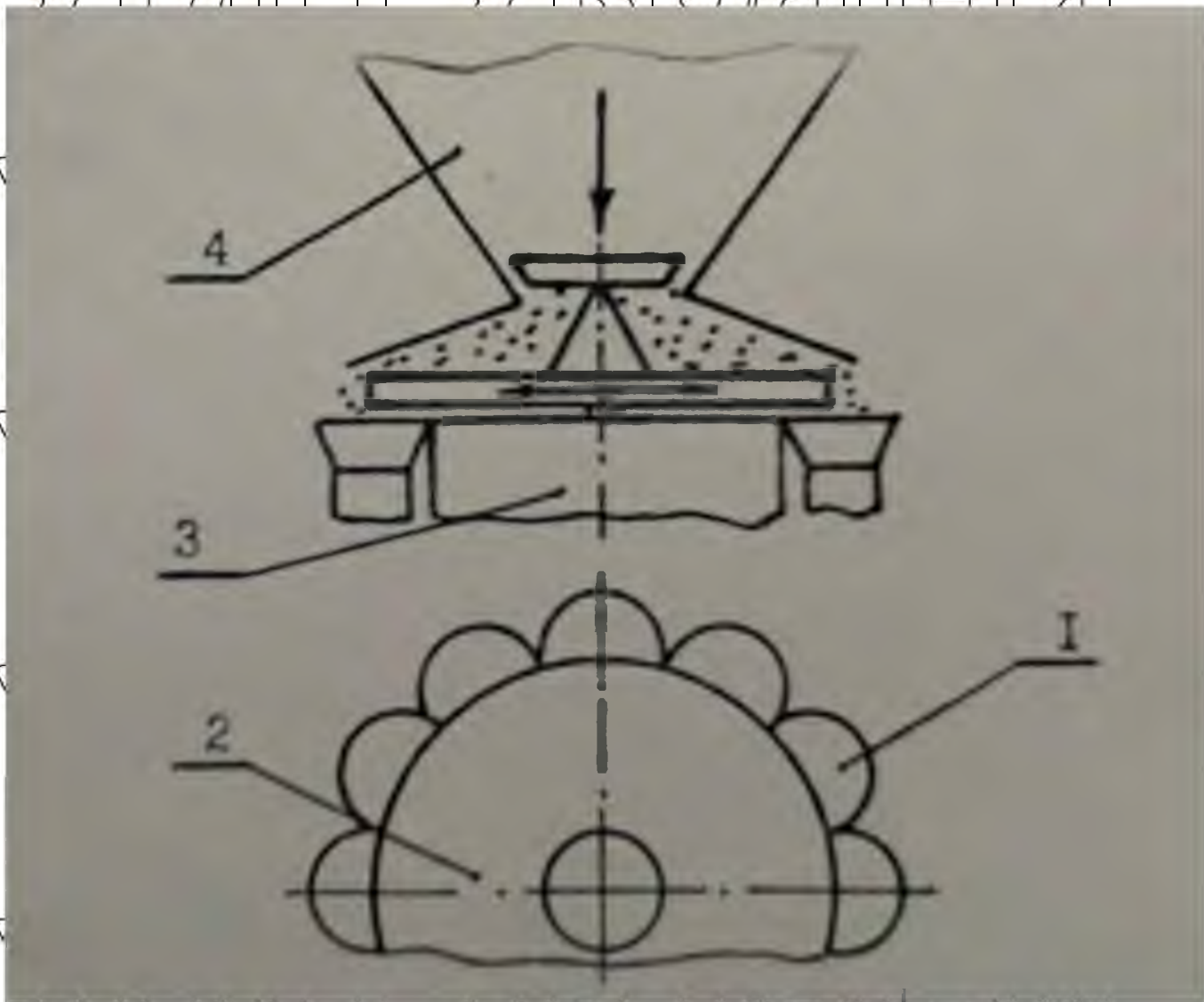


Рис. 1.6. Схема вібраційного розподільника дискового типу:

1-відвідний патрубок; 2-диск; 3-корпус розподільника; 4-бункер.

Поява відцентрових розподільчих робочих органів дає поштовх широкому застосуванню машин з централізованою технологічною ємністю. Одним з перших винаходів в цьому напрямку став винахід норвезького дослідника В. Стокланда.

Машина з таким робочим органом має бункері висівну систем, яка виконує одночасно функції дозуючих і розподільчих робочих органів. При висіві частки добрив з бункера надходять через дозуючий отвір усередину сфертового конуса і

під дією відцентрових сил переміщуються по поверхні розподільника вгору і, зійшовши з нього, надходять через канали до заробляючих робочих органів. Для розподілу матеріалу по ширині захвату використовуються відцентрові сили, яких недостатньо для транспортування добрив на великі відстані, тому машини мають невелику ширину захвату.

Необхідність створення широкозахватних машин з централізованою технологічною ємністю привела до того, що різні автори запропонували в якості подальшого розвитку такий конструкцій ряд рішень, в яких функції дозуючого пристрою і висівної системи роз'єдналися, а для розподілу по каналах і транспортування добрив по ширині захвату використовуються спеціальні робочі органи.

Так у висівній системі основними робочими органами являється бункер з дозуючим пристроєм, розподіляючий і транспортує робочі органи, механізм приводу. Розподіляючий робочий орган (рис. 1.7) складається з чашоподібного розподільника і вентилятора, встановлених в загальному корпусі з відвідним патрубком, до кінців яких приєднані канали, пов'язані з заробляючими робочими органами [44,45].

Добрива, які подаються з бункера дозуючим пристроєм, направляються на дно обертової чаші і під дією відцентрових сил переміщуються уздовж лопаток по внутрішній поверхні. Досягнувши краю лопаток, добрива розподіляються по відвідним патрубкам [9]. У цих патрубках добрива захоплюються повітряним потоком, створюваним вентилятором і набираючи додаткову швидкість транспортуються по каналах транспортуєчного робочого органу до місць внесення.

Подача добрив на лопатки чашовидного розподільника, який обертається з великою кутовою частотою (30 об / с і більше), викликає додаткове руйнування гранул при їх зіткненні. Випробування таких пристроїв показали, що нерівномірність розподілу матеріалу при куті нахилу  $5^\circ$  склала 35%, а при куті  $12^\circ$  - більше 42%.

У розглянутих конструкціях робочих органів з чашовидними розподільниками необхідною умовою для рівномірного розподілу добрив по відвідних патрубках є симетричність подачі відлованого потоку щодо осі обертання розподільника.

Однак виконання такої умови призводить до значного ускладнення конструкції розподільного робочого органу . Тому з метою зниження впливу несиметричності

подачі потоку добрив відносно осі обертання розподільника, конструкція останнього пропонується у вигляді обертового колінообразно пагрубка -різка. Таке виконання розподільника забезпечує рівномірний розподіл поступаючи у

обертовий різок добрив по відвідних патрубках. Однак, циклічний характер

надходження матеріалу до окремих відвідних патрубків обумовлює нерівномірність висіву по ходу руху агрегату.

Не знайшли практичного застосування розподільчі робочі органи з лопатевими, дисковими і кулястими розподільниками, інформація про які є в основному в патентній літературі

З наведеного огляду багатоканальних пневматичних висівних систем можна зробити висновок, що більш якісні показники виконуваного процесу забезпечують

конструктивно-технологічні схеми, засновані на незалежному розподілі матеріалу і

повітря на задане число складових з подальшим введенням добрив в окремі канали пневматичних транспортуючих робочих органів. У таких

конструктивно-технологічних схемах багатоканальних висівних систем із загальним дозуванням обрив для розподілу потоку по окремих каналах

транспортуючих робочих органів доцільно застосовувати розподільчий робочий орган з відцентровим рожеквм розподільником.

## **1.2. Основні вимоги до висіву мінеральних добрив машинами для основного внесення добрив, пояснення і вибір об'єкту досліджень.**

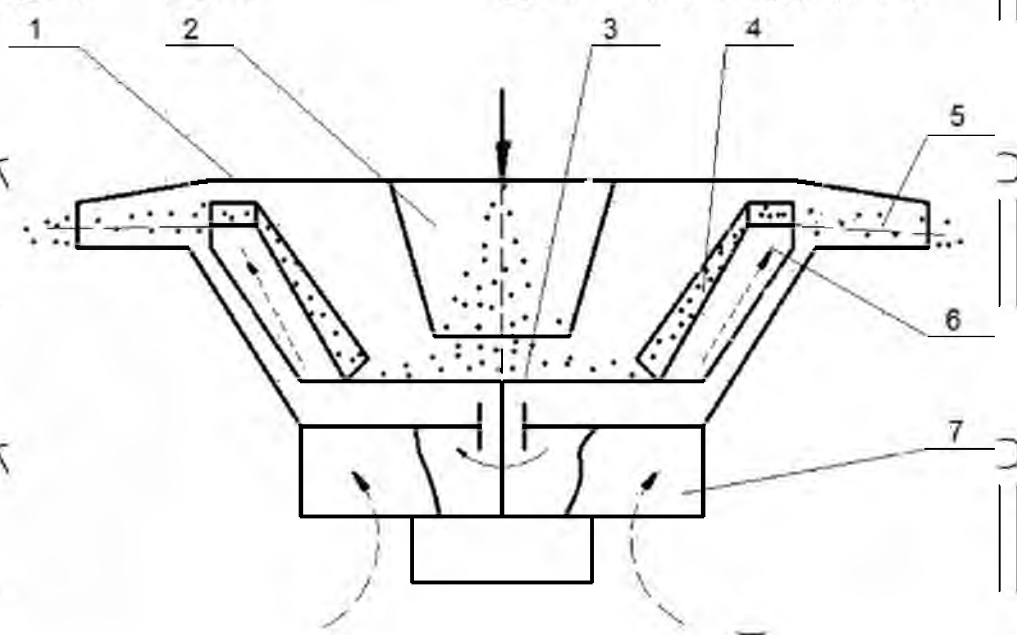
Машини для внесення твердих мінеральних добрив повинні забезпечувати висів всіх видів гранульованих, крупнокристалічних добрив та їх сумішей в межах 100...1000 кг/га при безступінчатому регулюванні [6, 39].

Нерівномірний розподіл добрив при локальному внесенні суттєво знижує урожай, на відміну від поверхневого внесення. У зв'язку з цим до машин які на стадії розробки висуваються високі вимоги до якості висіву та контролювання дози внесеного добрива. Нерівномірність розподілу добрив по основним робочим органам має бути в межах 10 % при висіві добрив, масова частка води в яких не перевищує стандартну на 25 % [39]. Відповідні показники якості внесення мають забезпечуватися на полях де є схили до 8°. Доза внесення добрив не повинна залежати від швидкості руху машинного агрегату.

Важливою умовою високої ефективності локального внесення добрив є забезпечення оптимальних параметрів розміщення гранул на ґрунті відповідно до вимог технологій вирощування сільськогосподарських культур. Інтервали між рядами добрив під зернові та інші культури суцільного посіву не повинні перевищувати 14...17 см. Під посів просяних культур, які мають більшу площу живлення (кукурудза, цукровий буряк), інтервали між рядами доцільно збільшити до 20...30 см. Ширина смуг повинна складати 2...6 см [34, 39-41, 46].

Проведений аналіз існуючих конструктивно-технологічних схем багатоканальних висівних систем дозволяє зробити висновки про те, що відомі технології не в повній мірі задовольняють наведені агротехнічні вимоги. При цьому встановлено, що на внесення різних по фізико-механічним властивостям добрив та їх сумішей більш перспективним є використання систем з незалежним розподіленням матеріалу, що вносять та повітря на задану кількість потоків з наступним надходженням добрив в окремі канали транспортуючого робочого органу з подальшим рухом по каналам аеросуміші до місця висіву в ґрунт [35, 47]. Така технологічна схема багатоканальної висівної системи забезпечує високі та якісні показники процесу.

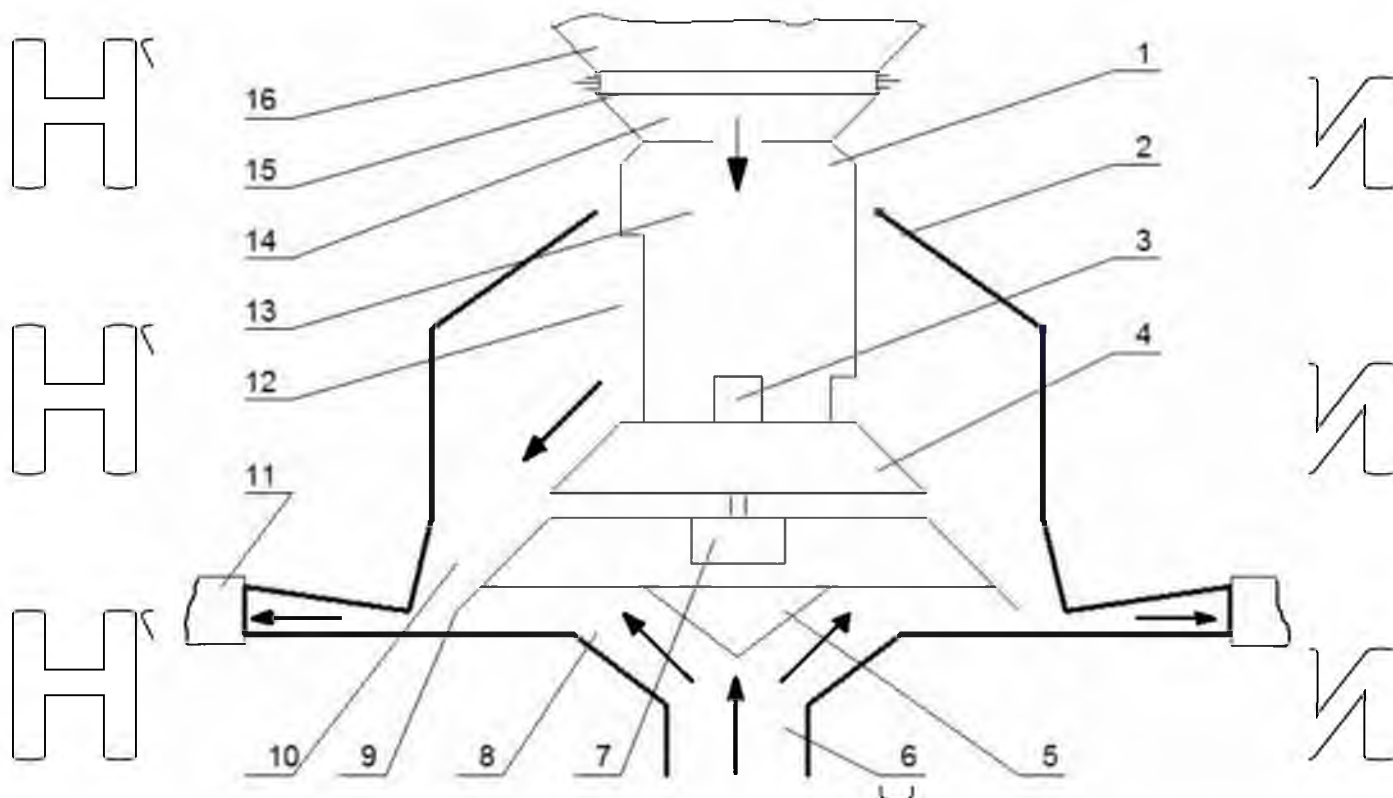
Проте, в машинах з незалежним розподіленням добрив і транспортуючого органу, в яких використовується принцип індивідуального дозування добрив з бункера в кожний канал транспортуючого робочого органу, застосовуються дозуючі прилади з конструктивно складними механізмами привода, а бункер має порівняно невелику ємкість [20,48]. Дана особливість робить такі машина мало перспективними для основного внесення мінеральних добрив. Наведених недоліків не спостерігається в технологічних засобах з незалежним розподіленням добрив і транспортуючого повітря, в яких використовується принцип загального дозування добрив із бункера в канали транспортуючого робочого органу. В якості дозуючого пристрою використовуються ковзальні робочі органи, які дозволяють використовувати бункери з більшою ємкістю. Недоліками цих висівних систем є відносно нерівномірне внесення добрив.



1.7. Схема відцентрового розподільника чашевидного типу

1 – корпус; 2 – туюнаправитель; 3 – конусна чаша; 4 – лопатка;  
5 – відвідний парубок; 6 – лопатка вентилятора; 7 – привод





1.9. Схема відцентрового розподільчого органу

1- впускне вікно; 2 - корпус; 3, 12 - випускні вікна; 4- диск; 5 - розподільник повітряного потоку; 6 - пневматичний привід; 7 - привід розподільника; 8 - пневмоканали; 9 - ежектори; 10 - прийомні горловини відвідних патрубків; 11 - канали транспортуючого робочого органу; 13 - розподільник; 14 - туконаправитель; 15 - дозуючий пристрій; 16 - бункер

Запропонований робочий орган включає в себе корпус 2, в основі якого знаходяться рівномірно по окружності прийомні горловини відвідних патрубків 10. В корпусі 2 встановлений обертовий розподільник 13, виконаний у вигляді стакана, дном якого являється центральна частина диска 4, далі розміщений привід 7. Над впускним вікном 1 розподільника знаходяться туконаправитель 14, з'єднаний з дозуючим пристроєм 15 бункера 16. У точці з'єднання розподільника з диском по окружності розроблені випускні отвори 3 і 12.

Прийомні горловини відвідних патрубків 10 являються 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 [5,36] .

Установка працює наступним чином . Добрива з бункера 16 подаються дозуючим пристроєм 15 через туконаправитель 14 до впускного вікна 1 розподільника 13 . Після чого гранули добрив під дією відцентрових сил розганяються та направляються до впускного вікна 3 і 12 , пройшовши які добрива переміщуються на периферію диска і направляються до прийомних горловин відвідних партубків [14]. В цей же час розділений розподільником 5 повітряний потік із пневмопривода 6 поступає по пневмоканалам 8 до ежекторів 9 , де заважає опинившись в завантажувальних горловинах гранули добрив і переміщує їх по каналам 11 транспортуючого робочого органу до місця внесення .

Аналізуючи процес роботи запропонованої конструктивно – технологічної схеми розподільного робочого органу пристрою , 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 [49] .

### 1.3. Висновки розділу 1 та задачі досліджень .

1. На основі проведено огляду тенденцій розвитку технічних засобів для внесення мінеральних добрив ,аналізу конструкцій їх висівних систем ,а також результатів досліджень виявлено : внесення основної дози твердих мінеральних добрив найбільш якісно виконують агрегати з багатоканальними пневматичними висівними системами, які містять розподільні і транспортуючі робочі органи , які в значній мірі визначають агротехнічні показники машин. Технологічні схеми машин передбачають загальне дозування добрив , що вносяться та незалежне їх розподілення на складові з наступним пневматичним переміщенням останніх по окремим каналам до спеціальних робочих органів .

2. Вказані висівні системи при асиметричній подачі віддозованого потоку добрив здійснюють їх внесення з відносно високою не рівномірністю.

3. Найбільш перспективним для використання в багатоканальних пневматичних висівних системах із загальним дозуванням мінеральних добрив є розподільні робочі органи активного типу, які забезпечують незалежне розподілення добрив і повітря з подальшим їх переміщенням по горизонтальним каналам транспортуючих робочих органів до місць внесення в ґрунт.

4. На основі проведеного аналізу конструкції розподільчих робочих органів висунута робоча гіпотеза: якість внесення мінеральних добрив може бути покращена за рахунок застосування в багатоканальних пневматичних висівних системах розподільчих робочих органів відцентрового типу.

Для вивчення процесу роботи та обґрунтування параметрів розподільних і транспортуючих робочих органів висівних систем для внесення твердих мінеральних добрив необхідно вирішити наступні задачі досліджень.

Провести теоретичний аналіз елементів процесу відцентрового розподілення і пневматичного транспортування добрив і обґрунтувати параметри і режими спрацювання робочих органів;

Провести експериментальне дослідження процесу відцентрового розподілення і пневматичного внесення з метою перевірки і уточнення основних теоретичних закономірностей, визначити основні техніко-економічні показники роботи і ефективність у застосуванні.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ТА ПНЕВМАТИЧНИХ ТРАНСПОРТУЮЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВИСІВНИХ СИСТЕМ

### 2.1 Дослідження процесу відцентрового розподілення добрив і обґрунтування параметрів і режимів роботи розподільних робочих органів

Робочий процес розподільного робочого органа полягає у тому, що потік добрив, який надходить з туконаправляючого дозуючого пристрою 5 (рис. 2.1) через його впускний отвір 1, захоплюється в оборотні рухи внутрішніми стінками розподільника 3, після чого під впливом відцентрових сил потрапляє через випускне вікно 4 до відповідних патрубків 2.

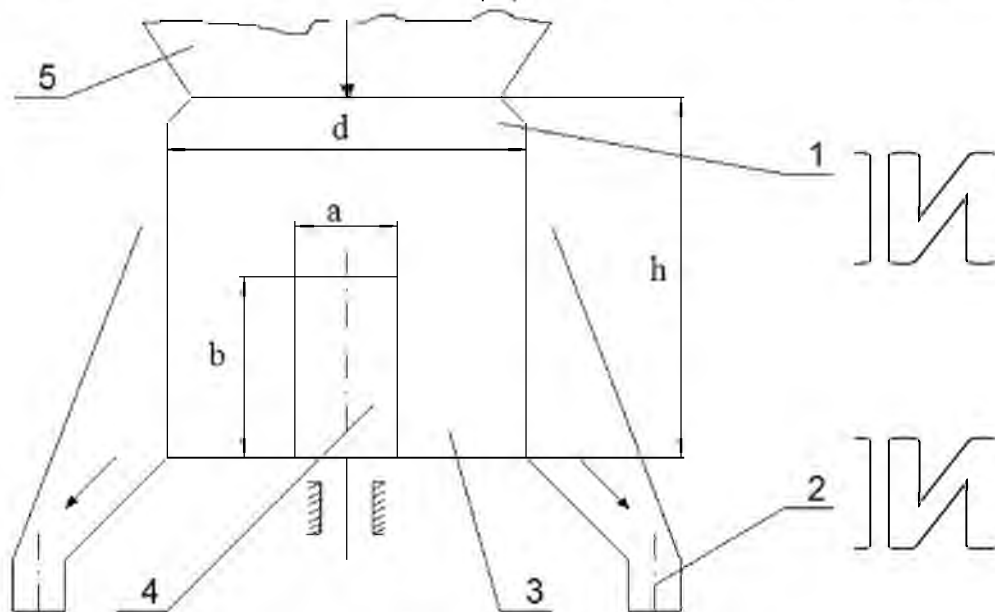


Рис. 2.1. Схема для визначення параметрів відцентрового розподільника :

1.- впускне вікно; 2.- відповідний патрубок; 3.- розподільник; 4.- випускне вікно;  
5.- туконаправитель.

Розглянемо теоретичні передумови, необхідні для безперервного і стійкого перебігу даного процесу.

### 2.1.1. Подача добрив у розподільний робочий орган .

Для проходження матеріалу через впускне вікно розподільного робочого органу необхідно , щоб пропускна здатність розподільника , була не менше максимальної продуктивності дозуючого пристрою :

$$q_p \geq q_{p \max} \quad (2.1)$$

де  $q_p$  - пропускна здатність впускного вікна розподілька , кг/с;

$q_{p \max}$  - максимальна продуктивність дозуючого пристрою , кг/с .

Пропускна здатність впускного вікна розподільника у загальному випадку розраховується за формулою :

$$q_p = k \gamma S_v \vartheta_1 \quad (2.2)$$

де  $k = 0,8 \dots 1,0$  – коефіцієнт витрати добрив через вікно ;

$\gamma$  – об'ємна маса добрив , кг/м<sup>3</sup>;

$S_v$  – площа впускного вікна , м<sup>2</sup> ;

$\vartheta_1$  - середня швидкість руху частинок добрива , м/с .

Швидкість руху гранул добрива через впускне вікно розподільника залежить від швидкості їх виходу із дозуючого пристрою і розмірів туконаправителя . Нижній рівень можливих значень швидкості  $\vartheta_1$  обмежується середньою швидкістю гравітаційного руху добрив . Використовуючи результати досліджень по визначенню середньої швидкості руху сипучих матеріалів [12,21,31] можна записати :

$$\vartheta_1 = 1,79 \lambda \sqrt{g R_r} \quad (2.3)$$

Значення  $\lambda$  для різноманітних видів мінеральних добрив визначені експериментально і коливаються в межах  $0,48 \dots 0,65$  [31].

Вимагається максимальна продуктивність дозуючого пристрою, зумовлена максимальною дозою внесення добрив при максимальній швидкості руху агрегату, визначається за формулою:

$$q_{d \max} = D_{\max} v_{\max} B \quad (2.4)$$

де  $D_{\max}$  – максимальна доза внесення добрив, кг/м<sup>2</sup>;

$v_{\max}$  – максимальна швидкість руху агрегату, м/с;

$B$  – робоча ширина захвату машини, м.

Підставивши вирази (2.2), (2.3) і (2.4) в умови виразу (2.1), після математичних перетворень отримуємо даний вираз:

$$d \geq 0,873 \sqrt[5]{\frac{1}{g} \left[ \frac{D_{\max} v_{\max}}{k \lambda \gamma} \right]^2} \quad (2.5)$$

Таким чином, діаметр впускного вікна розподільника визначається фізико-механічними властивостями добрив, що вносяться ( $\lambda$ ), конструктивно-технологічними параметрами машини ( $B$ ,  $v_{\max}$ ), а також максимальною дозою внесення речовини ( $D_{\max}$ ). У зв'язку з тим, що мінеральні добрива суттєво відрізняються по фізико-механічним властивостям і повинні вноситися в різноманітних дозах, при визначенні розміру впускного вікна розподільника до уваги мають бути прийняті безпосередньо ті види мінеральних добрив, для яких формулювання  $\frac{D_{\max}}{\lambda k}$  має найбільше значення.

На рис. 2.2 графічно представлена отримана залежність діаметра впускного вікна розподільника від проаналізованих факторів.

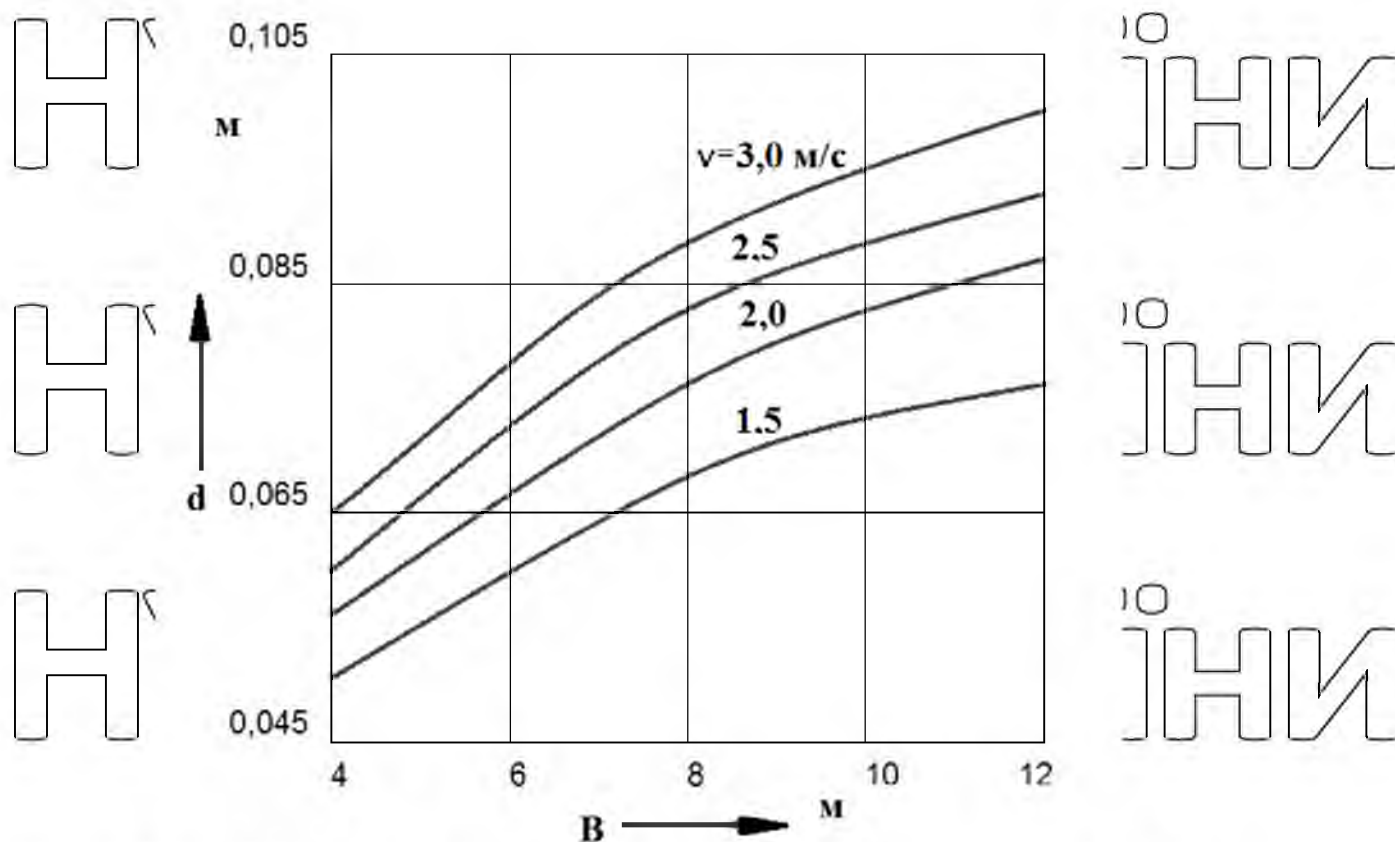


Рис. 2.2 Залежність діаметра розподільника  $d$  від ширини захвату машини  $B$  при  $D_{max} = 0,1 \text{ кг/м}^2$ ;  $\lambda = 0,48$ ;  $\gamma = 1030 \text{ кг/м}^3$

Таким чином, для забезпечення необхідної мінімальної пропускної здатності впускного вікна розподільника діаметр його отвору повинен мати величину, яка визначена за формулою (2.5).

### 2.1.2. Рух добрив у розподільному робочому органі.

При потраплянні добрив із дозуючого пристрою через туконправитель до розподільника, що обертається, внутрішні стінки тісно охоплюють їх у обертовий рух [9]. У залежності від місцеположення гранул добрив відносно впускного вікна та вісі обертання розподільника буде різним їх стан: від прискороного руху гранул зверху вниз поблизу вісі розподільника до нерухомого стану у протилежному впускному вікні стінки. Для визначення кордонів переходу цих станів виконаємо аналіз даного процесу.

На циліндричній ділянці розподільника (рис. 2.3.) супротивом руху потоку вниз можуть бути частинки, збільшення його зовнішньої стінки та наявну кутову швидкість обертання, близьку по значенню до кутової швидкості розподільника.

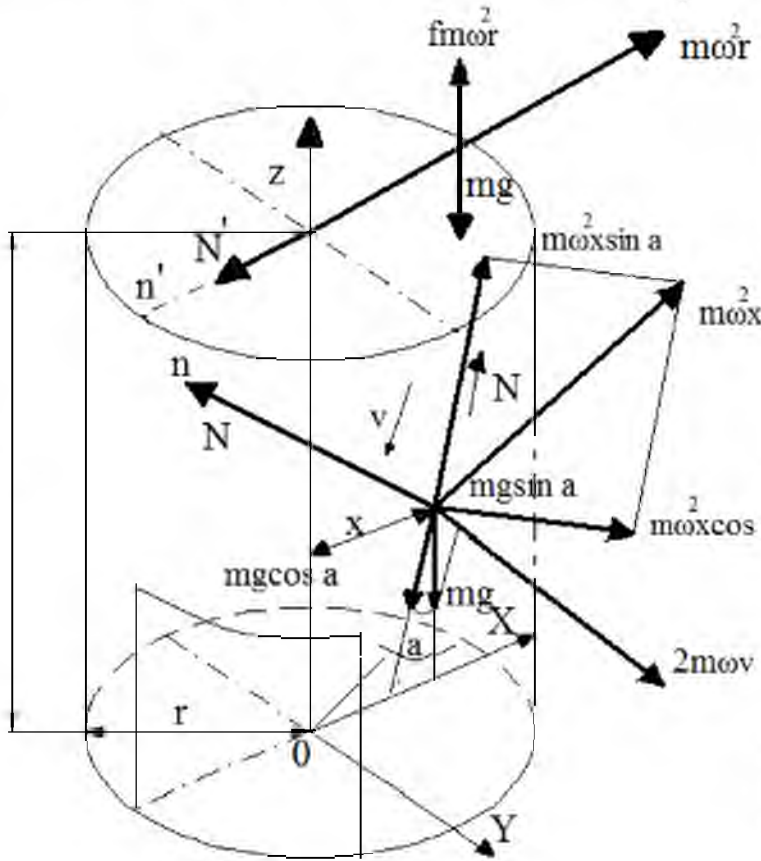


Рис. 2.3. Схема для вивчення руху частинок добрив у розподільному робочому органі

У такому випадку умовою початку ковзання частинки вздовж стінки розподільника до його випускного вікна є наступний вираз :

$$R_x = P - F_{mp} \geq 0$$

$$R_y = m_c g - f_{\mu} m_c \omega^2 r \geq 0$$

(2.6)

де  $R_y$ - результативна сила, яка рухає частинку вниз, Н ;

$P = m_c g$  - сила тяжіння для частинки, Н ;

$m_c$  - маса частинки добрив, кг ;

$$F_{mp} = f_H m_q \omega^2 r \text{ - сила тертя, Н;}$$

$$F_H \text{ - коефіцієнт зовнішнього тертя;}$$

$$r \text{ - радіус розподільника, м.}$$

Із виразу (2.6) визначимо критичну кутову швидкість обертання розподільника :

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g}{f_H r}} \quad (2.7)$$

При обґрунтуванні умов , які б забезпечували безперервні і рівномірні рухи частинок до випускного вікна , розглянемо динамічний стан частинок добрив , які знаходяться в середині розподільника .

Частинка добрив , проходячи через впускне вікно розподільника з початковою швидкістю , ковзає по його внутрішній поверхні до того моменту , поки не потрапить у випускне вікно , або при умові дії значних відцентрових сил і не достатньої початкової швидкості , буде притискатися до стінок розподільника , створюючи таким чином пошарову поверхню з добрив , по якій наступні частинки переміщуються до випускного вікна . Для аналітичного описання форми яка утворюється на цій поверхні складемо рівняння сил , діючих на частинку добрив , які рухаються до випускного вікна розподільника :

$$R \equiv F - F_{mp} \quad (2.8)$$

де  $R = m_q \frac{d\vartheta}{dt}$  - результуюча сила , яка рухає частинку до випускного вікна , Н ;

$\vartheta$  - швидкість руху частинки , м/с ;

$t$  - час руху частинки , с ;

$\alpha$  - кут між дотичною до траєкторії руху частинки і вектором сили тяжіння , град ;

$$F_{mp} = f (P \sin \alpha - F_H \cos \alpha) \text{ - сила тертя, Н ;}$$

$f$  – коефіцієнт внутрішнього тертя .

Проекція сил Кориоліса на площину  $XOY$ , у якій згідно умови поставленої задачі розглядається рух частинки , при граничних вимогах збереження її постійної сили , дорівнює нулю , так як вектор цієї сили являється перпендикулярним до вище згаданої площини [22]. Дія сили Кориоліса разом з відцентровою силою здатна захопити частинку у обертотві рухи і набути , при певних умовах , швидкості , рівній лінійній швидкості точки внутрішньої поверхні розподільника , з якою контактує частинка у поточний момент часу . Як тільки частинка досягає вище згаданого процесу , вона починає обертатися разом із розподільником навколо вісі  $Z$  із кутовою швидкістю  $\omega$  , що призводить до зникнення сили Кориоліса , так як зупиняється відносний рух частинки .

Звідси випливає :

$$m_c \frac{d\vartheta}{dt} = m_c g \cos \alpha - m_c \omega^2 x \sin \alpha - f(m_c g \sin \alpha + m_c \omega^2 x \cos \alpha) \quad (2.9)$$

Враховуючи ,що при  $\vartheta = const \frac{d\vartheta}{dt} = 0$  , а також беручи до уваги , що  $\sin \alpha =$

$\frac{dx}{ds} \cos \alpha = \frac{dz}{ds}$  вираз (2.9) можна записати як :

$$m_c g dz - m_c \omega^2 x dx - f m_c g dx - f m_c \omega^2 x dz = 0 \quad (2.10)$$

Після інтегрування отримуємо :

$$Z = \frac{g(f^2+1) \ln(g-f\omega^2 x)}{(f\omega)^2 - \frac{x}{f}} \quad (2.11)$$

Постійна довільна визначається з початкових умов : при  $x=0 \quad z=0$ .

Тоді

$$C = \frac{g(f^2+1) \ln g}{(f\omega)^2} \quad (2.12)$$

Рівняння (2.11) після підстановки (2.12) з урахуванням позитивного напрямку вісі  $Z$  буде мати вигляд :

$$Z = \frac{(-x)/f - g(f^2 + 1) \ln \left[ \frac{((1 - f\omega^2))}{g} \right]}{(f\omega)^2} \quad (2.13)$$

Рівняння (2.13) відповідає кривій, визначаючій утворюючу, обертанням якої навколо осі Z створюється похила поверхня, по якій виконується рух частинок добрив зверху до низу з постійною швидкістю.

Для випадку руху частинок знизу до верху (тобто самовільний рух частинок через верхню кромку розподільника), залежність по Z отримаємо у наступному вигляді:

$$Z = \frac{x}{f} + g(f^2 + 1) \frac{\ln \frac{g}{(g + f\omega^2 x)}}{(f\omega)^2} \quad (2.14)$$

Таким чином рівняння (2.14) відображає утворюючу, яка шляхом свого обертання навколо своєї осі створює поверхню, яка зумовлює рух частинок добрива знизу до гори з постійною швидкістю.

Якщо до формулам (2.13) і (2.14) в координатній площині XOZ побудувати графіки залежностей  $z = f(x)$  при заданих значеннях  $f$  і  $\omega$  (рис 2.4), то лінії графіків розділять площину XOZ на три сектори А, Б і В, у яких динамічний стан частинок матеріалу характеризується їх довільною поведінкою. В секторі А частинки туків при

будь-якому (серед допустимих) поєднань значень аргументу завжди будуть рухатись зверху до низу, у секторі Б рух частинок буде виконуватись зверху до низу із уповільненням і для того, щоб частинки могли досягнути випускного вікна розподільника, вони повинні мати необхідну початкову швидкість на вході у

розподільник [27]. У секторі Б будуть існувати пасивні зони, де відбувається накопичення добрив, які не можуть потрапити до випускного вікна. Добрива, які заповнили пасивні зони, утворюють похилі поверхні, по яким відбувається рух наступної маси частинок добрив до випускного вікна розподільника. Розміри пасивних зон залежать від конструктивно-кінематичних параметрів розподільника. Для

забезпечення стабільної роботи розподільного робочого органу пасивні зони повинні бути розміщені на рівень нижче ніж випускне вікно [29].

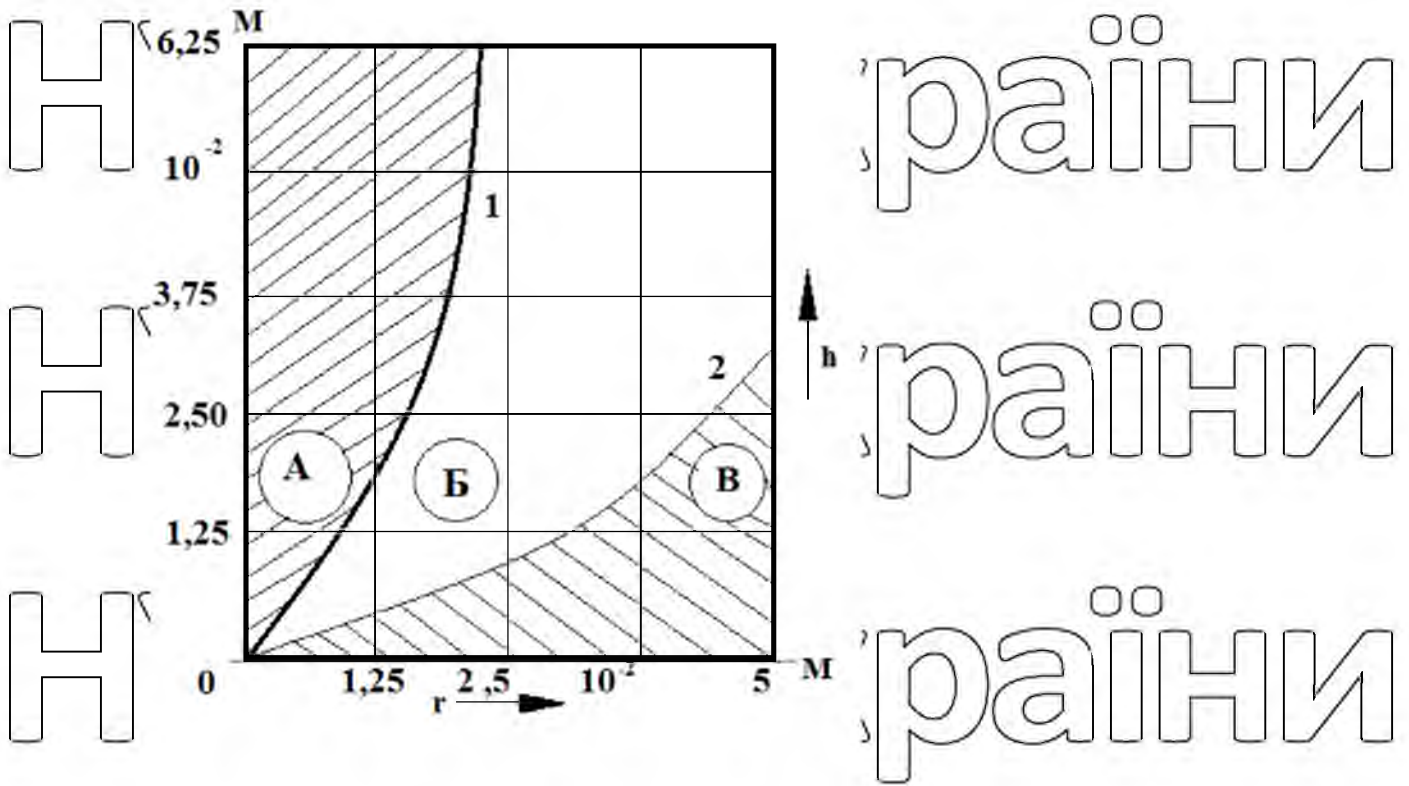


Рис. 2.4 Межі зон динамічних станів добрив у розподільнику :

- 1 — межа зони А, у рамках якої добрива рухаються з прискоренням донизу,  
 2 — межа зони В, у рамках якої добрива знаходяться у стані відносного спокою.

Якщо у формулах (2.13) і (2.14) замінити  $x$  на  $\frac{d}{2}$ , а відповідно  $z$  на  $h$ , отримуємо залежності, які пов'язують конструктивні (діаметр  $d$  та висоту  $h$ ) та кінематичні (кутова швидкість обертання  $\omega$ ) параметри розподільника [23].

Таким чином, щоб усунути довільний рух частинок через верхню кромку розподільника повинна виконуватися наступна умова :

$$h \geq d \cdot [2f + g(f^2 + 1) \ln\{g(g + 0.5 f \omega^2 d) \div (f\omega)^2\}] \quad (2.15)$$

Рис. 2.5 і 2.6 графічно інтерпретують отриману залежність (2.15).

**2.1.3. Вихід добрив із випускного вікна розподільного робочого органу.**

Витрати добрив через випускне вікно розподільника можна описати у вигляді формули :

$$q = k \gamma S \vartheta \tag{2.16}$$

де  $S$  – площа випускного вікна,  $\text{м}^2$ ;

$\vartheta$  – швидкість виходу добрив,  $\text{м/с}$ .

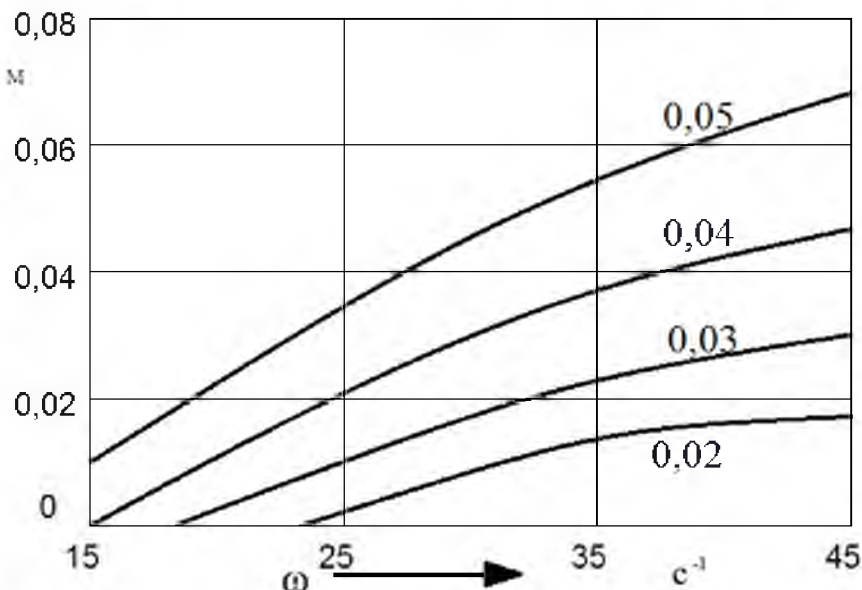


Рис. 2.5 Залежність висоти розподільника  $h$  від кутової швидкості його обертання  $\omega$

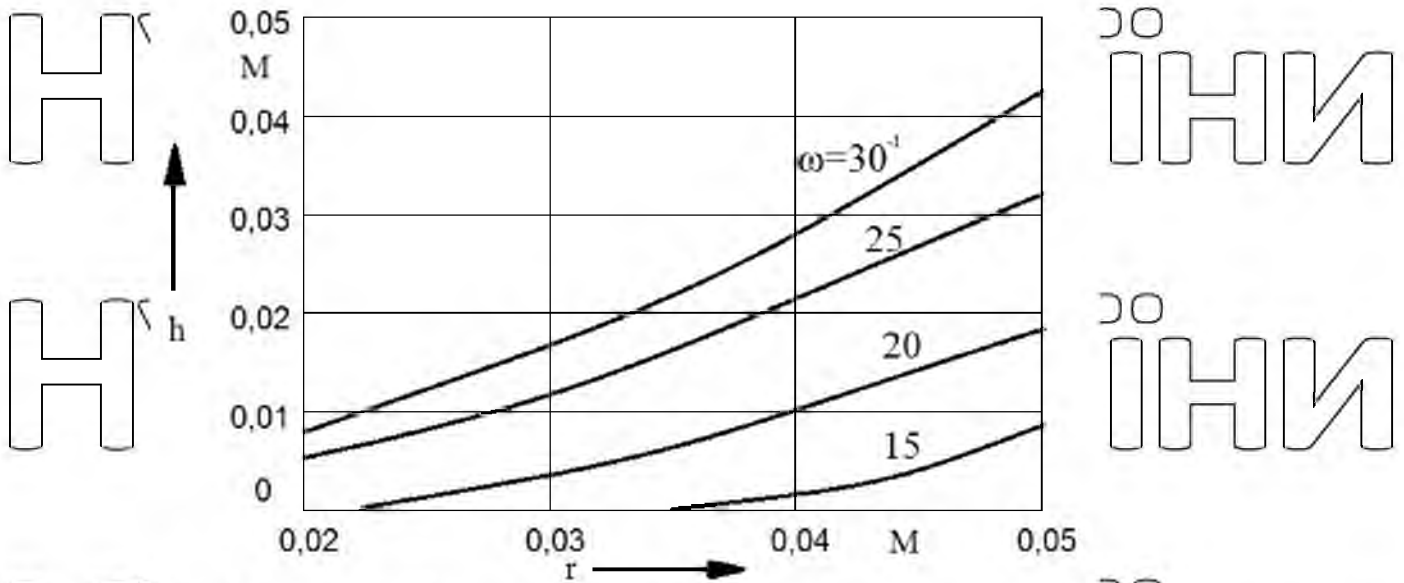


Рис. 2.6 Зв'язок висоти розподільника  $h$  від його радіуса  $r$

Базуючись на теорія професора Р.Д. Зенкова [15], швидкість виходу добрив можна записати наступним чином:

$$\vartheta = \lambda_{\eta} \sqrt{\frac{2ga}{\lambda'}} \quad (2.17)$$

де  $a$  – загальний тиск добрив у зоні випускного вікна, Па;

$\lambda'$  – умовна динамічна об'ємна вага добрив,  $\text{Н/м}^3$ ;

$\lambda_{\eta}$  – коефіцієнт виходу добрив в умовах впливу відцентрових сил.

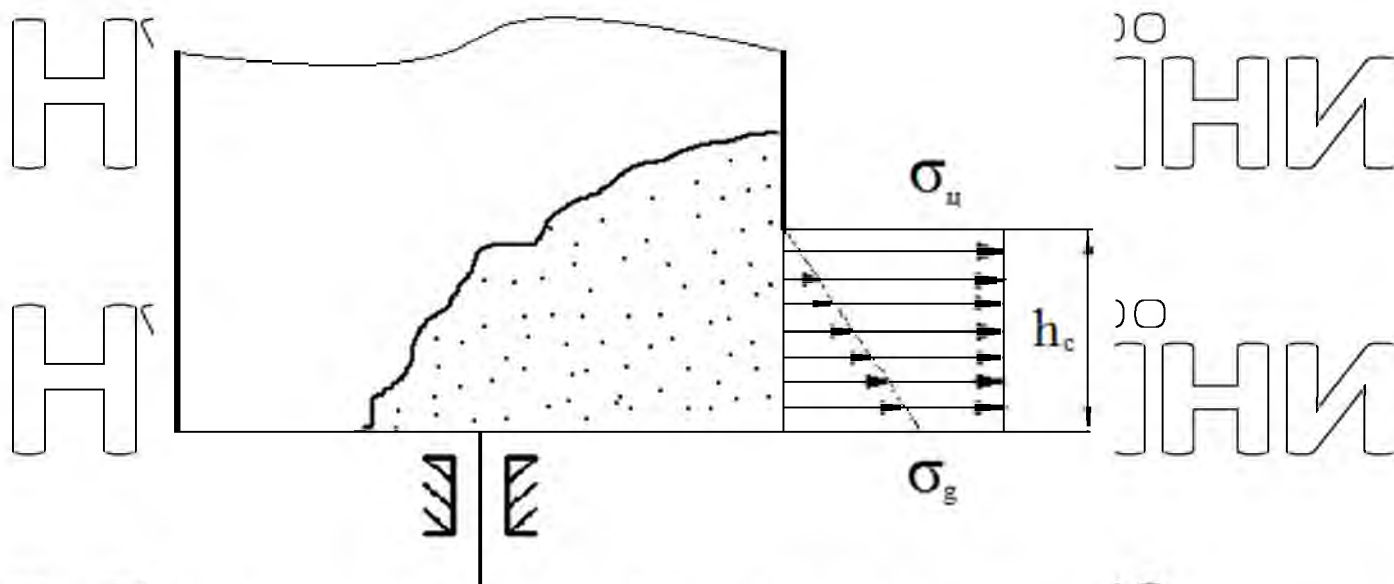


Рис. 2.7. Схема для визначення швидкості виходу добрив із випускного вікна розподільника.

Аналізуючи складові загального тиску (рис.2.7), значення  $\sigma$  запишемо як :

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_d \quad (2.18)$$

де  $\sigma_0 = \frac{\gamma h_c m_p}{2}$  - середній боковий тиск добрив, Па [31];

$h_c$  - висота шару добрив, м;

$m_p = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1 + f^2}$  - коефіцієнт рухливості матеріалів [15];

$\sigma_d = \frac{\gamma \omega^2 r^2}{2g}$  - динамічний тиск добрив, Па.

Значення умовної динамічної об'ємної маси добрив визначимо через геометричну суму сили тяжіння і відцентрової сили [15]:

$$\gamma' = \gamma \sqrt{g^2 + \frac{(\omega^2 r^2)}{g}} \quad (2.19)$$

З урахуванням значень складових визначимо швидкість виходу добрив  $v$  по формулі:

$$\vartheta = \lambda_y g \sqrt{\frac{h_c m_n + \frac{\omega^2 r^2}{g}}{g^2 + (\omega^2 r)^2}} \quad (2.20)$$

З цього випливає, пропускну здатність випускного вікна розподільника можна виразити такою залежністю:

$$q = k \gamma S \lambda g \sqrt{\frac{b m_n + \frac{\omega^2 r^2}{g}}{g^2 + (\omega^2 r)^2}} \quad (2.21)$$

де  $b$  – висота випускного вікна, м.

Коефіцієнт виходу  $\lambda_y$  підлягає експериментальному визначенню у зв'язку з тим, що вихід відбувається не тільки під впливом гравітаційних, а й відцентрових сил.

На рис. 2.8 - 2.10 представлені графічні залежності пропускну здатності випускного вікна розподільника від його конструктивно – кінематичних параметрів [18]. Їх аналіз показує, що пропускну здатність розподільника збільшується зі збільшенням кутової швидкості обертання до 25...30 рад/с, після чого значення пропускну здатності асимптотично наближається до постійної величини. Причому інтенсивність росту пропускну здатності розподільника пов'язана з його радіусом: при більших значеннях радіуса більш інтенсивно зростає пропускну здатність.

#### 2.1.4 Висновки по результатам теоретичних досліджень

У результаті теоретичних досліджень процесу відцентрового розподілення і пневматичного транспортування добрив багатоканальною висівною системою встановлено наступне.

Для забезпечення необхідної пропускну здатності розподільника діаметр випускного отвору необхідно визначати по формулі (2.5), а площу прохідного перерізу випускного вікна – по формулі (2.20), яка отримана для виходу добрив із

бокового отвору під впливом гравітаційних і відцентрових сил. Аналіз залежностей (2.5) і (2.20) дозволяє зробити висновки про те, що пропускна здатність розподільника залежить від фізико-механічних властивостей добрив, форми і площі випусного вікна, а також кінематичного режиму роботи

розподільника. Пропускна здатність розподільника збільшується зі збільшенням кутової швидкості обертання до 20...25 рад/с, при наступному збільшенні кутової швидкості пропускна здатність суттєво не змінюється.

2. 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).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

### 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

# НУБІП України

## 3.1. Лабораторна установка для дослідження процесу відцентрового розподілення добрив

Для виконання програми досліджень процесу відцентрового розподілення добрив була розроблена лабораторна установка, загальний вид якої наведений на рис. 3.1.



Рис 3.1 Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження процесу розподілення мінеральних добрив

# НУБІП України

Установка складається із рами 1 (рис. 3.2), на якій змонтований бункер 4 для добрив із дозуючим пристроєм і відцентровий розподільний робочий орган з механізмами приводу, пристрої керування і контролю за досліджуваними процесами.

# НУБІП України

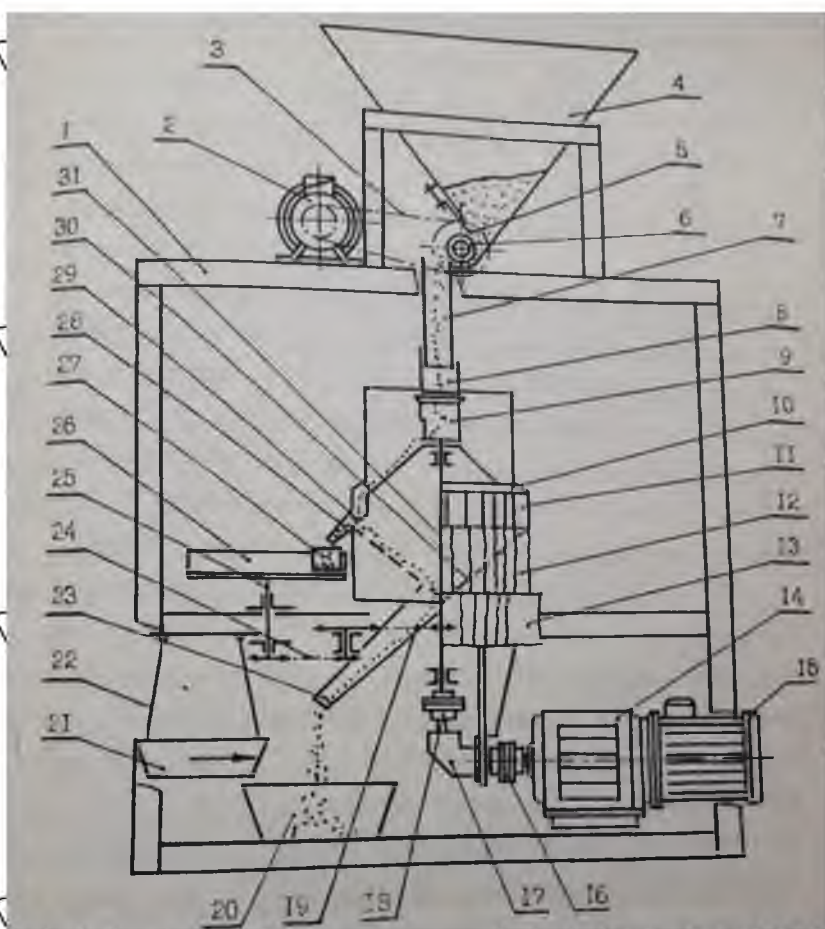


Рис. 3.2. Схеми лабораторної установки для дослідження процесу норми внесення добрив :

1 – рама ; 2 – мотор – редуктор; 3, 19, 25, - ланцюгова передача; 4 – бункер; 5 – заслінка;  
 6 – котушка дозатора; 7 – вирва; 8 – насадка ; 9 – розподільник; 10 – корпус; 11 –  
 відвідний патрубок; 12 – туюковод; 13 – мішок; 14 – електромагнітна муфта кочення;  
 15 – електродвигун; 16, 18 – муфта; 17 – коччний редуктор; 20 – допоміжна ємкість;  
 21 – мірна ємкість; 22 – гнучкий поєднував; 23 – вказівний лоток; 24 – вал  
 пробовідбірника; 26 – пробовідбірник; 27 – блок вловлювач; 28 – координатор; 29 –  
 перекидний кланан; 30 – туюконаправитель; 31 – вал розподілення

Бункер установки являє собою ємкість , у боковій стінці якої розташований  
 випускний отвір ,оснащений дозуючим пристроєм котушкового типу . Для без  
 ступінчатої зміни робочої довжини котушки 6 вмонтована заслінка 5, яка регулює  
 ширину випускного отвору .

Привід дозуючого пристрою складається із мотора – редуктора 2 і ланцюгової передачі 3, у якій можлива заміна зірочок.

Відцентровий розподільний орган обладнаний обертовим розподільником 9, який знаходиться в корпусі 10. Сам розподільник виконаний у вигляді стакану із випускними отворами і розміщені по окружності основи корпуса приймальні горловини відвідних патрубків 11.

Механізм приводу розподільного робочого органу оснащений електродвигуном 15 з електромагнітною муфтою ковзання 14 і конічним редуктором 17, зовнішній вертикальний вал якого через муфту 18 поєднаний із проміжним валом 31, на якому встановлений розподільник. Для регулювання швидкості руху обертання електропривод обладнаний тахогенератором типу ТМГ – ЗОЦ зі шківом, блоком ПМО – У безконтактного регулювання швидкості обертання із перемиканням швидкості.

У залежності від поставленого питання досліду розподільний робочий орган проектували в двох різних модифікаціях.

При визначенні пропускної здатності відцентрового розподільника і показників якості розподільника добрив по відвідним патрубкам - до вихідних отворів патрубків 11 приєднувались тукопроводи 12, кінці яких оснащувались мішочками 13 для відбору зразків добрив або розміщувались над туконаправителями 30, які збирали добрива в мірну ємкість 21. Загальний вид, якої приймав у даному випадку розподільний робочий орган і установка загалом, представлені на рис. 3.3.



Рис. 3.3 Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження пропускної здатності розподільника і якості розподілу добрив по відвідних патрубках

При дослідженні показників якості розподілення добрив у межах обороту розподільника вихідний отвір одного з відвідних патрубків було оснащено перекидним клапаном 29 з напрямником 28, під яким розташовувався пристрій для відбору проб 26, який складається з диска, що обертається в горизонтальній площині синхронно з валом розподільника. На диску встановлений блок вловлювача добрив 27. Геометричні розміри на напрямником 28 співвідносяться з розмірами блоку вловлювача добрив 27. Для забезпечення кращих умов відбору зразків добрив кутова швидкість обертання диска пробовідбірника була меншою кутової швидкості валу розподільника у  $n$  разів. Блок вловлювач розташований на одній щості частини диска пробовідбірника 26, що забезпечує його проходження над напрямником 28 відвідного патрубка рівно на один оберт розподільника.

Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження показників якості внесення добрив у межах одного обороту розподільника наведений на рис. 3.4.

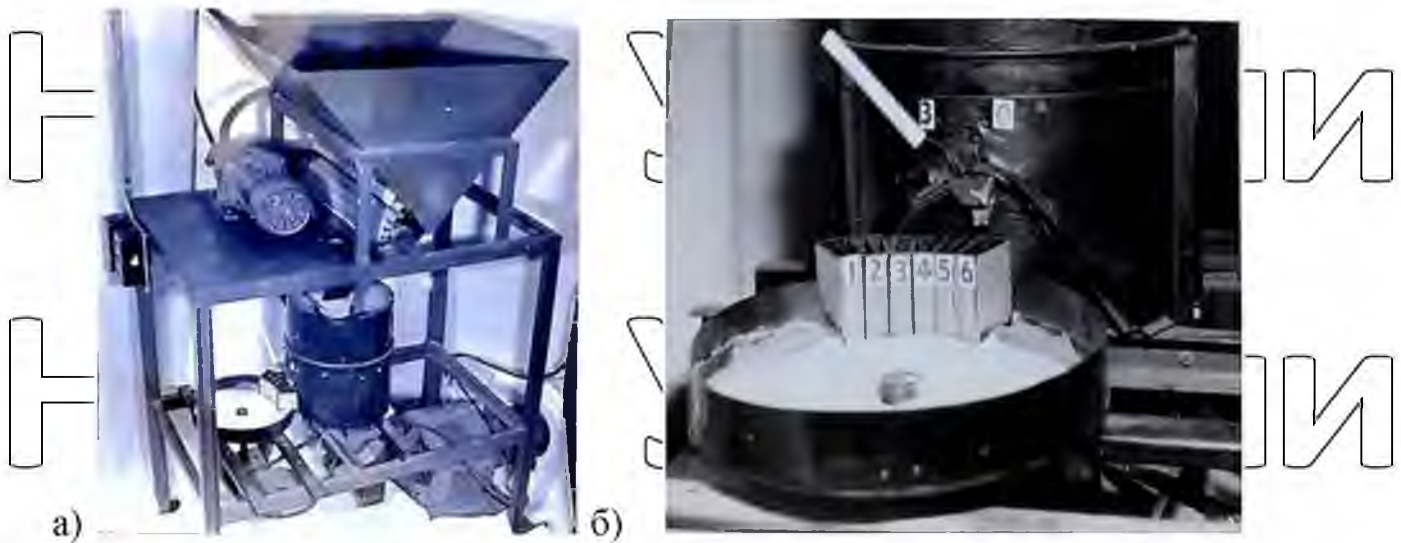


Рис. 3.4. Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження процесу розподілення добрив у межах одного оберту розподільника (а) і пробовідбірника (б)

### 3.2. Визначення критичної кутової швидкості обертання розподільника.

З метою перевірки теоретичних положень по обґрунтуванню взаємозв'язку кутової швидкості обертання і висоти розподільника досліджували процес його роботи при внесенні карбаміду, як матеріалу з найменшим коефіцієнтом внутрішнього тертя ( $f = 0.52$ ).

Кожий з використаних у дослідженні розподільник, діаметр яких складав 60, 75 і 90 мм, був оснащений додатковим вікном, яке розміщувався діаметрально протилежно основному випускному вікну і вище відносно його верхньої кромки.

Розміри випускного вікна були постійними і дорівнювали 20\*20 мм. Додаткове вікно перекривалось заслінкою, в якій був квадратний отвір розміром 10\*10 мм. Геометричні розміри додаткового вікна розподільника і заслінки з отвором були обрані таким чином, щоб при вертикальному переміщенні заслінки відносно додаткового вікна, положення отвору повільно змінювалось по висоті від рівня верхньої кромки випускного вікна до рівня верхньої кромки розподільника.

Для збирання частинок добрив, які виходять із додаткового вікна, в корпусі розподільного пристрою над приймальними вікнами відповідних патрубків встановлювався вловлювач, який являє собою поверхню у вигляді усіченого конуса.

Досліди проводили в такій послідовності.

На вертикальному валу робочого органу встановлювали один із вибраних раніше різних розподільників. Забезпечували одне з крайніх (верхнє або нижнє) положень додаткового вікна і включали привід дозуючого пристрою, попередньо відрегульованого на мінімальну дозу висіву добрив [11]. Після чого поступово за допомогою перемикача швидкості електромагнітної муфти ковзання збільшували частоту обертання валу розподільника і спостерігали за появою частинок добрив у додатковому вікні. Як тільки явище відбувалось, дослід завершували, фіксуючи при цьому умови його поведінки. У наступних дослідах змінювали положення додаткового вікна, наближаючи його до наступного крайнього положення.

Результати дослідів, проведених не менше трьох разів [7, 37], зображували у вигляді графічної залежності кутової швидкості обертання розподільника від висоти положення його додаткового вікна.

### 3.3. Дослідження впливу параметрів і режимів роботи розподільника на його пропускну здатність

Дослідження проводили на тій же експериментальній установці. Вплив параметрів розподільника на його пропускну здатність вивчали при висіві добрив з різноманітними фізико-механічними властивостями (аміачна селітка, гранульований сульфат, калійна сіль і нітрофоска). При цьому випускне вікно у кожному з досліджуваних розподільників (рис 3.5.) були оснащені заслінками, які дозволяли змінити площу їх прохідного січення. Кутову швидкість обертання розподільника під час дослідів змінювали в межах від 15 до 35 рад/с. Її значення визначали імпульсним методом за допомогою лічильника типу СБ – 1М/100.



Рис. 3-5 Загальний вигляд розподільника та змінних заслінок

Дослиди виконували в наступній послідовності. На вертикальному валу встановлювали один із досліджуваних розподільників. Вмикали привод і з допомогою електромагнітної муфти ковзання встановлювали необхідну кутову швидкість обертання [3]. Після цього вмикали дозуючий пристрій, який забезпечував заздалегідь більшу продуктивність, ніж пропускна здатність розподільника. Такий режим дозування забезпечив умови для максимальної пропускної здатності розподільника при заданих параметрах і режиму його роботи.

Після досягнення встановленого режиму роботи розподільного робочого органу із потоку добрив, які проходять через випускне вікно розподільника до нап'яжених лотків, відбирали в ємкості окремі проби за чітко фіксованими і однаковими проміжками часу. Далі відібрані проби зважували. Всі дослиди повторювали не менше трьох разів.

Пропускную здатність розподільника визначали за формулою:

$$q = \sum_{i=1}^3 M_i / (3 t)$$

де  $M$  - маса добрив, внесених в одній повторності, кг;

$t$  - час відбору проби, с.

Результати дослідів зобразили у вигляді графіків залежності пропускної здатності розподільника від кутової швидкості його обертання і розмірів випускного вікна.

Окрім цього, паралельно із дослідом з метою експериментального визначення впливу відцентрових сил на коефіцієнт виходу  $\lambda_u$  при висіві добрив були проведені дослідження з використанням математичного планування дво факторного експерименту [3, 19, 31]. Вивчали вплив кутової швидкості обертання і радіуса розподільника на коефіцієнт виходу, рівні та інтервали вирівнювання вказаних факторів були прийняті на основі попередніх одно факторних експериментів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Фактори	Позначення	Розмірність	Основні рівні		Інтервал вирівнювання
			Нижній	Верхній	
Кутова швидкість обертання	$\omega$	Рад/с	15	35	10
Радіус розподільника	$r$	М	0,03	0,045	0,0075

Значення  $\lambda_u$  вираховували для кожного повторення досліду за формулою (2.20), а потім визначали середнє його значення по трьом повторам. Однорідність середніх значень  $\lambda_u$  перевіряли по критерію Стьюдента, а однорідність дисперсії – по критерію Корхана [13, 28, 32, 33]. Про точність експериментів судили по значенню дисперсії відтворюваності [75]:

$$s_y^2 = \frac{1}{N - (m - 1)} \sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{ui} - \bar{y}_u)^2$$

де  $S_y^2$  – дисперсія відтворюваності ;

$N$  – число дослідів ;

$m$  – число повторюваності дослідів ;

$y_{ui}$  – значення відгуку в першій точці факторного простору ;

$\bar{y}_u$  – середнє ( по кількості повторів ) значення у досліді

Для отримання математичної моделі досліджуваного процесу залежності коефіцієнту  $\lambda_u$  від факторів , що варіюються записали у вигляді рівняння регресії другого ступеню [3, 75] :

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j x_j + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 \quad (3.1)$$

де  $\beta_0, \beta_1, \beta_{ij}, \beta_{ii}$  – коефіцієнти регресії ;

$n$  – число факторів

Коефіцієнти регресії рівняння (3.1) визначені методом найменших квадратів за допомогою персонального комп'ютера .

#### 3.4. Технічна характеристика експериментального зразка машини

Експериментальний зразок машини з багатоканальною пневматичною висівною системою для внесення добрив внутрішньо ґрунтовим способом розроблений для трактора класу 1,4 кН на базі культиватора рослино – підживлювача КНР-4,2А . Він представляє з себе ( рис 3.13 , 3.14 ) навісну машину , яка складається із рами , на яку кріпиться бункер 10 із дозуючим пристроєм 13 , багатоканальна висівна система , яка включає в себе розподільний робочий орган 15 і транспортуючі робочі органи з вентилятором 9 , два ходових колеса 1 , сім секцій 3 із заробляючими робочими органами 20 .



Рис.3.13 Загальний вигляд експериментального зразка машини з багатоканальною висівною системою.

У нижній частині бункера 10 встановлений дозуючий пристрій 13. Для зміни дози внесення добрив передбачений набір змінних зірочок 12, які дозволяють змінити передаточне число ланцюгових передач, які приводять катушку дозуючого пристрою від ходового колеса 1, а також змінні заслінки 11 впускної щілини, які дозволяють змінювати робочу частину катушки.

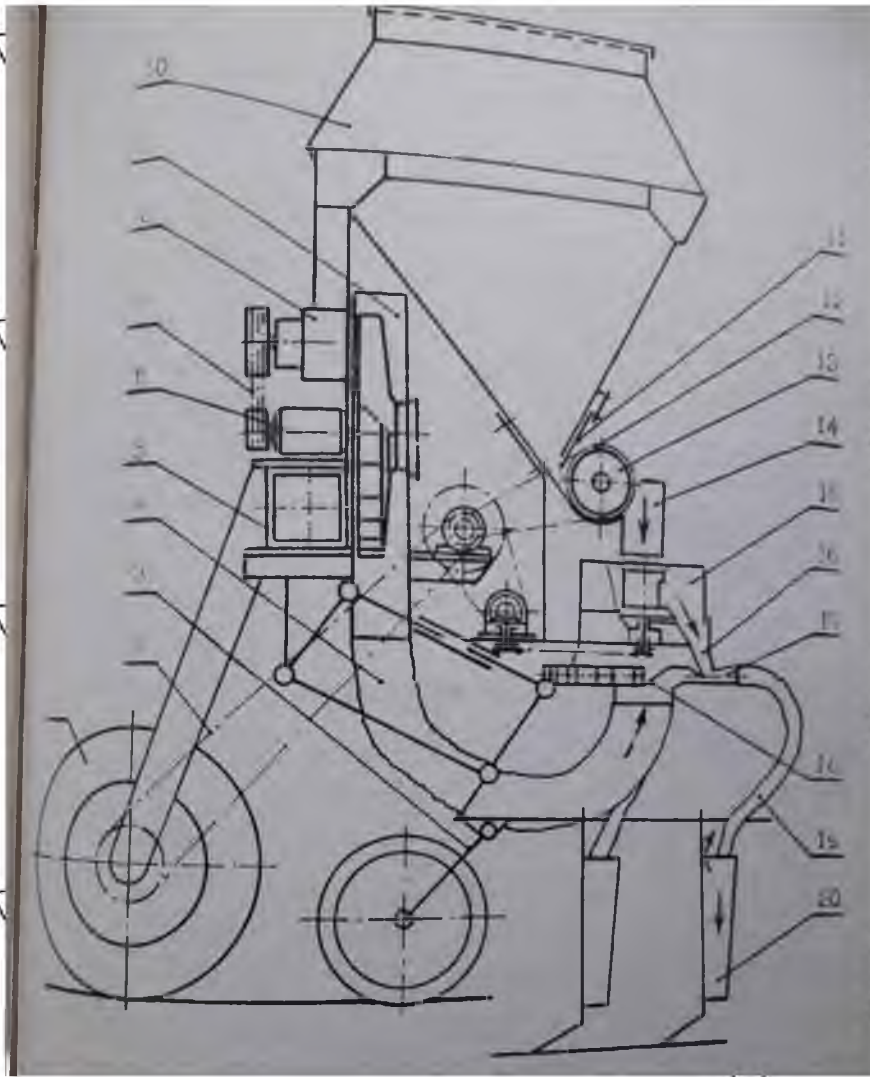


Рис. 3.14 Схема експериментального зразка машини з багатоканальною висівною системою

1 – ходове колесо; 2 – ланцюгова передача; 3 – секція зароблюючих органів; 4 – напірний рукав; 5 – рама; 6 – опора вентилятора; 7 – клинопасова передача; 8 – привод вентилятора; 9 – вентилятор; 10 – бункер; 11 – заслінка; 12 – зірочка; 13 – дозуючий пристрій; 14 – туконапривитель; 15 – розподільний робочий орган; 16 – відвідний патрубок; 17 – ежектор; 18 – дільник повітря; 19 – канал; 20 – зароблюючий орган.

Розподільний робочий орган розташований під дозуючим пристроєм 13 і являє собою корпус із вмонтованим в ньому обертовим розподільником. По колу в основі корпусу розташовані чотирнадцять приймальних горловин відвідних патрубок 16, які з'єднані через канал 19 транспортного робочого органу із зароблюючими органами

20 . Приймальні горловини відвідних патрубків одночасно є завантажувальними горловинами ежекторів 17 . Канали транспортуючого робочого органу являють собою різноманітної довжини (від 1.0 до 3.0 м ) поліхлорвінілові труби із внутрішнім діаметром 32 мм .

У якості джерела стиснутого повітря використаний високо напірний відцентровий вентилятор ВВД-5 , вивідні отвори якого через напірний рукав 4 діаметром 125 мм поєднані з дільником повітря 18 . Привод вентилятора 9 здійснюється від гідромотора ГМШ-32У через клино - пасову передачу 7 .

Працює машина наступним чином . При русі агрегату добрива із бункера 10 подаються дозуючим пристроєм 13 в розподільний робочий орган 15 , де під впливом відцентрових сил вони розподіляються по відвідним патруокам 16 . Одночасно в цим повітряний потік , який створює вентилятор 9 , потрапляє до дільника повітря 18 , а далі рухається до ежекторів 17 . Захоплені повітряним потоком частинки туків рухаються у вигляді аеросуміші по каналам 19 транспортуючого робочого органу і осідають в ямках , які утворює заробляючий робочий орган 20 .

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Результати досліджень процесу відцентрового розподілення мінеральних добрив.

#### 4.1.1. Залежність кутової швидкості обертання і висоти розподілення.

На основі проведених лабораторних досліджень отримані залежності, які наведені на рис. 4.1. Критична кутова швидкість обертання розподільника зі збільшенням його висоти зростає, більш високу кутову швидкість обертання мають розподільники з меншим діаметром.

Наведені експериментальні дані цілком підтверджують теоретичні положення, отримані при ознайомленні з питанням обґрунтування залежності кутової швидкості обертання і висоти розподільника [16]. Але, на рис 4.1. чітко видно що у дослідах зафіксована більш низька критична кутова швидкість обертання розподільника порівняно з розрахунковою. Величина цього відхилення складає в середньому 5%. Очевидно, що відмічена різниця в експериментальних і розрахункових даних отримана за рахунок того, що у процесі обертання розподільника мають вплив його високочастотні коливання, які сприяють руху частинок матеріалу під дією відцентрових сил через верхню кромку. Теоретична залежність (2.16) цього не враховує.

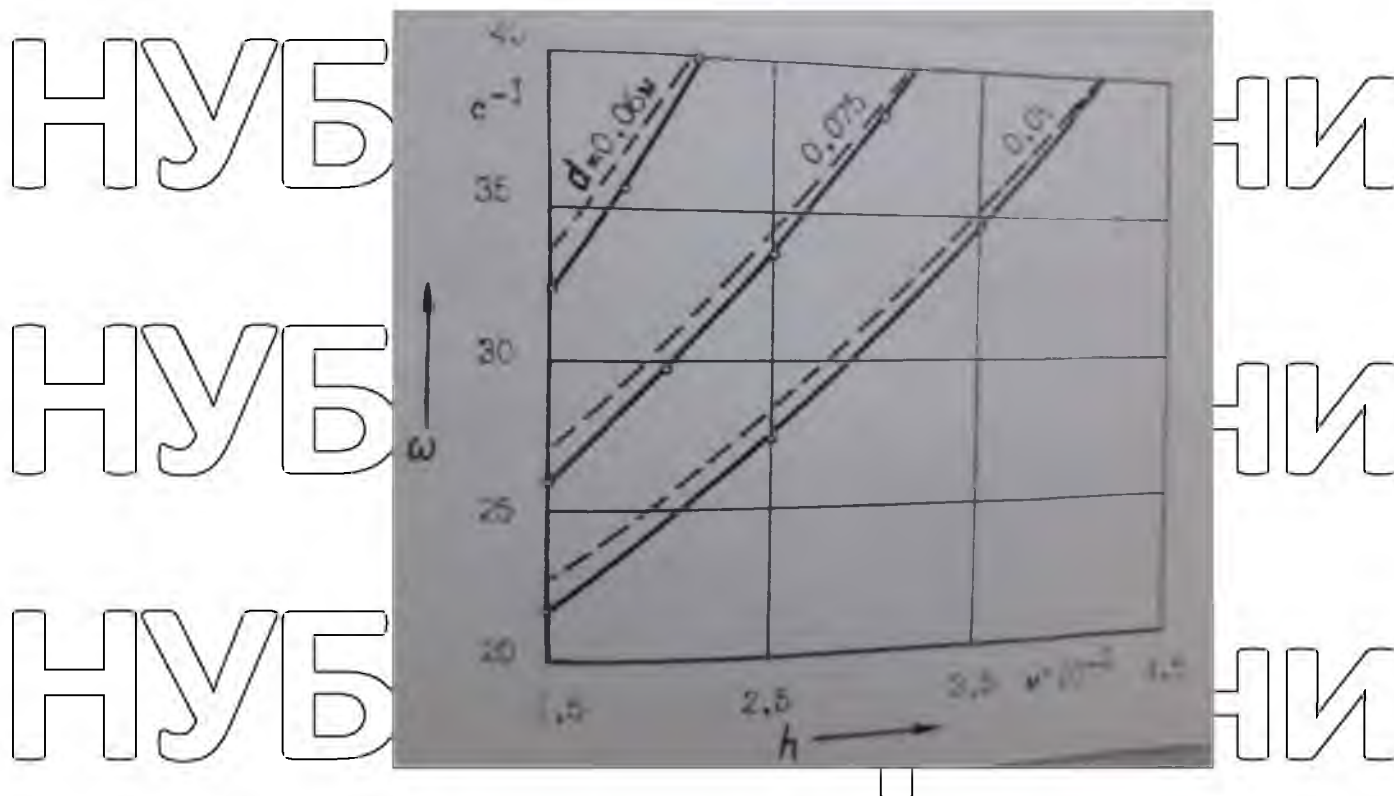


Рис. 4.1. Залежність критичної кутової швидкості обертання  $\omega$  від висоти розподілення  $h$

НУБІП України

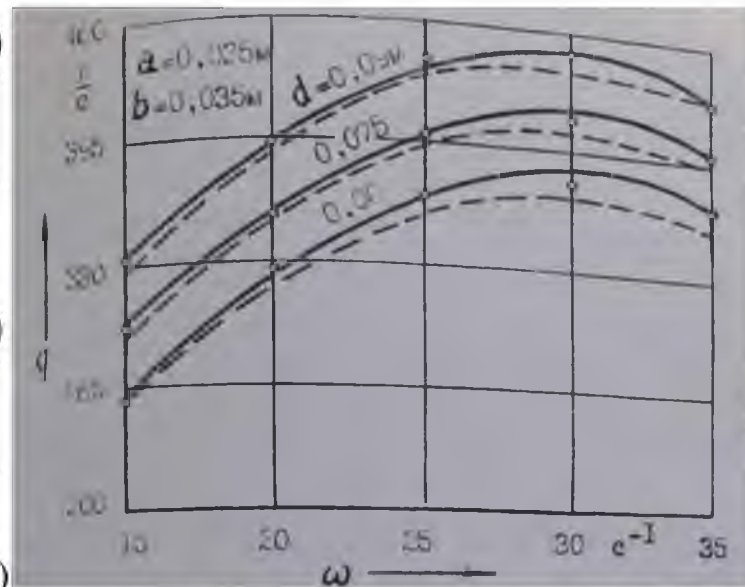
#### 4.2. Вплив параметрів і режимів роботи розподільника на його пропускну

здатність

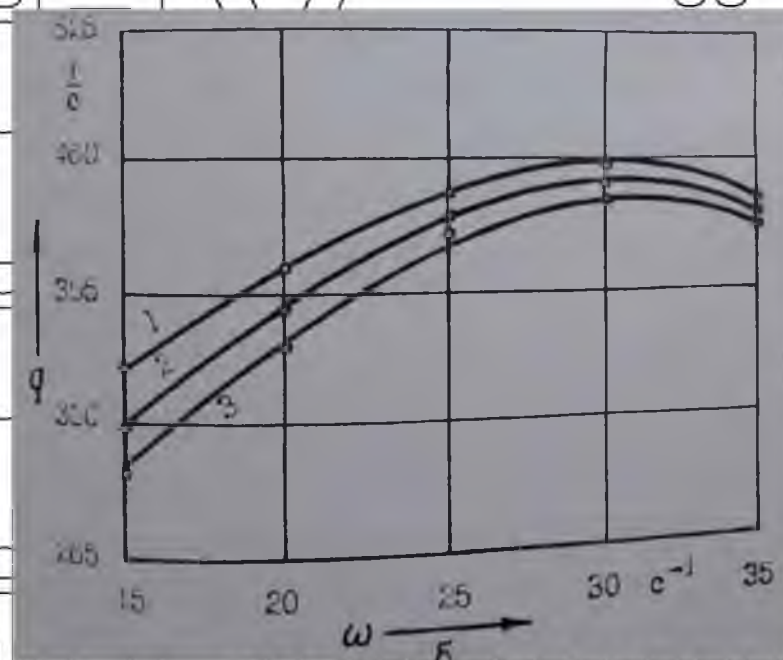
На рис. 4.2. представлені у графічній формі залежності пропускної здатності розподільника при висіві гранульованого суперфосфату від кутової швидкості обертання і розмірів випускного вікна.

НУБІП України

НУБІП України



a)



б)

Рис. 4.2. Залежність пропускної здатності розподільника  $q$  від кутової швидкості його обертання  $\omega$  :

а) — при площі впускного вікна  $S = 0,001225 \text{ м}^2$

б) — при  $d = 0,09 \text{ м}$  розмірах впускного вікна  $a * b$  (м) відповідно :

1 —  $0,02 * 0,06$  ; 2 —  $0,035 * 0,035$  ; 3 —  $0,06 * 0,02$  ;

— теоретична ; — експериментальна

Зі збільшенням кутової швидкості обертання розподільника до  $30 \text{ рад/с}$ , його пропускна здатність збільшується, наступне збільшення швидкості призводить до

зниження пропускної здатності розподільника. Цю обставину можна пояснити тим, що за мірою збільшення кутової швидкості обертання зростають відцентрові сили, які після деякого перевищення критичної кутової швидкості обертання сприяють утворенню всередині розподільника біля його стінок шару і нерухомих часточок добрив, які перешкоджають проходженню основної маси до випускного вікна.

Як видно з графіків кінематичний режим роботи розподільника надає суттєвий вплив на характер залежності його пропускної здатності. Порівняльний аналіз графіків, наведених на рис. 4.3 і рис. 4.4, показує, що залежність пропускної здатності розподільника від висоти і ширини випускного вікна має однаковий характер, проте пропускна здатність зі збільшенням висоти вікна росте швидше, ніж зі збільшенням його ширини [10].

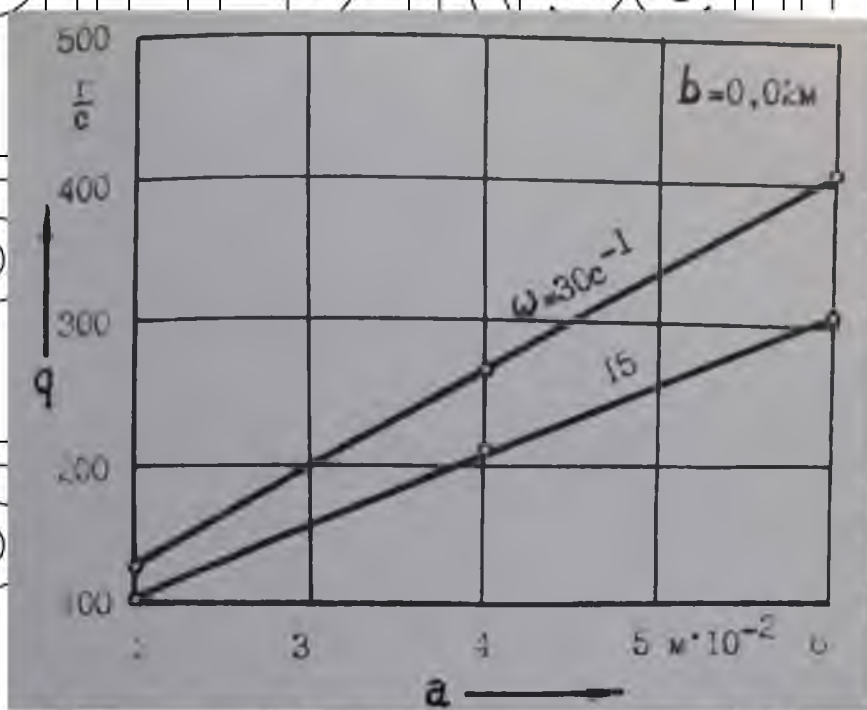


Рис. 4.3. Залежність пропускної здатності розподільника  $q$  від ширини випускного вікна  $a$

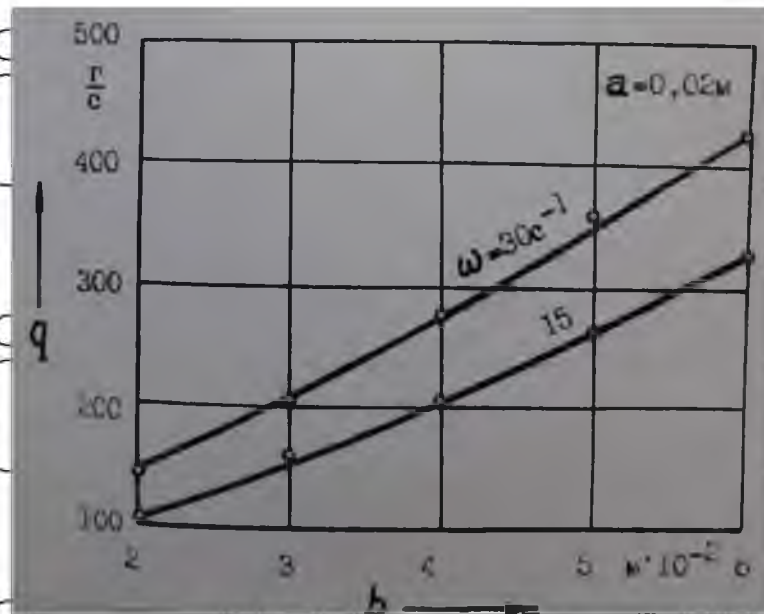


Рис. 4.4. Залежність пропускної здатності розподільника від висоти випускного вікна  $h$

Окрім того, виявлено, що при однаковій площі випускного вікна трохи більшу пропускну здатність мають високі вікна порівняно з широкими. Пояснити це можна тим, що при використанні широких випускних вікон частинки добрив не встигають набути у розподільнику відповідну кутову швидкість обертання, до того як опиняться на виході із випускного вікна.

Враховуючи викладене нескладно прийти до висновку, що з точки зору забезпечення максимальної пропускної здатності розподільника необхідно використовувати високі пропускні вікна із прямокутною формою виконання. Проте необхідно мати на увазі, що занадто збільшена висота вікна призводить до збільшення габаритних розмірів. Аналізуючи результати дослідів, можна констатувати, що шляхом вибору необхідних розмірів випускного вікна і кутової швидкості обертання розподільника досягається забезпечення максимальної дози внесення добрив у співвідношенні з агротехнічними вимогами.

Шляхом обробки експериментальних даних були визначені коефіцієнти для рівняння регресії (3.10), які після виключення статично неважливих коефіцієнтів при рівні значення 0,05 має вигляд:

$$\lambda_{ц} = 0,1173 + 0,0246 \omega - 0,0004 \omega^2 \quad (4.1)$$

При даному розрахунку значення критерію Фішера становило  $F_T = 6,86$ , яке менше табличного значення  $F_T = 8,7$ , що дозволяє прийняти гіпотезу про адекватність даного рівняння досліджуваному процесу.

Підставивши у формулу (2.20) отримане значення  $\lambda_{ц}$ , побудували графіки теоретичної залежності пропускної здатності розподільника при тих же параметрах і режимах його роботи, для яких отримана експериментальна крива (рис. 4.2). Величина розбіжності розрахункових і експериментальних даних складає у середньому 6%.

#### 4.3. Висновки по результатам експериментальних досліджень

1. Самовільний рух частинок добрив через верхню кромку розподільника для конкретного кінематичного режиму його роботи обмежується вибором висоти розподільника по формулі (2.15).

2. Пропускна здатність розподільника залежить від його діаметру, площі і форми випускного вікна, а також кутової швидкості обертання. Отримане рівняння регресії (4.1) для визначення коефіцієнта виходу  $\lambda_{ц}$  із випускного вікна під дією гравітаційних і відцентрових сил, яке використовується при визначенні пропускної здатності по формулі (2.20).

3. Нерівномірність розподілення добрив в умовах одного обороту розподільного робочого органу адекватно описується рівнянням регресії (4.2), яке отримано на основі багатфакторного експерименту. Шляхом аналізу його поверхні відклику методом двовимірних розрізів визначені раціональні конструктивно – кінематичні параметри розподільника, які забезпечують при заданій дозі внесення добрив мінімальну нерівномірність розподілення у межах одного обороту робочого органу, кутова швидкість обертання повинна складати 30 рад/с, а висота випускного вікна – 60 мм.

#### 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Завантаження та вивантаження, внесення добрив і пестицидів механізовані. Машина обслуговує один тракторист.

Найбільший контакт працюючих з мінеральними добривами спостерігається під час виконання навантажувально-розвантажувальних операцій. На робочих операціях по внесенню мінеральних добрив пил у робочу зону трактористів практично не потрапляє, за винятком робіт з вапнування ґрунту. Застосовувані для цього порошкоподібні препарати при внесенні утворюють потужну хмару пилу, яка при неправильно обраному напрямку руху огортає трактор [17].

Механізм навіски і зчіпка більшості машин зручні і безпечні. Переведення машини з транспортного положення у робоче, і навпаки, не викликає ускладнень. До експлуатації допускаються абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини. Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тим трактором, що зазначений в заводській інструкції машини.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори мають бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом. На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу. Механізовані роботи і рух агрегатів мають відповідати розробленим і затвердженим головним агрономом або керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів. Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності, очищати робочі органи. Розрівнювати мінеральні добрива у ящиках можна спеціальними дерев'яними лопатками, очищати - чистиками.

## 5.1. Вимоги до транспортування, зберігання і застосування пестицидів та агрохімікатів

## Транспортування

Транспортування агрохімікатів повинно здійснюватися відповідно до підрозділу 4.5 ДНАОП 0.03-1.12-2008 і ДСТУ 19433-2008

Не допускається перевозити одночасно з агрохімікатами людей, харчові продукти, питну воду, предмети домашнього вжитку.

Трактори і самохідні машини, які залягані на транспортуванні і внесенні мінеральних добрив у ґрунт, повинні мати справні кабіни, які відповідають вимогам ДСТУ 12.2.120-2008.

Кузов транспортного засобу для перевезення твердих мінеральних добрив повинен бути чистим і без щілин. Кожній транспортній одиниці виділяється брезент для накривання вантажу. При перевезенні аміачної селітри транспортний засіб повинен бути укомплектований двома порошковими (ВП-5) та одним вуглекислотним (ВВК-7) вогнегасниками.

Доставка подібних мінеральних добрив безпосередньо на поля з наступним їх внесенням у ґрунт проводиться транспортом, обладнаним устаткуванням для розвантаження. Кузов транспортного засобу повинен бути без щілин і покритий брезентом. Сумісне перевезення аміачної селітри з іншими мінеральними добривами не допускається.

Водій та інші особи під час навантаження мінеральних добрив не повинні знаходитися у кабіні і на підніжках, проводити техогляд і ремонт транспортного засобу.

Після закінчення робіт по перевезенню та внесенню твердих мінеральних добрив усі робочі органи і ємкості розкидачів та кузова автомобіля повинні бути очищені від залишків добрив і промиті водою.

Чищення і миття машин та інвентарю необхідно проводити на спеціально відведених майданчиках.

## Зберігання

Склади для зберігання мінеральних добрив повинні відповідати типовим проектам, розробленим відповідно до ДБН 13.2.2-7-2008, ВНТП 12/-1-89, ВНТП 2/2-2009 та ВНТП 12/3-2009.

Розміщення виробничих приміщень необхідно погоджувати з органами санітарно-епідеміологічної служби.

Приміщення для зберігання мінеральних добрив повинні бути обладнані механізмами для вантажно-розвантажувальних і транспортних робіт, а також засобами пожежогасіння.

Біля складів та інших місць, де проводяться роботи з мінеральними добривами, необхідно передбачати місця для відпочинку працівників.

Під час зберігання аміачної і натрієвої селітри необхідно дотримуватися протипожежних вимог ДНАОП 0.01-1.01-2009. Не дозволяється сумісне зберігання їх з іншими добривами.

Не дозволяється приймати на склади, зберігати й відпускати зі складу мінеральні добрива в тарі або агрегатному стані, які не відповідають вимогам державних стандартів і технічним умовам.

Не дозволяється використовувати для зберігання продуктів фуражу, води тощо тару від мінеральних добрив навіть після знешкодження.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати граничнодопустимої концентрації, встановленої

ДСТУ 12.1.005-2008, санітарно-гігієнічних норм "Допустимі рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водойм, ґрунті та доповнень до них.

Добові запаси мінеральних добрив допускається зберігати на тимчасових майданчиках за умови дотримання вимог охорони навколишнього середовища й збереження ними фізико-хімічних властивостей.

Тимчасові майданчики для зберігання добових запасів мінеральних добрив повинні бути розміщені на рівних і утрамбованих ділянках.

Тимчасове зберігання мінеральних добрив на період внесення їх у ґрунт допускається у пристосованих приміщеннях при додержанні вимог зберігання різних видів добрив і при погодженні із санітарно-епідеміологічною службою . пожежним наглядом.

Технологія зберігання мінеральних добрив на складах повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.03-1.08-2008.

Надходження та видачу мінеральних добрив із складу необхідно реєструвати у прибутково-видатковому журналі.

Добрива які надходять на склад у незатареному вигляді (калійні, суперфосфат тощо), зберігаються насипом в окремих засіках. Висота насипу для добрив які злежуються - не вище 2 м, які не злежуються, - не вище 3 м.

Затарені добрива повинні зберігатися у штабелях на піддонах, які запобігають доступу вологи знизу.

Роботи під час підготовки мінеральних добрив до внесення у ґрунт необхідно проводити за допомогою механізмів, оснащених пристосуванням для зниження пилоутворення.

Перебування працівників на складі допускається тільки на час приймання й видачі препаратів, а також для виконання спеціальних робіт.

Під час перебування на складі мінеральних добрив не дозволяється:

- приймання їжі, пиття, паління;

- робота без спецодягу та інших ЗІЗ;

- присутність сторонніх осіб, не зайнятих безпосередньо роботою на складі.

## Застосування

Застосування агрохімікатів повинно регламентуватися статтями Закону України "Про пестициди і агрохімікати" та проводитися під наглядом керівника робіт із додержанням вимог державних і галузевих стандартів, ДНАОП 0.03-1.08-2008 та

ДНАОП 0.03-1.12-2008.

**Можливі небезпеки та вимоги безпеки під час роботи з пестицидами й агрохімікатами**

Отруєння розпилюваними речовинами агрохімікатів під час роботи з машинами, й апаратурою для захисту рослин і внесення агрохімікатів.

### Вимоги безпеки перед початком роботи:

Перевірте наявність, справність і комплектність засобів індивідуального захисту, для виконання технологічних робіт, визначених нарядом-допуском:

- костюм бавовняний з пілонепроникної тканини;

- рукавиці гумові;

- окуляри захисні;

- чоботи гумові;

- фартух гумовий.

Упевніться в герметичності кабіни:

- скло не має тріщин та затемнень і забезпечує повний огляд робочих органів агрегату;

- склоочисники легко переміщуються, забезпечуючи повне очищення скла;

- чохли в місцях проходження важелів та педалей не пошкоджені, на підлозі кабіни постелено гумовий килим;

сидіння, замки дверей справні, надійно фіксуються у відкритому й закритому положеннях.

Огляньте агрегат, звернувши увагу, на справність і герметичність посудини, контрольно-вимірювальних приладів, роботу запобіжного клапана та кріплення насоса-дозатора, розподільників, причіпного пристрою, розпилувачів, при необхідності почистіть їх. У штуцерах і ніпелях шлангових, трубопроводних та інших з'єднаннях не повинно бути підтікання робочих розчинів.

На машинах повинні бути написи, які попереджують про небезпечність роботи без засобів індивідуального захисту.

### **Вимоги безпеки під час виконання робіт**

Не допускайте знаходження на агрегаті, а також на полі, де проводиться внесення мінеральних добрив, людей, які не беруть участі у виконанні технологічного процесу.

При засипанні сипучих мінеральних добрив у бункери надіньте рукавички, захисні окуляри і протипилловий респиратор та станьте з навітряного боку. Для запобігання потреби ручної очистки туковисівних апаратів, не допускайте заправку бункерів туковисівних апаратів не просіяними й вологими добривами.

При незначних поломках під час роботи машини й апаратури зупиніться й проведіть ремонтні роботи в засобах індивідуального захисту, при значних поломках машини й апарати звільніть від добрив, знешкодьте й доставте на пункт ремонту. Після ремонту перевірку проведіть в робочому режимі.

### **Нормативні акти України по охороні праці**

1. ДНАОН 0.03-1.08-2008: Санітарні правила зберігання, транспортування та застосування мінеральних добрив у сільському господарстві №1049-73.

2. ДНАОП 0.03-1.41-2008: Санітарні правила обладнання тракторів та сільськогосподарських машин № 4282-87

3. ДНАОП 0.05-3.03-2008 Типові галузеві норми безкопійовної видачі спецодягу та інших засобів індивідуального захисту робітникам і службовцям скрізних професій та посад усіх галузей народного господарства і окремих виробництв

4. ДНАОП 0.05-5.01-2008: Інструкція про порядок забезпечення робітників і службовців спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

5. НАОП 2.2.00-2.02-2005 ДСТУ 46.3.1.169-2008: Застосування твердих та рідких мінеральних добрив. Вимоги безпеки.

6. НАОП 2.2.00-2.03-2008 ДСТУ 46.3.1.182-2008 Знезараження та зберігання техніки, яка використовується для робіт з пестицидами і мінеральними добривами. Вимоги безпеки.

Таблиця 4.1

## Небезпечні умови та ситуації і заходи з охорони праці

Назва виробничого процесу	Небезпечна умова	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація	Можливі наслідки	Заходи по не допуску нещасного випадку
Внесення твердих мінеральних добрив . Агрегат: МТЗ-82 +МВУ-5	1.Наявність у повітрі шкідливих речовин 2.Неполадки регулювання в*включення	1.Робота без засобів індивідуального захисту . 2.При наладці працівник знаходився у зоні дії	1.Потрапляння отруйних речовин в організм людини	1.Отруєння працівника 2.Травмування працівника	1.Провести позаплановий інструктаж 2.Провести відповідне регулювання ВВП

<p>із пневмовідцентровим РРО</p>	<p>виключення” валу відбору потужності.</p> <p>3. Відсутність необхідного контролю за станом с/г машини.</p> <p>4. Наявність сторонніх осіб у зоні обробітку</p>	<p>робочих органів.</p> <p>3. Непроведений контроль за станом с/г машин перед початком роботи.</p> <p>4. Рух агрегату при наявності сторонніх осіб у небезпечній зоні</p>	<p>2. Самовключення ВВП</p> <p>3. Послаблене кріплення робочого органу</p> <p>4. Наїзд агрегату на людину</p>	<p>3. Травмування сторонніх осіб</p>	<p>3. Щоденний контроль за станом с/г техніки інженером</p> <p>4. Обладнати агрегат попереджувальними табличками</p>
----------------------------------	--	---	---	--------------------------------------	--

НУБІП у країні

НУБІП у країні

НУБІП у країні

НУБІП у країні

## 6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО PPO.

В умовах сільськогосподарського виробництва машини для внесення твердих мінеральних добрив на протязі всього сезону використовуються на внесенні гранульованих і дрібнокристаличних добрив, а також вапна. В залежності від виду добрив, що вносяться, робоча ширина захвату машини може змінюватися в межах двох раз.

Ми будемо визначати економічну ефективність експериментальної машини обладнаної пневмовідцентровий PPO на внесенні гранульованих добрив порівняно з серійною машиною.

Базовий агрегат: трактор МТЗ-82 + культиватор-рослинорідживлювач.

Новий агрегат: трактор МТЗ-82 + експериментальний культиватор з пневмовідцентровим PPO.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу визначаємо за формулою:

$$W=0.1B*V_a*T_3; \quad (6,1)$$

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

$V_a=10\text{км/год}$  – робоча швидкість агрегату;

$T_3=0.7$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Базовий агрегат:

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

Новий агрегат:

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

Прямі експлуатаційні затрати в гривнях на одиницю обробленої

площі визначаємо за формулою:

$$U_{\text{шт}} = Z + A + R_p + \Pi \quad (6.2)$$

де  $Z$  - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн/га;

$A$  - затрати на реновацію, грн/га;

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

$\Pi$  - затрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$Z = \frac{r_i}{W} \quad (6.3)$$

де  $r_i$  - тарифна ставка тракториста.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

Базовий агрегат:

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

Новий агрегат:

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

Затрати на реновацію рівні:

$$A = \frac{B_T \cdot \frac{a_T}{T_m} \cdot T_M + B_M \cdot a_M}{T_M \cdot W}, \quad (6.4)$$

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:

$$R_p = \frac{B_T \cdot \frac{P_T}{T_E} \cdot T_M + B_M \cdot P_M}{T_M \cdot W}, \quad (6.5)$$

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

$$R_{pb} = \frac{567400 \cdot \frac{0,16}{1350} \cdot 850 + 2289000 \cdot 0,12}{850 \cdot 5,6} = 17,779 \text{ грн/га};$$

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

Прямі капіталовкладення по машині визначаємо за формулою:

$$K_{\text{шт}} = \frac{B_T \cdot \frac{T_M}{T_T} + B_M}{T_M \cdot W}; \quad (6.7)$$

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

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

Затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$P = \frac{N_{\text{дв}} g_M g_T U_T}{W} \quad (6.8)$$

Базовий агрегат:

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

Новий агрегат

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

Прямі питомі експлуатаційні витрати:

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

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

Приведені питомі витрати:

$$П_{\text{пит}} = E * K_{\text{пит}} - U_{\text{пит}} \quad (6,9)$$

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

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

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

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

$$E_p = (П_{\text{пит.баз}} - П_{\text{пит.нов}}) W_n * T_m; \quad (6,10)$$

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

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.

# НУБІП України

Техніко-економічні показники експериментальної машини  
пневмовідцентровим РРО на внесенні гранульованих добрив

Показники	Базовий РРО	Новий РРО
Ширина захвату, м	8	12
Швидкість руху агрегату, км/год	10	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	91,200	58,3
Річний економічний ефект, грн		234906

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі проведено огляду тенденцій розвитку технічних засобів для внесення мінеральних добрив, аналізу конструкцій їх висівних систем, а також результатів досліджень виявлено: внесення основної дози твердих мінеральних добрив найбільш якісно виконують агрегати з багатоканальними пневматичними висівними системами, які містять розподільні і транспортуючі робочі органи, які в значній мірі визначають агротехнічні показники машин. Технологічні схеми машин передбачають загальне дозування добрив, що вносяться та незалежне їх розподілення на складові з наступним пневматичним переміщенням останніх по окремим каналам до спеціальних робочих органів.

2. Вказані висівні системи при асиметричній подачі віддзерюваного потоку добрив здійснюють їх внесення з відносно високою не рівномірністю.

3. Найбільш перспективним для використання в багатоканальних пневматичних висівних системах із загальним дозуванням мінеральних добрив є розподільні робочі органи активного типу, які забезпечують незалежне розподілення добрив і повітря з подальшим їх переміщенням по горизонтальним каналам транспортуючих робочих органів до місць внесення в ґрунт.

4. У результаті теоретичних досліджень процесу відцентрового розподілення і пневматичного транспортування добрив багатоканальною висівною системою встановлено наступне:

Для забезпечення необхідної пропускної здатності розподільника діаметр впускного отвору необхідно визначати по формулі (2.5), а площу прохідного перерізу впускного вікна – по формулі (2.20), яка отримана для виходу добрив із бокового отвору під впливом гравітаційних і відцентрових сил. Аналіз залежностей (2.5) і (2.20) дозволяє зробити висновки про те, що пропускна здатність розподільника залежить від фізико – механічних властивостей добрив, форми і площі впускного вікна, а також кінематичного режиму роботи розподільника. Пропускна здатність розподільника збільшується зі збільшенням

кутової швидкості обертання до 20...25 рад/с , при наступному збільшенні кутової швидкості пропускна здатність суттєво не змінюється

5. Самовільний рух частинок добрив через верхню кромку розподільника для конкретного кінематичного режиму його роботи обмежується вибором висоти розподільника по формулі (2.15)

6. Пропускна здатність розподільника залежить від його діаметру , площі і форми випускного вікна , а також кутової швидкості обертання . Отримане рівняння регресії (4.1) для визначення коефіцієнта виходу  $\lambda_{ц}$  із випускного вікна під дією гравітаційних і відцентрових сил , яке використовується при визначення пропускної здатності по формулі (2.20).

7. Нерівномірність розподілення добрив в умовах одного обороту розподільного робочого органу адекватно описується рівнянням регресії (4.2.) , яке отримано на основі багатofакторного експерименту . Шляхом аналізу його поверхні відклику методом двовимірних розрізів визначені раціональні конструктивно – кінематичні параметри розподільника , які забезпечують при заданій дозі внесення добрив мінімальну нерівномірність розподілення у межах одного обороту робочого органу кутова швидкість обертання повинна складати 30 рад/с , а висота випускного вікна – 60 мм.

1. Аббасов З.М. , Касаманский А.Ш. , Алекпертов З.И. , Нуриев М.Ю. Машина для внесения гранулированных удобрений // Техника в сельском хозяйстве . – 1981 . - № 2 . – с. 33.

2. 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.

3. Белов Г.Д. , Дяченко Г.А. Механизация локального внесения минеральных удобрений . – Минск : Ураджай , 1977 . – 80 с.

4. Адлер Ю.П. , Маркова Е.В. , Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий . – М. : Наука , 1976 . – 288 с.

5. Беляев Е.А. , Любушко Н.И. , Гусев В.М. Обоснование формы распределительных головок централизованных высевальных систем зерновых сеялок // Тракторы и сельхозмашины . – 1979 . - № 9 . – с. 24 – 25.

6. Булаев В.Е. Современные требования к машинам для локального внесения удобрений . // Бюллетень ВИУА . – 1980 . - № 55 . – с. 29 – 34 .

7. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных . – М. : Колос , 1973 . – 199 с.

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

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

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

11. Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах . – М. : Машиностроение , 1968 . – 184 с.

12. Догановский М.Г. , Козловский Е.В. Машины для внесения удобрений . – М. : Машиностроение , 1972. – 272 с.

13. Доселехов Б.А. Методика полевого опыта . – М. : Колос , 1979. – 416 с.

14. Жук В.В. , Кондратец Л.И. , Суворова Л.Г. , Кудряшова И.В. широкозахватне пневматические сямки – культиваторы для почвозащитных технологий // Техника в сельском хозяйстве . 1989 . - № 2. – с. 62 – 64.

15. Запка Н.М. Избранные задачи земледельческой механики . Практ. пособие. – К. : Изд-во УСХА , 1992 . 512 с.

16. Капустин Ю.А. , Ширикова Э.А. , Шихов И.И. Причины снижения качества внесения минеральных удобрений //Техника в сельском хозяйстве . – 1987. - № 12 . - с.

32 – 33

17. Каюшников Ю.П. Исследования процесса разделения и транспортирования минеральных удобрений по горизонтальным трубопроводам пневматических сямок : Автореф. дис. ... канд. техн. наук . – М. , 1973. – 26 с.

18. Каюшников Ю.П. , Шмонин В.А. , Бордюжин Ю.Д. Применение пневматического высева в машинах для внесения удобрений // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. - № 8. – с. 52.

19. Ковшов В.И. Постановка инженерного эксперимента . – Київ : Донецьк : Вища школа , 1982 . – 120 с.

20. 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.

21. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве . – М. : Колос , 1973. – 464 с.

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

23. Лесничий Л.К. Дослідження робочого процесу багатострунного пневматичного розкидача мінеральних добрив : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків, 1971 – 22 с.

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

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

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

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

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

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

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

31. Назаров С.И. Обоснование параметров питателей машин для подготовки и внесения минеральных удобрений // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск : Ураджай, 1970. – Т. 18. – с. 78 – 212.

32. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

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

34. Нефедов Б.А. Выбор ширины захвата машины для до полного внутріпочвенного локального внесення основної дози мінеральних добрив // НТБ ВИМ. – М., 1983. – Вып. 53. – с. 17 – 19.

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

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

37. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М. : Наука, 1968. – 288 с.

38. Радченко Г.Е. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий протекания процесса. – Горький : БГСХА, 1978. – 67 с.

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

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

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

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

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

44. Янчин С.К., Обертышев А.И. Производительность истечения сыпучих материалов из отверстий в наклонных стенках // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1968. – № 4. – с. 38- 39

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

46. Domier K.W., Mayko J.J., Robertson J.A. Equipment requirements for fertilizer placement in cereals and small grains // Winter Meet. Amer. Soc. Agr. Eng. – 1985. – N 1502. – p. 1- 8.

47. Howard Peter, Wyles Barry. Cultivator drills have royal air // Power Farming. – 1988. – 68, # 3. – p. 25 – 27.

48. Pat. 1581529 (GB). Improvements in or relating to granular distribution apparatus / Cyril Copperwheat. – 17.12.1980.

49. Pat. 4462550 (US). Apparatus for distributing a substance / Loren E. Tyler. – 31.07.1984.

50. Schunke Ulrich. Randozonprobleme bei der Düngung // Landtechnik. – 1980. – 35, # 2. – p.66 – 68.

НУБІП України  
ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України  
УДК 62; 63  
ББК 30; 40.3;

41.4 Я431

НУБІП України  
Рекомендовано до друку вченою радою

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний  
інститут» від 28.09.2021р. протокол № 9

### Редакц. колегія:

В.С. Лукач (науковий редактор); І.О. Демчук (заступник  
відповідального редактора); А.Г. Кушніренко, С.Г. Фрищев, М.І.  
Ікальчик, О.І. Литвинов; І.І. Махмудов

До збірника включені праці науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів, магістрів та студентів Ніжинського агротехнічного інституту, Національного університету біоресурсів і природокористування України, наукових установ НААН України, навчальних закладів України, у яких наведені результати конструкторських, теоретичних, експериментальних досліджень машин та засобів для механізації і автоматизації агропромислового виробництва, нових технологій у тваринництві, енергетиці, природокористування та підготовці фахівців для АПК.

Шляхи вирішення сучасних проблем та покращення технологій аграрного сектору України: зб. наукових праць (12 травня 2021) / наук. ред. В.С. Лукач – Ніжин, 2021 – 166с.

У збірнику надруковані матеріали учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Шляхи вирішення сучасних проблем та покращення технологій аграрного сектору України», висвітлено результати наукових досліджень, проведених науково-педагогічними працівниками, науковими співробітниками, аспірантами, магістрами та студентами.

Тексти тез друкуються в авторській редакції. Відповідальність за інформацію, подану в науковому дослідженні, несуть автори статей.

НУБІП України

© ВІНУБІП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

НУБІП України © автори статей

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

УДК 631.333

# НУБІП України

## АНАЛІЗ РОБОТИ МАШИН ДЛЯ

### ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ

### ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

# НУБІП України

*В. В. Онищенко, доцент, к.т.н.,*

*К. Ю. Назаренко, студентка магістратури*

# НУБІП України

*НУБІП України*

*В. В. Ратушний, с.н.с., к.т.н., ННЦ ІМЕСГ НААН України*

Найважливіший фактор підвищення родючості ґрунту і отримання стабільних високих врожаїв сільськогосподарських культур є внесення достатньої кількості мінеральних та органічних добрив.

Внесення мінеральних добрив здійснюється як поверхневим, так і внутрішньогрунтовим способами. За даними агротехнічної науки, останній забезпечує найбільшу ефективність при підживленні рослин.

В зв'язку з цим розробляється технологічний процес з метою забезпечення раціонального використання в сільськогосподарських господарствах машин для внутрішньогрунтового внесення основної дози мінеральних добрив до тракторів класу 30 і 50 кН;

[1].

Одним із факторів, що обмежують ефективність підживлення, є недосконалість способів і технологій внесення добрив. Машини з відцентговими розсівальними робочими

органами і авіаційні засоби розподіляють добрива по поверхні поля з нерівномірністю, яка перевищує допустиму в 2 - 3 рази.

Тукосуміші, що складаються з частин з різними фізико-механічними характеристиками, при внесенні цими машинами,

розшаровуються. Що суттєво погіршує збалансованість поживних

речовин в зоні кореневої системи рослин. В результаті цього

розвиток рослинної маси сільськогосподарських культур на 10 - 15%

нижче того рівня, який міг би забезпечити внесення добрив з

нерівномірністю, що задовольняє агротехнічні вимоги. Не дуже

якісно проводиться і наступна заробка добрив в ґрунт. Добрива,

внесені під зяблеву оранку, довго взаємодіють з великою масою

ґрунту, що збільшує втрати озону, посилюється перехід фосфора і

калія в менш доступні форми для живлення рослин. Крім того, при

оранці добрива розміщуються в прошарку ґрунту надто глибоко і

майже недоступні для кореневої системи рослин в початковий

період вегетації. Культиватори і дискові борони заробляють велику

частину добрив, раніше внесених поверхневим методом, в верхній

3 см. шар ґрунту, який дуже швидко висихає, що знижує

ефективність внесення добрив [2].

Закордонна практика, результати багаторічних досліджень і виробничий досвід багатьох сільськогосподарських підприємств

нашої країни свідчать про доцільність переходу до більш

вдосконаленої технології — внутрішньогрунтового внесення добрив

стрічками без попереднього розкидання їх по поверхні поля.

Використання такого способу внесення добрив дозволяє підвищити

розвиток сільськогосподарських культур. При чому, вартість

додаткової продукції багаторазово відшкодовує додаткові затрати

на удосконалення техніки та витрат палива. Слід також врахувати,

що внутрішньогрунтовий спосіб внесення знижує забруднення

навколишнього середовища.

Крім того, завдяки використанню внутрішньогрунтового внесення мінеральних добрив, замість розкидного внесення поверхневим способом, можливо зменшити дози основного внесення добрив в 1,5 - 2 рази. При цьому будуть забезпечуватись приблизно ті самі прибавки врожаю, як при внесенні повних доз поверхневим розкиданням. Біологічно оптимальні дози внесення добрив при стрічковому внесенні звичайно на 10 - 30% нижчі, а забезпечувані ними максимуми врожаю значно вищі ніж при розкидному внесенні.

При дефіциті мінеральних добрив доцільно вносити основні дози добрив внутрішньогрунтовими стрічками, зменшивши дози на 30 - 50%. В господарствах, які забезпечені мінеральними добривами в достатній мірі, їх використовують дозами які близькі до біологічно оптимальних.

Новий спосіб внесення базується на використанні машин, обладнаних спеціальними дозувально-розподільними пристроями та сошниками або лапами для внесення добрив безпосередньо в ґрунт з концентрованим розміщенням їх на заданій глибині.

#### Список використаної літератури

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімеліорантів // Техніка АПК. - 2009. - №3. - С.10.

12.

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
 ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ»  
 НААН  
 ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ

УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
 ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

**ЗБІРНИК**

**ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

*8 Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
 114-ї річниці від дня народження*

*доктора технічних наук, професора,*

*члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН*

**КРАМАРОВА Володимира Савовича (1906-1987)**

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

**25-26 лютого 2021 року**

**м. Київ** 8 Міжнародна науково-практична конференція «Крамаровські читання»

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей 8 Міжнародної науково-технічної конференції

«Крамаровські читання» з нагоди 114-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 25-26 лют. 2021 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021.

446 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.

УДК 631.333

**АНАЛІЗ РОБОТИ МАШИН ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО  
ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

**В. Б. ОНИЩЕНКО**, доцент, к.т.н.,

**К. Ю. НАЗАРЕНКО**, студентка магістратури

*НУБіП України*

**В. В. РАТУШНИЙ**, с.н.с., к.т.н.,

*ІНЦ ІМЕСГ НААН України*

Одним з найбільш важливих факторів підвищення родючості ґрунту і отримання на цій основі високих врожаїв сільськогосподарських культур є стабільне внесення мінеральних та органічних добрив.

Внесення добрив здійснюється як поверхневим, так і внутрішньогрунтовим способами. За даними агротехнічної науки, останній забезпечує найбільшу ефективність підживлення рослин.

В зв'язку з цим розробляється технологічний процес з метою забезпечення раціонального використання в сільськогосподарських господарствах машин для внутрішньогрунтового внесення основної дози мінеральних добрив до тракторів класу 30 і 50 кН; для ефективного використання твердих мінеральних добрив при внутрішньогрунтовому внесенні [1].

Одним із факторів, що обмежують ефективність підживлення, є недосконалість способів і технологій внесення добрив. Машини з відцентровими розсівальними робочими органами і авіаційні засоби розподіляють добрива по площі поля з нерівномірністю, яка перевищує допустиму в 2 - 3 рази. Тукоsumіші, що складаються з частин з різними фізико - механічними характеристиками, при внесенні цими машинами розшаровуються. Це погіршує збалансованість поживних речовин в зоні кореневої системи рослин. В результаті розвиток сільськогосподарських культур на 10 - 15% нижче того рівня, який міг би забезпечити внесення добрив з нерівномірністю, що задовольняє агротехнічні вимоги.

Незадовільно проводиться і наступна заробка добрив в ґрунт. Добрива, внесені під зяблеву оранку довго взаємодіють з великою кількістю ґрунту, що збільшує втрати озону, посилює перехід фосфора і калія в менш доступні форми для живлення рослин. Крім того, при оранці добрива розміщуються в ґрунті надто глибоко і майже недоступні для кореневої системи рослин в початковий період вегетації. Культиватори і дискові борони заробляють велику частину добрив, раніше VIII Міжнародна науково-практична конференція

«Крамаровські читання»

внесених поверхневим методом, в верхній 3 см. шар ґрунту, (цей шар ґрунту дуже висихає), що знижує ефективність внесення добрив [2].

Зарубіжна практика, результати багаторічних дослідів і виробничий досвід багатьох сільськогосподарських господарств нашої країни свідчать про доцільність переходу до більш удосконаленої технології-

внутрішньогрунтового внесення добрив стрічками без попереднього розкидання їх по поверхні поля. Використання такого способу внесення добрив дозволяє підвищити розвиток сільськогосподарських культур. При

чому, вартість додаткової продукції багаторазово відшкодовує додаткові

затрати на удосконалення техніки та витрат палива. Слід також врахувати, що внутрішньогрунтовий спосіб внесення знижує забруднення навколишнього середовища.

Крім того, завдяки використанню внутрішньогрунтового внесення добрив

замість розкидного внесення поверхневим способом можна зменшити дози

основного внесення добрив в 1,5 - 2 рази. При цьому будуть забезпечуватись приблизно такі ж прибавки врожаю, як при внесенні повних доз поверхневим розкиданням. Біологічно оптимальні дози добрив при стрічковому внесенні

звичайно на 10 - 30% нижчі, а забезпечувані ними максимумами врожаю значно

вищі ніж при розкидному внесенні.

При дефіциті мінеральних добрив, що обумовлює внесення їх не під всі культури і не на всіх полях, доцільно вносити основні дози добрив

внутрішньогрунтовими стрічками, зменшивши дози на 30 - 50%. В

господарствах, які забезпечені мінеральними добривами в достатній мірі, їх використовують дозами які близькі до біологічно оптимальних.

Новий спосіб внесення базується на використанні машин, обладнаних спеціальними дозувально-розподільними пристроями та сошниками або

лапами для внесення добрив безпосередньо в ґрунт з концентрованим розміщенням їх на заданій глибині.

### Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімікаторантів // 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 „ІМЕСГІ”, - 2002. Вип. 86. - с. 90-99.

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Міністерство освіти і науки України  
Кафедра експлуатації та ремонту машин

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН, ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

III Міжнародна науково-практична конференція III-ї

### **МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

14-16 квітня 2021 року

м. Кропивницький ІЗ

Central Ukrainian National Technical University  
 Ministry of Education and Science of Ukraine  
 Department of operation and repair of machines

# IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF MACHINES, PROCESSES AND SYSTEMS

III International scientific and practical conference

## CONFERENCE MATERIALS

April 14-16, 2021

c. Kropyvnytskyi I

*АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОЗПОДІЛЬЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
 БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИСІВНИХ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ*

*ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ*

*МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ*

*В.Б. Опущенко, канд. техн. наук, доц.,*

*О.С. Десятко, канд. техн. наук, доц.,*

*К. Ю. Назаренко, студ.,*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*

*В.В. Ратушний, канд. техн. наук, с.п.с.*

*ІНЦІ ІМЕСГ НААН України, Україна*

У конструкції багатоканальних висівних систем знайшли застосування розподільчі робочі органи з пасивними та активними розподільниками мінеральних добрив. У розподільчих

робочих органах з пасивними розподільниками добрив використовуються нерухомі поверхні,

на які добрива подаються під дією повітряного потоку або гравітаційних сил, а в робочих

органах з активними розподільниками - останні мають привод

Рисунок 1 – Класифікація розподільників потоку багатоканальних висівних систем 74

Різноманітність застосовуваних розподільчих робочих органів з пасивними та активними розподільниками потоку визначається відмінністю виконання конструктивних елементів останніх, що представлено в класифікації на рис. 1.

На рис. 2 представлено схему робочого органу з гравітаційним розподільником потоку добрив, конусного типу (2), який отримав найбільшої популярності серед гравітаційних розподільників. Основними перевагами таких розподільників є простота їх конструкції і незначне руйнування гранул мінеральних добрив.

1 – приймальна горловина; 2 – відповідний патрубок; 3 – конусна поверхня; 4 – тупонапрямок

Рисунок 2 – Схема гравітаційного розподільника конусного типу

Такі розподільники знайшли застосування у машинах для поверхневого внесення мінеральних добрив, вимоги до яких, щодо рівномірності внесення відносно не жорсткі. Для покращення якості показників роботи машин з гравітаційними розподільниками вдаються до конструкторських удосконалень розподільчих робочих органів, об'єднуючи потоки із двох і більше відповідних патрубків (1).

Гравітаційні розподільники потоку лоткового типу (рис.3) являють собою блок лотків, утворюючих систему паралельних каналів, з'єднаних з відповідними патрубками. Такими розподільниками оснащені робочі органи машини.

1- заслінка; 2-пластина; 3-розпірна втулка; 4-блок каналів; 5-стрічковий живильник; 6-бункер.

Рисунок 3 – Схема гравітаційного розподільника лоткового типу

Машина складається з одноосного причепа з бункером для добрив і висівної системи. Туки з бункера подаються стрічковим дозуючим пристроєм. Норма висіву змінюється висотою випускної щілини в задній стінці бункера за допомогою регульовальної заслінки. Добрива, які сходять з дозуючого пристрою розподільника, діляться на рівні частини і через відповідні патрубки потрапляють в ежекторні живильники, до яких подається повітряний 75

потік від вентилятора високого тиску, і по окремих каналах транспортуються до кінцевих напрямників. Характерним недоліком розподільників лоткового типу є обмежене число каналів, що залежить від ширини дозуючого пристрою.

#### Список літератури

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів //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 „ІМЕСГ” / -2002. Вип. 86.-с. 90-