

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.333.5:631.51

ПОГОДЖЕНО

Декан
механіко-технологічного факультету

В.В. Братішко

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських
системотехніки ім. акад. машин та
І.М. Василенка,

Ю.О. Гуменюк

“ ” 2023 р.

“ ” 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Підвищення якості розподілу мінеральних добрив в технологіях
точного землеробства»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, с.н.с

В.В. Братішко

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент

І.М. Сівак

підпис

Виконав:

В. М. Дорошенко

підпис

НУБІП України

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

Ю.О. Гуменюк

« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТЦІ

Дорошенку Владиславу Миколайовичу

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Підвищення якості розподілу мінеральних добрив в технологіях точного землеробства»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "30" жовтня 2022 р. №1943"С".

Термін подання завершеної роботи на кафедру 26 жовтня 2023 року

Вихідні дані до роботи – Точність розподілу мінеральних добрив на розподільниках різних конструкцій.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Апаратне забезпечення розподілу мінеральних добрив машинами для основного внесення матеріалу.
2. Апаратне забезпечення розподілу мінеральних добрив машинами для локального внесення матеріалу.
3. Розробка програмно-апаратного комплексу місцевизначеного керування розподілом мінеральних добрив за напрямком руху машини та за шириною її захвату.
4. Результати досліджень місцевизначеного перерозподілу мінеральних добрив.
5. Техніко-економічна оцінка проекту.
6. Охорона праці.

Дата видачі завдання "24" грудня 2022 р.

Керівник магістерської роботи

І.М. Сівак

Завдання прийняв до виконання

В.М. Дорошенко

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	9
1.1. Машини для основного внесення мінеральних добрив.....	11
1.2. Машини для локального внесення мінеральних добрив.....	20
1.3. Обґрунтування доцільності підвищення роздільної здатності розподільника мінеральних добрив.....	28
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОГО ДОЗУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	35
2.1. Обґрунтування технологічного процесу системи дозування та перерозподілу мінеральних добрив.....	35
2.2. Аналіз процесу керування центральним дозатором машини.....	38
2.3. Аналіз узагальненої схеми керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив.....	41
2.4. Математична модель системи керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив.....	43
2.5. Аналіз функціонування математичної моделі пневматичної системи дозування і розподілу мінеральних добрив.....	48
2.6. Визначення раціональних параметрів подільника ділильної головки.....	55
2.7. Розробка контролера та принципової схеми керування переміщенням хрестоподібного подільника.....	58
2.8. Лабораторні дослідження процесів змінного перерозподілу мінеральних добрив у відповідності до вимог картограми.....	65

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	70
3.1. Економічна ефективність перерозподілу матеріалу за технологічними смугами.....	70
3.2. Заходи охорони праці при внесенні мінеральних добрив	73
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Сучасний етап розвитку механізованих процесів у сільському господарстві характеризується пошуком нових техніко-технологічних рішень до збільшення рентабельності рослинництва і підвищення ефективності використання с.-г. техніки. Одним із таких рішень є застосування технологій точного землеробства (ТЗ).

У світі напрацьовані певні методи і розроблене спеціалізоване обладнання для реалізації технологій ЗНВ ТМ. Використання таких методів та обладнання дає вагомі економічні переваги для господарств, що їх застосовують. Проте, на сьогодні можливо вести мову про виконання технологій ЗНВ ТМ на макрорівні. Такий макрорівень характеризується середньою довжиною хвилі зміни впливового фактору в межах 18-25 м.

Отже, якщо розміри елементарних ділянок поля з однаковими рівнями градацій норм внесення ТМ в декілька разів більші, ніж зазначена довжина хвилі, то робота сільськогосподарської машини (СГМ) як регулятора норми технологічних внесень, може бути задовільною; в протилежному випадку помилка виконання завдання може сягати 100 %, що відповідно веде до значних економічних втрат.

Отже, якщо розміри елементарних ділянок поля з однаковими рівнями градацій норм внесення ТМ в декілька разів більші, ніж зазначена довжина хвилі, то робота сільськогосподарської машини (СГМ) як регулятора норми технологічних внесень, може бути задовільною; в протилежному випадку помилка виконання завдання може сягати 100 %, що відповідно веде до значних економічних втрат.

В даний час у ряді провідних країн в сільськогосподарській галузі ведуться роботи із створення технологій і технічних засобів для диференційованого поверхневого і локального внесення мінеральних і добрив відповідно до оптимальної програми їх застосування. Поряд з цим

намітилися дві концепції реалізації технологій диференційованого внесення добрив: перша концепція заснована на попередньому аналізі стану ґрунту і посівів в системі глобального позиціонування (GPS). Отримані дані використовуються із застосуванням геоінформаційної системи. Потім за певною програмою з урахуванням прийнятих обмежень і допущень розробляється план оптимального застосування добрив з метою отримання заданої врожайності культури. На основі обробки початкової інформації розробляється електронна карта виконання технологічного процесу на

розробляється план оптимального застосування добрив з метою отримання заданої врожайності культури. На основі обробки початкової інформації розробляється електронна карта виконання технологічного процесу на

відповідному полі в прийнятій системі позиціонування. В процесі руху машини для внесення добрив по полю за допомогою бортового комп'ютера в строгій відповідності з електронною картою контроллер забезпечує внесення необхідних доз відповідного виду добрив на кожен елементарну ділянку поля з урахуванням фактичної швидкості агрегату і швидкодії виконавчих механізмів.

Друга концепція заснована на отриманні інформації про поле за допомогою датчиків в реальному масштабі часу без використання електронної карти. Датчики, які функціонують в реальному масштабі часу, в процесі руху агрегату вимірюють властивості ґрунту і характеристики рослин. Потім за допомогою контроллера на основі отриманої інформації від датчиків регулюється доза внесення добрив або засобів захисту рослин.

Датчики при цьому забезпечують подачу безперервного потоку інформації на контроллер, на підставі чого здійснюється внесення диференційованих доз добрив на кожен елементарну ділянку поля. Така технологія не вимагає GPS. Датчики можуть бути використані також і в технології, заснованій на застосуванні GPS. Отримана з їх допомогою інформація може бути використана для складання електронних карт які необхідні для виконання

відповідних операцій. Машина для внесення азотних добрив з використанням інформації від датчиків в реальному часі створена фірмою Grob Technology, Inc., Houston, штат Тех. 55 2 Диференційоване внесення добрив з

використанням ГСП (GPS). Основними компонентами системи для диференційованого внесення добрив є: приймач сигналів GPS, бортовий комп'ютер, контроллер, пристрій для вимірювання швидкості руху агрегату. Технологічний процес диференційованого застосування добрив в системі точного землеробства є складною системою, що включає набір технологічних операцій і технічних засобів. Основу системи точного землеробства складають: банк даних про врожайність с.-г. культури, історії застосування добрив, які представляються в системі координат, жорстко пов'язаній з конкретним полем; програмне забезпечення, що дозволяє

графічно представляти отриману інформацію, аналізувати її і ухвалювати управлінські рішення по необхідній дії на кожну з ділянок поля зі своїми координатами; технології і автоматизовані технічні засоби для диференційованого внесення засобів хімізації в прийнятій системі позиціонування. Технологія диференційованого застосування добрив базується на трьох технологічних блоках: - визначення координат агрегату на полі. Це може бути здійснено наземними або космічними системами позиціонування. Є підстава вважати, що в найближчому часі переважатиме диференційована глобальна система позиціонування (DGPS).

- автоматизований збір, зберігання і обробка інформації про стан ґрунту, рослин, візуалізація цієї інформації у вигляді електронних карт (GIS), ухвалення оптимальних управлінських рішень. Машина, системи контролю і управління технологічним процесом диференційованої дії на систему «ґрунт-рослина» в прийнятій системі позиціонування. Враховуючи, що два перші елементи широко використовуються в інших галузях народного господарства, вони швидко розвиваються поза рамками сільського господарства. На розробці машин, систем контролю і управління технологічним процесом повинні бути зосереджені зусилля інженерів

машинобудівних підприємств різних країн. За допомогою GPS, бортового комп'ютера і програмного забезпечення відбувається взаємодія виконавчого механізму машини з електронною картою поля, на якій представлена інформація про дозу внесення добрив. Наявність цієї системи на борту машини дозволяє контролювати всі операції. Так, GPS визначає і видає на дисплей місцезнаходження машини для внесення добрив. Бортовий комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням використовує цю інформацію для визначення дози добрива, яку необхідно внести в цьому місці. Бортовий комп'ютер може працювати спільно з контроллером або

замість нього, якщо є необхідне програмне забезпечення. Складання електронних карт і визначення доз внесення здійснюється в більшості випадків службами, що спеціалізуються на диференційованому застосуванні

засобів хімізації. У їх функції входять: відбір проб, складання карти поля, моніторинг урожаю, складання карт врожайності і т. д. Основним елементом машини для диференційованого внесення засобів хімізації є контроллер, що виконує функції мікропроцесора або ПК. Він пов'язаний з виконавчим механізмом машин і контролює дозу внесення. Контроллери можуть відрізнятися по складності – від одноканального до 260- канального. Один канал контролює дозу внесення одного елементу живлення рослин. Контроллер може бути створений для однієї машини або бути універсальним і використовуватися на різних типах машин. Інформація від контроллера може подаватися на ПК і зберігатися в його пам'яті або записуватися на магнітний носій даних. Багато контроллерів працюють спільно з портативним комп'ютером, що знаходиться в кабіні трактора. Якщо агрегат оснащений приймачем сигналів GPS, то оператор може визначати своє місцезнаходження, величину дози, яку він вносить, швидкість і так далі. Контроллери, які не працюють спільно з ПК, висвітлюють на своєму дисплеї: дозу внесення, швидкість руху, кількість внесених добрив, величину обробленої площі. Для того, щоб контроллери успішно функціонували, машини для диференційованого внесення повинні мати робочі органи, які здатні точно зміщувати дозу відповідно до команд, що поступають від контроллера. Прикладом може бути AGROCOM VRA.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Висвітлення сучасного рівня механізації внесення мінеральних добрив має велике значення для вибору правильного напрямку удосконалення існуючої техніки, з метою одержання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур. Про це переконливо доведено агротехнічною наукою і передовим досвідом сільськогосподарського виробництва.

Реструктуризація форм власності на землю та засоби виробництва сільськогосподарської продукції збільшила відповідальність господаря землі за результати своєї діяльності і сконцентрувала його увагу на питаннях збереження родючості ґрунтів та підвищення показників ефективного використання Сільськогосподарської техніки. Вирішення цих питань вимагає

застосування нових систем ведення землеробства. Відомо, що урожай сільськогосподарських культур залежить від багатьох факторів, таких як: рівень поживних речовин в ґрунті, тип ґрунту, водний баланс, клімат тощо, а також вимог рослин до структури ґрунту, тепла, аерації, захисту від шкідників та хвороб тощо

Оптимальна комбінація всіх цих факторів є підставою для отримання максимальних урожаїв. Ці фактори є змінними величинами, залежно від координат відповідної елементарної ділянки поля. Тому необхідно застосовувати технології змінних норм внесення мінеральних добрив, насіння, пестицидів тощо, тобто робити керований перерозподіл технологічного матеріалу і в залежності від потреби певних ділянок поля. Вирішення цих питань є одним із завдань системи точного землеробства, яка дозволяє збирати інформацію, аналізувати її і проводити синтез механізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Сучасний парк машин для внесення мінеральних добрив має великий асортимент, до якого входять як машини українського виробництва, так і машини іноземних виробників. Всі машини, за способом внесення

мінеральних добрив, поділяються на машини для основного (під глибоку оранку, або передсівбою) та локального (одночасно з сівбою, або під час вегетації рослин) внесення. Цей комплекс машин з часом розвивається, видозмінюється і удосконалюється згідно з вимогами агротехніки щодо способів внесення мінеральних добрив у ґрунт, а також із зміною видів і асортименту мінеральних добрив. Агротехнічна ефективність застосування добрив у значній мірі залежить від досконалості конструкції цих машин. Взаємозв'язок комплексу машин для внесення мінеральних добрив з способами та технікою, наведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Комплекс машин для внесення твердих мінеральних добрив.

Способи внесення	Техніка внесення	Застосовувані машини
Основний і передпосівний	Рівномірний розподіл по поверхні поля з наступним загортанням у ґрунт плугом чи культиватором	Розподільники мінеральних добрив
Припосівний	Внесення в рядки чи лунки (під насіння, збоку чи разом з насінням)	Комбіновані сівалки і саджалки
Підживлення	Внесення у зону кореневої системи рослини	Культиватори-рослинопідживлювачі

До розподільників мінеральних добрив ставляться такі агротехнічні вимоги:

- 1) Добрива повинні розподілятися по поверхні поля чи в ґрунті, з такою рівномірністю, щоб кожна рослина мала однакові умови живлення.
- 2) Машини повинні мати зручне і надійне регулювання норми внесення добрив, в межах заданих агротехнікою.
- 3) Встановлена на задану норму машина повинна зберігати рівномірність і сталість внесення добрив, не зважаючи на поштовхи і

струшування та схили місцевості.

4) Робочі органи машини не повинні м'яти чи ущільнювати добрива, а також забиватися і залипати ними.

5) Будова робочих органів машин має бути такою, щоб їх можна було легко очистити від решток добрив після закінчення роботи в полі.

6) Машини повинні бути достатньо універсальними, щоб мати можливість застосовувати їх для внесення різних компонентів добрив і при будь-якому способі їх внесення.

7) Машини повинні мати надійні захисні пристосування, щоб добрива не потрапляли в дихальні органи робітників, які обслуговують агрегат.

8) Робочі і службові органи машин не повинні деформуватися чи ржавіти від контакту з хімічно-активними добривами.

Як видно із пункту 1 агротехнічних вимог - мінеральні добрива повинні вноситись в ґрунт таким чином, щоб рослини по всій площі поля отримували однакову кількість поживних елементів, що приводить до стабілізації та підвищення рівня якісного і кількісного показників очікуваного урожаю. Застосовуючи класичні сільськогосподарські машини зі сталими нормами

внесення мінеральних добрив, враховуючи те, що певні ділянки поля мають різний вміст поживних елементів, створити однакові умови росту та розвитку для всіх рослин по площі поля - неможливо. Отже в самих агротехнічних вимогах закладена необхідність диференційованого внесення мінеральних добрив відповідно до потреб певних ділянок поля.

Розглянемо сучасний парк машин для внесення мінеральних добрив та акцентуємо увагу на їх зразках найбільш придатних до місцевизначеного менеджменту.

1.1. Машини для основного внесення мінеральних добрив

Принципово важливо виконувати операції ЗНВ ТМ з високою просторовою точністю і заданими режимами дозування. Слід зазначити, що

на сьогодні питання теорії та практики внесення ЗНВ ТМ з субметровою точністю реалізації, задачі розрахунку оптимальних регуляторів дозуючих систем машин-реалізаторів, проблеми керування щільністю розподілу ТМ по ширині захвату машини тощо, розроблені вкрай недостатньо.

За конструкцією робочого органу сучасні розподільники поділяють на дискові, штангові та комбіновані.

Досить широкого використання в сільському господарстві набули розподільники з дисковими робочими органами. Основними причинами

широкого застосування таких робочих органів є простота конструкції, низька

питома металоємність, висока продуктивність та надійність технологічного процесу - фактори, що необхідні для організації та ведення СТЗ.

Технологічний процес підготовки і внесення добрив залежить від виду добрив і способу їх внесення. Фізико-механічні властивості добрив, наприклад, сипкість, гігроскопічність, злежуваність та здатність до розпорошення, визначають режим роботи машин.

Що більш сипкі добрива, то більш якісно й рівномірно їх буде внесено, більш надійно працюватиме при цьому машина. Відтак необхідно

дотримуватися певних правил, спрямованих на ефективне й раціональне

використання добрив, усунення втрат, рівномірний розподіл добрив, збереження ними фізико-механічних властивостей тощо.

Рівномірність внесення добрив залежить також від рельєфу поля, погодних умов, машин, що використовують для розкидання добрив,

правильно визначеної відстані між проходами агрегату, дотримання технологічних правил. Наприклад, для внесення сухих мінеральних добрив,

які розсіюються на поверхню ґрунту, під час руху машини перпендикулярно до напрямку вітру за швидкості його понад 3-4 м/с встановлюють

вітрозахисні пристрої або застосовують спеціальні системи керування

рівномірністю внесення технологічного матеріалу.

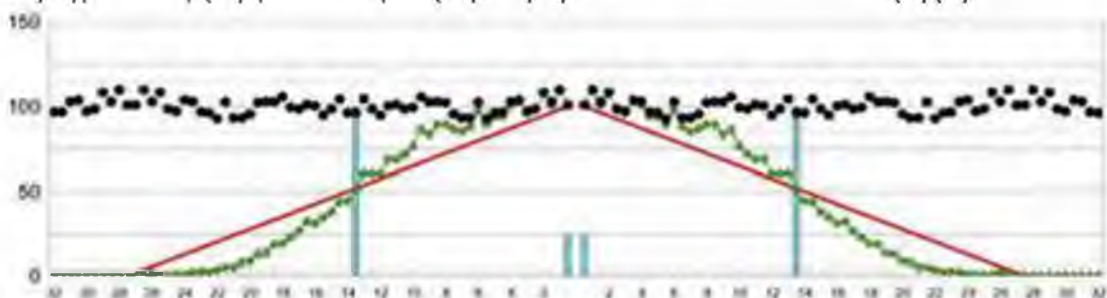
Система СДА (коаксіального регулювання розподілу), яка встановлюється на дискових розподільниках KUHN AXIS 50.2 H-EMC-W, є унікальною завдяки двом продуманим рішенням:

- 1) зміна точки скидання добрив за рахунок поворотної основи бункера забезпечує швидку адаптацію до різних препаратів і ширині захоплення;
- 2) спеціальна конструкція дозуючих засліпок, розташованих близько до центру диска, дозволяє регулювати подачу добрива на доплатки, забезпечуючи постійний потік добрива і рівномірний розподіл.



Рис.1.1. Дисковий розподільник KUHN AXIS 50.2 H-EMC-W у роботі.

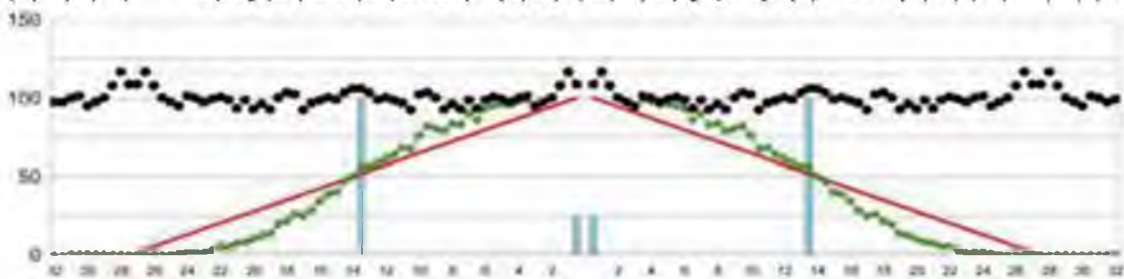
Завдяки системі СДА розподіл виходить дуже рівномірним і точним, з широкими зонами перекриття і дуже низьким коефіцієнтом варіації. Зміна норми внесення або швидкості не має ніякого впливу на розподіл добрива, що видно на діаграмах рис. 1.2.



Норма внесення 150 кг/га, коеф. вар. 6,76%



Норма внесення 350 кг/га, коеф. вар. 4,46%



Норма внесення 1150 кг/га, коеф. вар. 5,39%

Рис. 1.2. Діаграми роботи системи SDA (коаксіального регулювання розподілу).

Система Telimat (рис. 1.3) - це дефлектор, який використовується, щоб запобігти втраті добрив і забрудненню довкілля. Положення дефлектора Telimat регулюється з кабіни енергетичного засобу для ефективного запобігання розподілу матеріалу на краю поля. Telimat характеризується своєю подвійною установкою: позиціонування і орієнтація дефлектора відповідно до робочої ширини і типу добрив із зміною траєкторії падіння гранул.

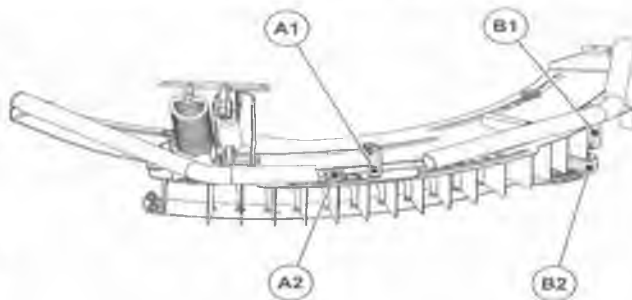


Рис. 1.3. Система Telimat від компанії KUHN

A1 - фіксуюча гайка для буквенної шкали; A2 - буквенна шкала для приблизного налаштування; B1 - фіксуюча гайка для числової шкали; B2 - числова шкала для точного налаштування.

Технологія ЕМС (електронне дозування) (рис.1.4) відрізняється точністю дозування добрив на кожному диску / Відсутність ризику засмічення вихідного отвору: у разі зміни об'єму потоку на виході система електронного дозування (ЕМС) автоматично коригує відкриття отвору для забезпечення належної витрати добрив.



Рис.1.4. Робота системи ЕМС.

Індивідуальне регулювання витрати добрив для кожного дозуючого отвору: з перших метрів роботи система електронного дозування (ЕМС) безперервно контролює і коригує ступінь відкриття отвору для забезпечення максимальної точності.

На нових моделях М диски починають рухатися від валу відбору потужності, що обертається зі швидкістю 540 об/хв. Всі вали і кутові передачі працюють у масляних ваннах для мінімізації необхідного техобслуговування.

Система OPTIPoint (рис.1.5) розраховує ступінь відкриття та моменти закриття кожного вихідного отвору залежно від робочої ширини для будь-якого типу добрива, незалежно від форми, розміру та щільності гранул.



Рис.1.5. Якісний розподіл добрив на прикінцевих ділянках поля - система OPTIPoint.

На прикінцевих ділянках поля система VARISPREAD (рис.1.6) автоматично відчиняє та зачиняє вихідні отвори у найбільш сприятливий момент, розрахований системою OPTICINT.



Рис.1.6.Ефективна обробка ділянок неправильної форми - система

VARISPREAD.

Система VARISPREAD:

- автоматично регулює робочу ширину на ділянках неправильної форми;
- підтримує належну ефективність розкидування;
- забезпечує належні витрати добрив за рахунок регулювання ступеня відкривання вихідного отвору.



Рис.1.7. Система контролю потоку DFC.

Система контролю потоку DFC дозволяє без перешкод задавати та при необхідності швидко змінювати норму внесення. При зміні потоку ви пропорційно змінюєте норму внесення. Наприклад, збільшуючи норму розкидання на 10% ви також відкриваєте вихідне вікно на 10%.

По новому оптимізованій навісній розподільник добрив Amazone серії ZA-M profi (рис 1.8) обумовлює високу продуктивність внесення технологічного матеріалу.



Рис 1.8. Розподільник добрив відцентровий ZA-M profi.

Найважливішими додатковими функціями дводискового розкидача мінеральних добрив AMAZONE ZA-M profiS є точне зважування і регулювання норми внесення залежно від швидкості і за допомогою бортового комп'ютера AMATRON + Пристрій для зважування надає фермеру або підприємцю можливість контролю вже внесеної та залишкової кількості добрив в розкидачі. Точне керування нормою внесення веде до рівномірного розподілу добрив і одночасно до підвищення ефективності використання добрив. ZA-M profi має основний контейнер об'ємом 1500 літрів, місткість якого, завдяки насадкам, можна збільшити до 2500 літрів. Він розрахований для технологічної колі від 10 до 36 метрів. ZA-M profi серійно оснащується Tronic - пакетом, але може оснащуватися і більш зручним Comfort - пакетом (що включає додаткове управління гідравлікою) або Hudio - пакетом (гідравлічний привід дисків розкидання і перемішувальних сегментів). Розподіляючі диски Omniaset OM для максимальної точності диски Omniaset оснащені поворотними розподільними лопатями, що підвищує точність розподілу добрива. Чітка зручна шкала дозволяє легко і точно перенастроювати розподільні лопаті. Додатковий інструмент при цьому не знадобиться. Для всіх типів добрив, посівних

матеріалів і засобів від радників компанія AMAZONE пропонує таблиці норм внесення.



Рис. 1.9. Розподільний диск Omniaset OM.

Розподіляючі диски Omniaset OM повністю виготовлені з легованої сталі і легко вмонтовуються. Для виробництва високоякісного зерна доцільне пізнє внесення добрив. З розподільними дисками фірми AMAZONE цей агрометод дуже просто реалізується шляхом відкидання догори серійних поворотних пластин на розподільних лопатях.

Таблиця.1.2

Максимальна ширина розподілення ТМ по поверхні поля в залежності від виду добрив.

Маркування розподільника	Вапняно-аміачна селітра (KAS)	Калійне добриво (Kali)	Сечовина гранульована	Сечовина прилірована
ZA-M OM 24-36	36м	36м	32м	30м
ZA-M Ultra OM 24-48	52м	40м	40м	36м

Просте налаштування норми внесення здійснюється без використання інструментів. За даними таблиці норм внесення добрив заздалегідь задаються

норма внесення і ширина захвату. Шкали з широким діапазоном (рис.1.10) допомагають точно встановити дозуючі заслінки на потрібну норму.



Рис.1.10. Шкала встановлення заданої норми

Для точного розподілу та рівномірного внесення по всій ширині захвату мінеральні добрива вимагають особливо дбайливого ставлення - з гранулами, пошкодженими в самому розподільнику, надійного розподілу вже не буде.

Частиною системи AMAZONE SBS – Soft Ballistic System (рис.1.11) є перемішувальні елементи, форма яких забезпечує рівномірний пошаровий відбір гранул з бункера. Воронкоподібного ефекту в центрі бункера не створюється.

Надходження гранул безпосередньо на центр розподільного диска досить сприятливий, адже кутова швидкість дисків у цьому секторі дуже мала. При частоті обертання дисків 720 об / хв система AMAZONE Soft Ballistic System забезпечує плавний відцентровий розтіг гранул. Навіть ті добрива, гранули яких досить крихкі, зберігають стабільну розсіюваність. За допомогою AMAZONE Soft Ballistic System гранулам добрива надається енергії не більше, ніж необхідно для оптимальної траєкторії викиду і точного розподілу.

Автоматична система документування для кожного поля (ASD) пропонує орієнтований на клієнта інформаційний концепт доступний для всіх виробників, дозволяючий обмінюватися інформацією між бортовим

комп'ютером АMatron+ або АMAdos+ і електронною картотекою.

Використовуваний інтерфейс відкритий і доступний для інших виробників

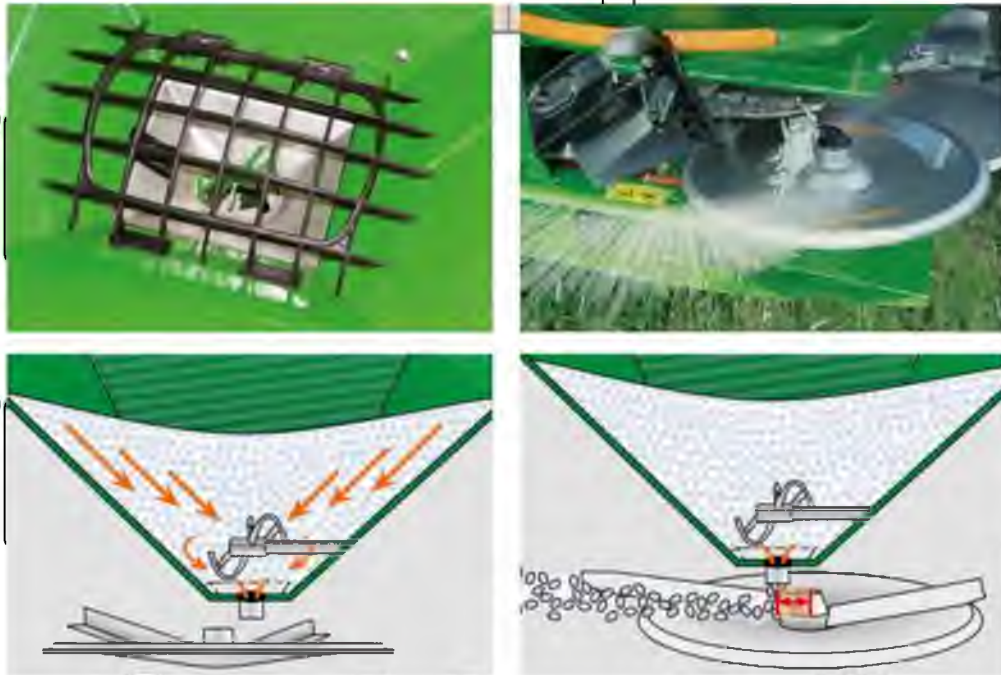


Рис.1.11. Система SBS – Soft-Ballistic System.

1.2. Машини для локального внесення мінеральних добрив

Локальне внесення добрив, порівняно з розкидним, збільшує їх ефективність, при цьому врожайність зернових зростає, коефіцієнт використання поживних речовин рослинами підвищується.

Добрива які вносяться локально, розміщуються на певній глибині стрічками, гніздами або суцільним горизонтальним екраном. За локального внесення добрива слабо перемішуються з ґрунтом, завдяки чому зменшується взаємодія між ними і перекид елементів живлення у важкодоступні для рослин форми, тому вони тривалий час зберігаються у доступному для рослин стані, що сприяє кращому засвоєнню рослинами.

Зокрема коефіцієнт використання фосфорних добрив за локального внесення в 2-3 рази вищий ніж розкидним. За призначенням локальне внесення добрив може бути основним, припосівним, і підживленням.

Допосівне внесення добрив локальним способом. При основному внесенні добрив їх стрічки розміщують перпендикулярно до майбутнього напрямку розташування рядків культури яку мають вирощувати. Добрива вносять за допомогою культиваторів-рослинонїдживлювачів, агрегатів для внесення аміаку рідкого і безводного. При внесенні основного удобрення стрічкою глибина зароблення добрив на Поліссі і в Лісостепу має становити 10-12см, а в Степу -12-15 см. Інтервали між стрічками при внесенні основного удобрення під культури суцільного сіву становить 12-17см, а під просапні 20-30см. Локальне внесення добрив суцільними гранулами проводять плоскорізами-удобрювачами на глибину 12-16см.

Локальне рядкове внесення. Його здійснюють одночасно з посівом або посадкою польових або овочевих культур безпосередньо в рядки з насінням. Добриво яке застосовується при посіві повинне добре розчинятись і бути легкозасвоюваним.

Припосівне стрічкове внесення. Цей прийом дозволяє розміщувати добрива на оптимальних і чітко витриманих відстанях від рядків насіння. Знижує нерівномірність їх роз приділення. Стрічки добрив розміщ. нижче і збоку від рядків насіння. Тому добрива з насінням контактують, вони розділені прошрком ґрунту. Припосівне стрічкове удобрення може замінити основне якщо вносити його велику дозу.

У сівалки **Tempo L 16** (рис. 1.24) поєднані нові підходи до конструювання конструкційних рішень та інформаційних технологій – одна з найбільших у типорозмірному ряді 4-, 6-, 8-, 12-, 16- та 18-рядкових сівалок для технічних культур від компанії **Vaderstad**. Вона призначена для точного висіву насіння кукурудзи, соняшнику, сої та сорго з фіксованим міжряддям 700, 750, 762 мм залежно від технології, яку використовують у господарстві, з одночасним внесенням мінеральних добрив.

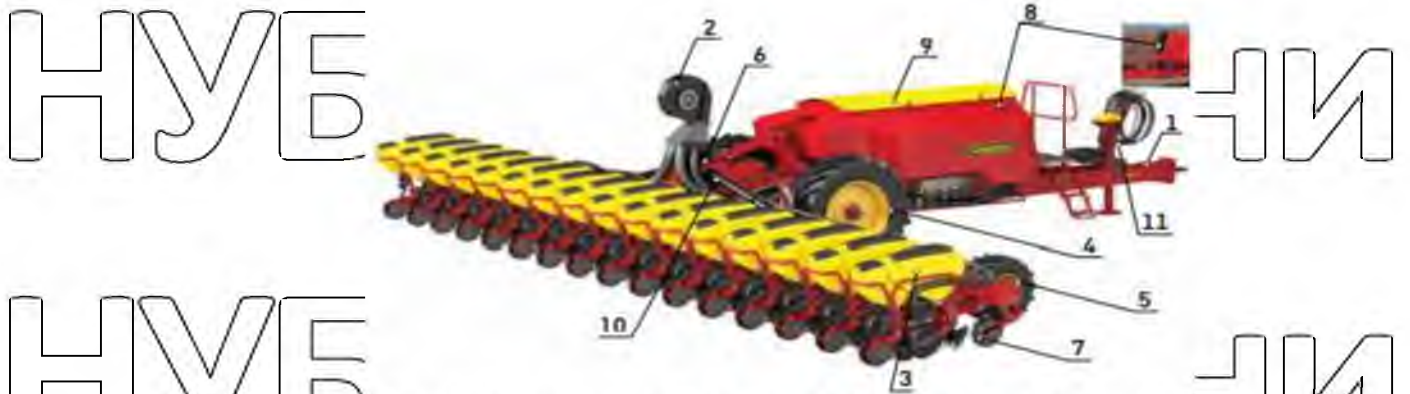


Рис. 1.24. Загальний вигляд сівалки Tempo L 16: 1 – рама; 2 – вентилятор для насіння; 3 – висівна секція; 4 – транспортне колесо; 5 –

опорне колесо бічної секції рами; 6 – генератор; 7 – сошник висіву добрив; 8 – вентилятор для добрив; 9 – бункер для добрив; 10 – гідроциліндр; 11 – рукави високого тиску.

Конструкційно сівалка складається з таких вузлів: рами у вигляді поздовжньої і поперечної балок, вентилятора системи дозування насіння, висівних секцій, транспортних коліс, опорних коліс бічних крил, генератора, сошників висіву добрив, вентилятора системи внесення добрив, бункера із системою внесення мінеральних добрив. Крім того, в конструкцію входить

низка систем – гідравлічна, пневматична, автоматизації та контролю технологічного процесу. Усі висівні механізми для насіння і добрив обладнано електродвигунами споживаною напругою струму 12 V, для чого сівалку оснащено генератором та акумулятором. Використання

електроприводу у висівному механізмі підвищує точність і стабільність процесу сівби, позаяк забезпечує сталість обертів, тоді як механічні передачі завдяки переміщенням сошника призводять до нерівномірності обертів, що може в 1,5-2 рази змінювати інтервал між насінинами. Базовий елемент сівалки – висівна секція з додатковим обладнанням (пристроєм для внесення мікрогрануляту) – зображено на рис. 1.25. Висівні секції у кількості 16 шт.

кріпляться на поперечну балку через паралелограмний механізм із можливістю регулювання притискового зусилля. Збільшення останнього параметра до 150 кгс можна домогтися максимального тиску висівної секції

на рівні 325 кгс. Цим забезпечується можливість адаптації до різних систем обробітку ґрунту.

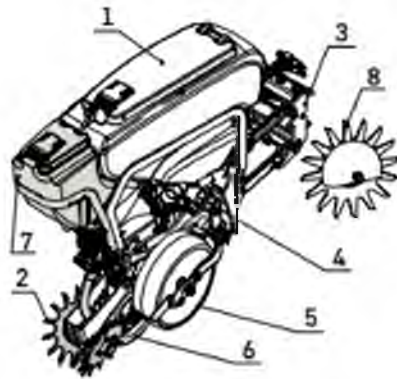


Рис.1.25. Загальний вигляд висівної секції сівалки Tera L 16: 1 – насінневий бункер, 2 – загортаючі колеса, 3 – паралелограмна підвіска, 4 – дозатор насіння, 5 – копіювальне колесо, 6 – коткуювальне колесо, 7 – пристрій для внесення мікрогрануляту, 8 – очисник рядів.

Внесення мінеральних добрив здійснюється пневматично. Дозувальна колушка подає добрива в ежектор, де створюється розрідження повітря. Далі добрива підхоплюються повітряним потоком і транспортуються до еошника, який обладнано копіювальним колесом, зміною висоти встановлення якого регулюється глибина їх внесення. Технічну характеристику сівалки подано в таблиці 1.3.

Бункер мінеральних добрив – застосування великого об'єму гармонізованого за часом спустошення з місткістю насінневих бункерів; мінімізація його висоти, збільшення завантажувального отвору для спрощення та оперативності заповнення; конструкційне сприяння рівномірному самопливному розподілу добрив по внутрішньому об'єму; використання швидкодіючих шнуровик застібок вологозакисного ґенту; система водіння – застосування GPS навігації для забезпечення прямолінійності руху та ширини стикових міжрядь без огріхів, можливості цілодобової роботи, за умови нівелювання суб'єктивного впливу оператора на продуктивність.

Таблиця.1.3.

Технічна характеристика сівалки Tempo L 16

Показник	Значення показника
Кількість висівних секцій, шт.	16
Ширина міжрядь, мм	750
Об'єм бункера для добрив, л	5000
Об'єм бункера для насіння, л	100
Об'єм бункера для мікрогрануляту, л	30
Габарити в робочому положенні, мм	
• довжина	8650
• ширина	12000
• висота	2550
Конструкційна ширина, мм	11750
Загальна маса сівалки, кг	8500

Таким чином, відмінності в техніці локального внесення добрив характеризуються багатьма ознаками. На підставі аналізу технологій та способів внесення мінеральних добрив за даними наукових установ встановлено, що локальне внесення добрив, порівняно з розкидним, збільшує їх ефективність до 25% і більше. При цьому врожайність зернових зростає на 1,2-5 ц/га, коефіцієнт використання поживних речовин рослинами підвищується на 7-13%. Цими можливостями наділені сучасні пневматичні аплікатори мінеральних добрив, в яких технологічний матеріал до місця внесення переміщується по закритих каналах.

Аплікатор FH2200 для локального внесення добрив агрегується з культиваторами TopDown моделей TD300, TD400, TD500, TD600, TD700 та культиваторами Orus моделей OS400, OS500, OS600, OS700. Культиватори TopDown (рис. 1.26) та Orus в процесі обробки ґрунту здатні одночасно вносити сухі мінеральні добрива за один прохід за допомогою аплікатора для добрив FH2200, який навішується на передню навіску трактора, власного дозуючого пристрою Fenix III з вентилятором, розподільчої головки та сопел, закріплених за кожною стойкою розпувальної папи.



Рис. 1.26 Культиватор TopDown з аплікатором FH2200

Агрегат здатен забезпечити локальне внесення твердих мінеральних добрив одночасно з передпосівним або основним обробітком ґрунту. Така потреба виникає у зв'язку з підвищенням ціни на мінеральні добрива та внаслідок зміни погодних умов, які спостерігаються останні 10-15 років в більшості регіонів України. Кожен аграрій хоче максимально використати поживні елементи з добрив, що вносяться перед або одночасно з висівом вирощуваних культур. Основна задача полягає у тому, щоб підвищити коефіцієнт окупності кожного кілограма внесених добрив і до мінімуму скоротити втрату поживних елементів через вивітрювання або вимивання. Зазвичай наявні засоби внесення добрив не в повній мірі реалізують вищезазначені вимоги. Добрива або просто вносять спеціальним розподільником перед культивуванням, дискуванням, оранкою, або одночасно з висівом культури. Проте в більшості випадків поживні речовини в оброблюваному шарі не завжди добре розподіляються для оптимального засвоєння їх рослинами. В залежності від біологічних особливостей культур їх коренева система добре засвоює елементи живлення з ґрунту лише за наявності достатньої кількості води та кисню, оптимального середовища. Протягом більшого періоду вегетації такі умови зберігаються у шарі від 8 см до 25 см. Тут слід враховувати кліматичні особливості та властивості кореневої системи вирощуваних культур. Технологію оптимізованого внесення добрив уже успішно використовують українські аграрії. Перевагою нового пристрою полягає у тому, що аплікатор можна встановлювати і на нові культиватори Top Down та Opus, і на попередньо придбані моделі.

Більшість землеробів відмітили, що вони змогли значно знизити робочу напругу під час посівної кампанії, дещо підвищилась продуктивність сівалок, а завдяки скороченню простоїв на завантаження, зменшилась потреба в кількості задіяної техніки на полі. Також було досягнене оптимальне розміщення добрив у ґрунті, в зоні, де протягом вегетації доступна волога, яка допомагає рослинам засвоювати внесені поживні елементи.

Розподільча головка (рис. 1.27) забезпечує рівномірний розподіл посівного матеріалу на кожну висівну трубку по ширині захвату машини.

Разом із високоефективним гідравлічним вентилятором (рис. 1.28) висівна система аплікатора FH 2200 тітко дозує добрива під час внесення. За допомогою зручного пульта управління досить легко налаштувати норму внесення, зупинку і старт висіву, відображення робочої швидкості, оборотів вентилятора, кількості гектарів. Диференційоване внесення добрив можливе при підключенні до навігаційної системи Trimble. За необхідності можна встановити систему контролю висіву Digitroll на кожний задіяний на кожний задіяний туюкпровід.



Рис. 1.27. Розподільча головка аплікатора FH2200.



Рис. 1.28. Вентилятор аплікатора FH2200.



Рис. 1.29. Пульт управління аплікатора FH2200.

На відміну від відцентрових розкидачів штангові машини, класифікуються за принципом дії робочих органів на матеріал, як пневматичні і механічні, добрива транспортуються по трубах, тобто вітрозахистом в поперечному до руху напрямку, за допомогою шнеків, скребкових транспортерів, стрічки або повітряного потоку.

Ширина захвату штангових розподільників завжди однакова. Оскільки перекриття суміжних оброблених смуг штанговими машинами незначне або його взагалі немає (на відміну від відцентрових розподільників), щоб забезпечити якісне внесення мінеральних добрив, необхідна висока точність всідіння агрегату для дотримання ширини захвату. При роботі штангових машин за технологічною колією проблем стикування суміжних проходів не існує.

Крім того, нерівності та нахил рельєфу, вітер, частота обертання колінчастого вала двигуна і інші фактори менше впливають на рівномірність розподілу, ніж у відцентрових дискових машинах.

Пневматичні штангові розподіляють робочі органи мають ті переваги, що мінеральні добрива дозуються за допомогою кулачкових, зубчастих, штифтових і пористих дозаторів, більш точних в порівнянні з шибєрними, що застосовуються на відцентрових розкидачах. Зміною частоти обертання або ширини кулачкових і пористих робочих органів забезпечується точна

установка норми висіву та дозування добрив, завдяки чому забезпечується більш висока якість розподілу туків.

Найбільш типова конструкція пневматичного нафтового розподільця робочого органу встановлена на сівалці СУ-12 (рис. 1.30) з шириною захвату

12 м.



Рис. 1.30. Пневматичний літанговий розподільник твердих мінеральних добрив СУ-12 (Білорусь) з пневматичним розподілом потоку.

Висівна розподільна система з пневматичним поділом потоку включає дозуючий апарат котушкового типу розташований в нижній частині бункера і розподільний пристрій. Останній складається з каналів-трубопроводів з ділильної головкою і пневматичного

транспортера. Пневматичний транспортер складається з відцентрового вентилятора, трубопроводу, ежектора для введення добрив в трубопровід.

1.3. Обґрунтування доцільності підвищення роздільної здатності розподільника мінеральних добрив.

В сучасних умовах особливістю проведення польових робіт є прагнення мінімізації "хімічного" тиску на оточуюче та робоче середовище, а також відповідність економічним вимогам виробництва сільськогосподарської продукції.

При розробці інтегрованих або точніше біоценотичних (екологічних) систем особливої уваги заслуговує обґрунтування ролі і місця в них процесу застосування агрохімікатів та об'єктивна оцінка впливу цього процесу на

якість та собівартість продукції рослинництва. Як свідчать літературні джерела, в ряді випадків без застосування пестицидів і внесення мінеральних добрив в сучасних умовах практично не можливо отримати оптимальний урожай сільськогосподарських культур. Більше того, хімічний метод досить

часто грає домінуючу роль в збереженні якості сільськогосподарської продукції, зокрема зерна і особливо кондицій сильної, цінної та твердої пшениці. При цьому, як свідчить практика, небезпека від хімічних засобів захисту рослин і внесення мінеральних добрив як для навколишнього

природного середовища, так і людини, як правило лежить в "необґрунтованому" застосуванні цих препаратів.

Одним із шляхів оптимізації застосування мінеральних добрив є обґрунтування локального їх застосування до площі елементарних ділянок поля, що підлягають менеджменту і рівня змінних норм внесення.

Незважаючи на те, що в літературних джерелах зустрічається досить багато інформації щодо локального внесення мінеральних добрив, в методичному відношенні цей напрям розвинутий недостатньо. Зокрема, це відноситься до моніторингової системи, яка, як відомо, служить базисом для розрахунку заданих змінних норм внесення ТМ. Так, наприклад, відомо, що

польові місцевизначені параметри варіюють по всій площі поля і знаходяться в складному взаємозв'язку між собою та діючими факторами з боку оточуючого середовища.

Незалежно від напрямку руху МТА, ступінь варіювання місцевизначених параметрів знаходиться на однаковому рівні як по напрямку лінії гону, так і по ширині захвату машини. Це обумовлює необхідність керування нормою внесення ТМ як у напрямку руху МТА, так і в поперечному напрямку. Цей факт і набуває важливості для широкозахватних машин, наприклад, для розподільників добрив, зернових сівалок, обприскувачів теще з шириною захвату 20 м і більше.

Кращі результати керування агробіологічним потенціалом сільськогосподарських угідь досягаються на тих ділянках поля, де більша родючість ґрунту і при цьому правильно розраховані та реалізовані норми

внесення поживних речовин. Про це свідчить реалізація картограми рівня внесення мінеральних добрив на частині сільськогосподарського поля

(рис. 1.31). Із рис. 1.32 видно, що площа частини поля має три ділянки з різним рівнем вмісту поживних елементів Q_1 , Q_2 та Q_3 . Розбивши площу частини поля на технологічні проходи машини, очевидно, що в межах

ширини захвату, норма внесення мінеральних добрив має різні показники.

При реалізації даної картограми машиною із змінними нормами внесення технологічного матеріалу лише до напрямку руху агрегату (рис. 1.32) - норма внесення по ширині захвату машини буде сталісі величиною і буде залежати від положення центру машини, де встановлюються елементи системи навігації.

Проведеними дослідженнями на Україні та в світі доведено, що економічна ефективність використання машин із змінними нормами внесення технологічного матеріалу за напрямком переміщення, порівняно із класичними машинами зі сталою нормою внесення, становить 20...25 %.



Рис. 1.31. Картограма частини поля із змінною нормою внесення мінеральних добрив.

Але, реалізована картограма внесення мінеральних добрив такими машинами відповідає запланованій картограмі, зображеній на рис. 1.31 лише на 70%, що суттєво впливає на зниження рівня екологічної чистоти вирощуваної продукції на певних ділянках поля, внаслідок внесення надлишкової кількості мінеральних добрив, та знижує показник очікуваного урожаю на тих ділянках поля, які отримали меншу від потрібної кількість мінеральних добрив.

Крім того, з рис. 1.32 видно, що ділянка поля з рівнем вмісту поживних елементів (Q_3 , залишилася не реалізованою, оскільки її ширина менша за головну ширину захвату машини.

Отже, в аспекті місцевизначеного вирівнювання сільськогосподарського поля за вмістом поживних елементів, з метою отримання високих урожаїв екологічно чистої продукції рослинництва, досить жорстко постає питання підвищення роздільної здатності машин для реалізації технологій змінних норм внесення мінеральних добрив в системі точного землеробства.

технологічні проходи

1 2 3

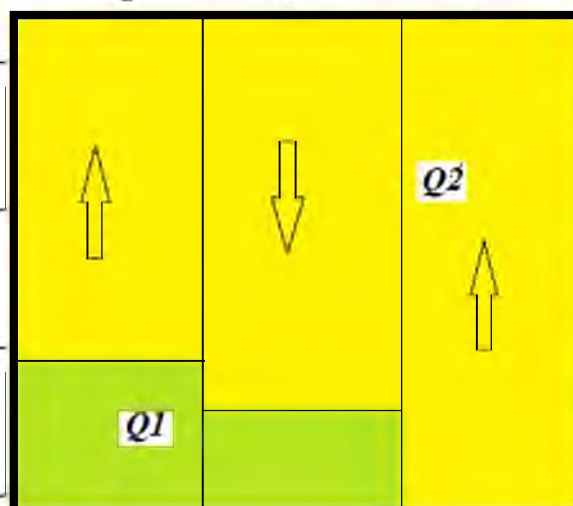


Рис. 1.32. Картограма частини поля після технологічного проходу

машини, із змінними нормами внесення технологічного матеріалу лише по напрямку руху агрегату.

Тому доцільно варіювати нормою внесення мінеральних добрив не лише за напрямком переміщення сільськогосподарської машини, а і по ширині її захвату, тобто реалізувати місцевизначені і перерозподіл мінеральних добрив за технологічними смугами ширини захвату машини.

Ширина технологічної смуги машини повинна відповідати розмірам найменших ділянок поля з різним вмістом поживних елементів, що становить 3..4 м.

Реалізація картограми зображеної на рис. 1.32 машиною із змінними нормами внесення мінеральних добрив за чотирма технологічними смугами ширини захвату, доводить, що отримана егаора перерозподілу мінеральних добрив по площі поля (рис. 1.33), на 95% відповідає запланованій, при цьому кожна ділянка поля отримує потрібну кількість мінеральних добрив як по напрямку руху агрегату, так і по ширині його захвату.

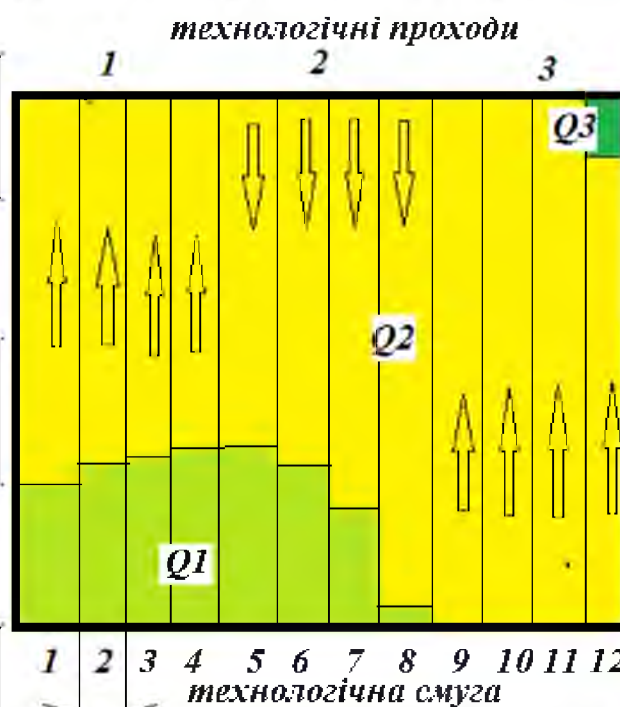


Рис. 1.33. Площа поля після технологічного проходу машини із

змінними нормами внесення технологічного матеріалу за напрямком руху та по ширині захвату агрегату.

Зріст відестка відповідності реалізованої картограми внесення мінеральних добрив за технологічними смугами ширини захвату агрегату до

запланованої - є наслідком підвищення, в даному випадку, в чотири рази, роздільної здатності машини.

Отже, роздільна здатність машин-реалізаторів в системі точного землеробства - це показник точності реалізації заданих планів місцевизначеного перерозподілу технологічних матеріалів. Тому одним із основних завдань системи точного землеробства, являється удосконалення існуючого парку машин для внесення мінеральних добрив, підвищення їх роздільної здатності за рахунок застосування технології змінних норм внесення мінеральних добрив за технологічними смугами ширини захвату

машини. На сьогодні можливо вести мову про виконання технологій ЗНВ на макрорівні. Такий макрорівень характеризується середньою довжиною хвилі зміни впливового фактору (а разом з ним і реакції системи регулювання положенням робочих органів машини на перехідних процесах) на рівні 3-15

м. Отже, якщо розміри площ ділянок поля з однаковими рівнями градацій норми внесення ТМ на порядок більші, ніж вказана довжина хвилі, то робота сільськогосподарської машини, як регулятора норми технологічних внесень, може бути задовільною; в протилежному випадку - помилка виконання завдання може сягати 100 %, що відповідно веде до значних економічних

втрат. В зв'язку з цим необхідно розробляти сільськогосподарські машини для внесення ТМ з високою просторовою точністю доставки ТМ до заданої елементарної ділянки поля. Роздільна здатність (в аспекті варіювання норм внесення ТМ) сучасних машин для внесення ТМ повинна складати близько

3x3 м.

На сьогодні можливо вести мову про виконання технологій ЗНВ на макрорівні. Такий макрорівень характеризується середньою довжиною хвилі зміни впливового фактору (а разом з ним і реакції системи регулювання положенням робочих органів машини на перехідних процесах) на рівні 3-15

м. Отже, якщо розміри площ ділянок поля з однаковими рівнями градацій норми внесення ТМ на порядок більші, ніж вказана довжина хвилі, то робота сільськогосподарської машини, як регулятора норми технологічних внесень,

може буде задовільною; в протилежному випадку - помилка виконання завдання може сягати 100 %, що відповідно веде до значних економічних втрат.

В зв'язку з цим необхідно розробляти сільськогосподарські машини для внесення ТМ з високою просторовою точністю доставки ТМ до заданої

елементарної ділянки поля. Роздільна здатність (в аспекті варіювання норм внесення ТМ) сучасних машин для внесення ТМ повинна складати близько 3х3 м, отже регулювати норму внесення на сучасних машинах, необхідно

здійснювати, як по напрямку переміщення агрегату, так і по ширині його

захвату. Для реалізації цієї задачі найбільш придатними являються пневматичні аплікатори мінеральних добрив, у яких технологічний матеріал до місця внесення транспортується по закритих каналах чим захищений від дії факторів зовнішнього середовища.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОГО ДОЗУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

2.1. Обґрунтування технологічного процесу системи дозування та перерозподілу мінеральних добрив

Вирішення задачі перерозподілу інтенсивності потоку добрив можливо проводити двома принципово різними способами:

шляхом застосування паралельних підсистем регулювання;

шляхом застосування послідовних підсистем регулювання

При застосуванні паралельних підсистем регулювання щільності розподілу ТМ по ширині захвату машини B з N технологічними смугами шириною b (рис. 2.1), використовуються індивідуальні керовані дозатори 1, 2, ..., N на кожен технологічну смугу.

Ширина технологічної смуги b повинна бути менша, ніж ширина захвату машини B . Система керування процесом перерозподілу інтенсивності потоку ТМ при застосуванні паралельних підсистем регулювання і перерозподілу щільності ТМ по довжині гону та ширині захвату машини знаходиться під контролем центральної комп'ютерної системи керування, яка в свою чергу працює під дією ГСП. Сигнал керування для кожного з індивідуальних 1, 2, ..., N дозаторів розраховується центральним комп'ютером і передається по шині інформаційних даних.

В результаті цього, кожний керований дозатор утворює потік ТМ з заданою інтенсивністю λ_N що в свою чергу обумовлює норму внесення ТМ з щільністю λ_N . Таким чином формуються задані (необхідні) норми внесення ТМ по місцевизначеним ділянкам поля.

При застосуванні системи перерозподілу інтенсивності потоку ТМ з послідовними підсистемами регулювання і перерозподілу щільності ТМ по довжині гону та по ширині захвату машини (рис. 2.2), процес

формування заданих норм внесення ТМ по площі поля відбувається подібно до описаного вище з тією відмінністю, що кінцева щільність ЗНВ ТМ формується в результаті роботи спеціалізованого механізму перерозподілу з регульованим подільником двофазної суміші. Подільник двофазної суміші перерозподіляє загальний потік ТМ між технологічними смугами ширини захвату машини.

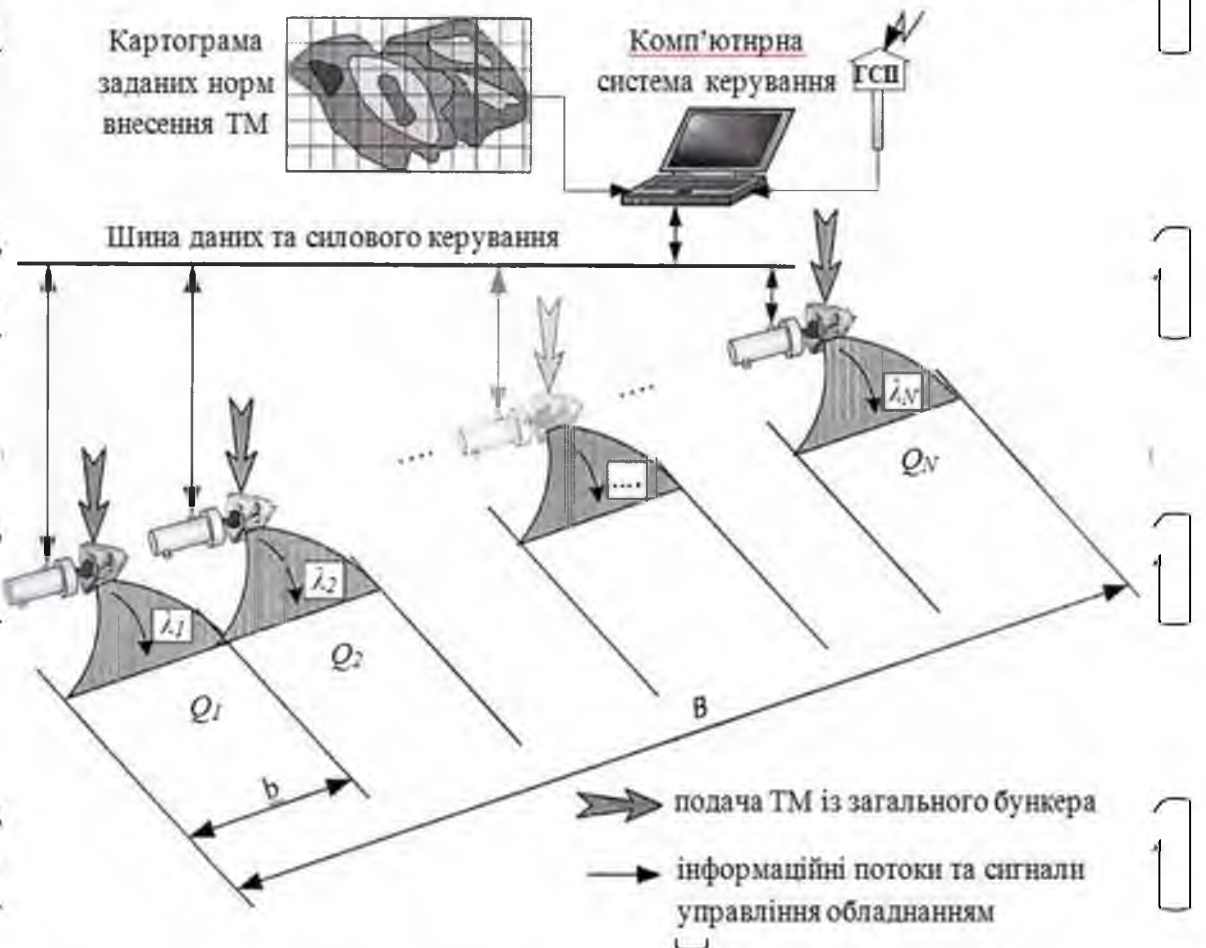


Рис. 2.1. Перерозподіл інтенсивності потоку ТМ при застосуванні паралельних підсистем регулювання і перерозподілу щільності ТМ по довжині гону та ширині захвату машини.

При цьому необхідно проводити керування положенням подільника ділильної головки механізму перерозподілу ТМ (рис. 2.3) в горизонтальній площині з метою виконання заданих планів розподілу ТМ.

Механізм працює наступним чином: згідно сигналу контролера механізм дозування добрив налаштовується на необхідну норму внесення по

всіх технологічних смугах ширини захвату машини в конкретній точці поля, в якій знаходиться МТА.

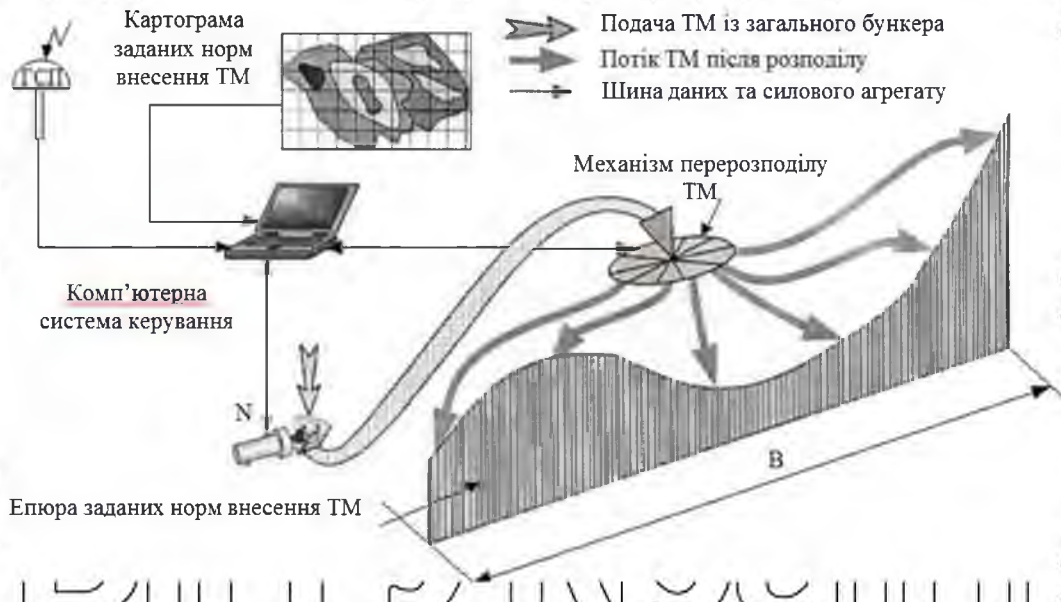


Рис. 2.2. Перерозподіл інтенсивності потоку ТМ при застосуванні послідовних підсистем регулювання і перерозподілу щільності ТМ по довжині гону та ширині захвату машини.

Механізм перерозподілу інтенсивності потоку добрив.

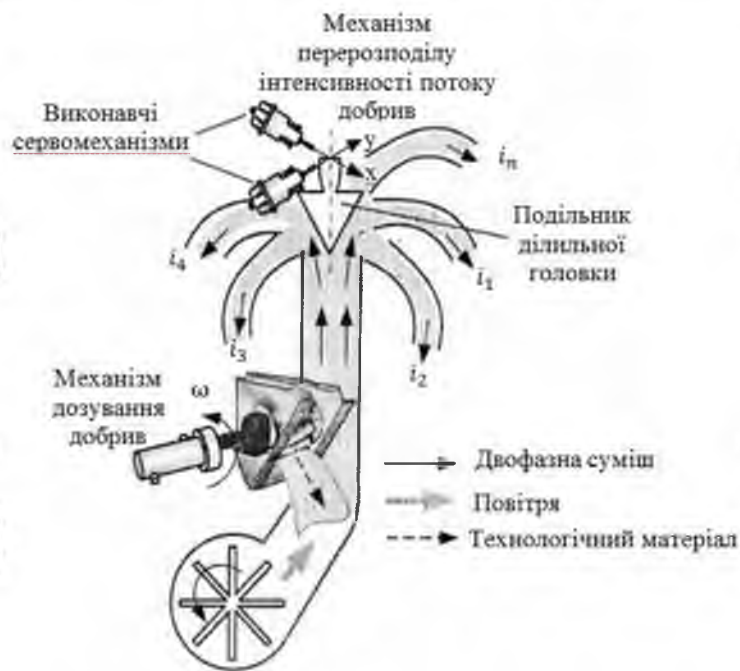


Рис. 2.3. Загальна схема механізму системи дозування та перерозподілу мінеральних добрив по поверхні поля.

Паралельно сигнал від контролера подається на виконавчі сервомеханізми механізму перерозподілу інтенсивності потоку добрив, що виводять подільник ділильної головки у визначене положення, яке відповідає формуванню потрібної щільності ТМ по кожній технологічній смузі ширини захвату машини.

2.2. Аналіз процесу керування центральним дозатором машини

Схема блоку керування центральним дозатором машини виконана по класичній схемі роботи пневматичного дозатора і представлена на рис. 2.4. Керування інтенсивністю потоку двофазної суміші "повітря-частки добрив" відбувається за рахунок роботи механізму дозування добрив. Необхідна частота обертання котушки дозатора забезпечується сервомеханізмом Б. Режим роботи останнього контролюється датчиком зворотного зв'язку та регулятором РШП.

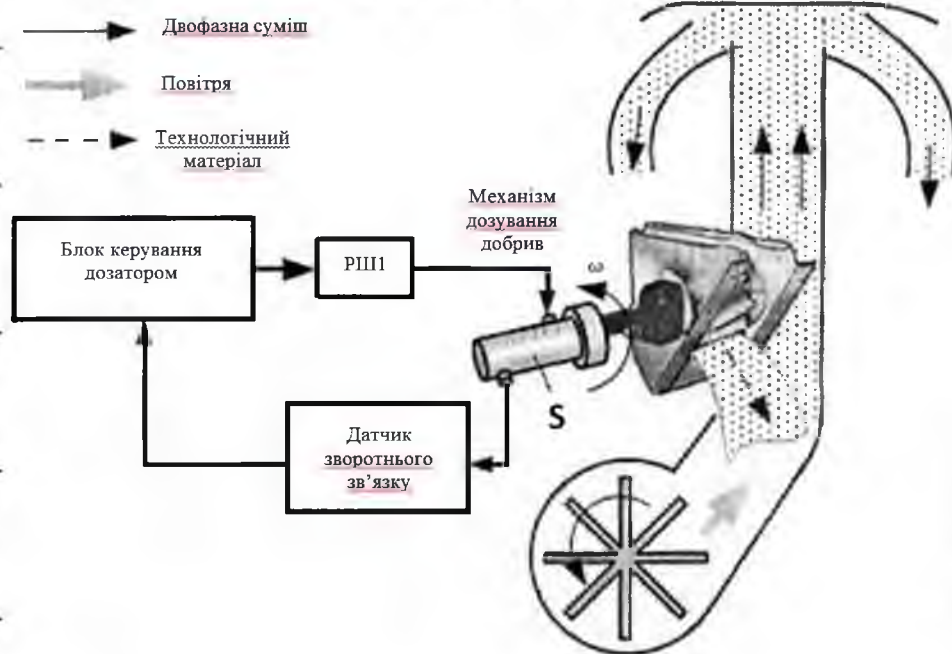


Рис. 2.4. Схема блоку керування центральним дозатором машини.

Розрахунок інтенсивності $\lambda(t)$ загального потоку добрив ведеться за формулою:

(2.1)

$$\lambda(t) = \frac{\delta_3(t) B^2 n R_{st} f_v k_D}{10000 \times n} \text{ кг/га,}$$

де $\delta_3(t)$ норма внесення добрив по електронній картограмі, кг/га;

B - ширина захвату розподільника, м;

R_{st} статичний радіус кочення ведучого колеса трактора, м;

f_v - частота сигналу з датчика швидкості, гц;

n - характеристичне число датчика швидкості;

k_D - коефіцієнт, що залежить від типу добрив.

Інтенсивність $\lambda(t)$ потоку ТМ є функцією координат місцезнаходження

МГА в полі, а щільність розподілу ТМ по площі поля залежить, також, і від координат конкретної точки поля по ширині захвату МГА.

Розглянемо фрагмент поля, локальні координати осі якого розташовані

до осей світових координат широти та довготи під кутом β , з сіткою, що має

розмір комірки 1x1 метр і по якому рухається розподільник мінеральних

добрив (рис.2.5) з шириною захвату $B = 12$ метрів. Розподільник добрив в

кожний конкретний момент роботи повинен виконувати реалізацію

картограми заданих норм внесення ТМ. Наприклад, на момент часу, що

зафіксований рис. 2.5, необхідно по першій технологічній смузі реалізувати

внесення добрив з нормою $\delta_{3_1}(t)$, по другій - з нормою $\delta_{3_2}(t)$, а по третій та

четвертій смугах - з нормою

$\delta_{3_3}(t)$. Тоді задана норма внесення добрив $\delta_3(t)$, що входить до рівняння

(2.1) буде визначатися виразом:

$$\delta_3(t) = \delta_{3_1}(t) + \delta_{3_2}(t) + 2\delta_{3_3}(t) \quad (2.2)$$

По заданій нормі внесення добрив $\delta_3(t)$ розраховується інтенсивність

$\lambda(t)$ загального потоку добрив, яку надалі треба перерозподілити таким чином,

щоб після проходження машини були сформовані задані норми $\delta_{3_1}(t)$; $\delta_{3_2}(t)$; $\delta_{3_3}(t)$

При вирішенні задачі перерозподілу інтенсивності потоку ТМ по

технологічних смугах будемо виходити з положення:

НУБІП України

$$\int_0^T \lambda(t) dt = \sum_{i=0}^N \int_0^T \lambda_i(t) dt, \quad (2.3)$$

де T - час виконання технологічного проходу;

N - кількість технологічних смуг.

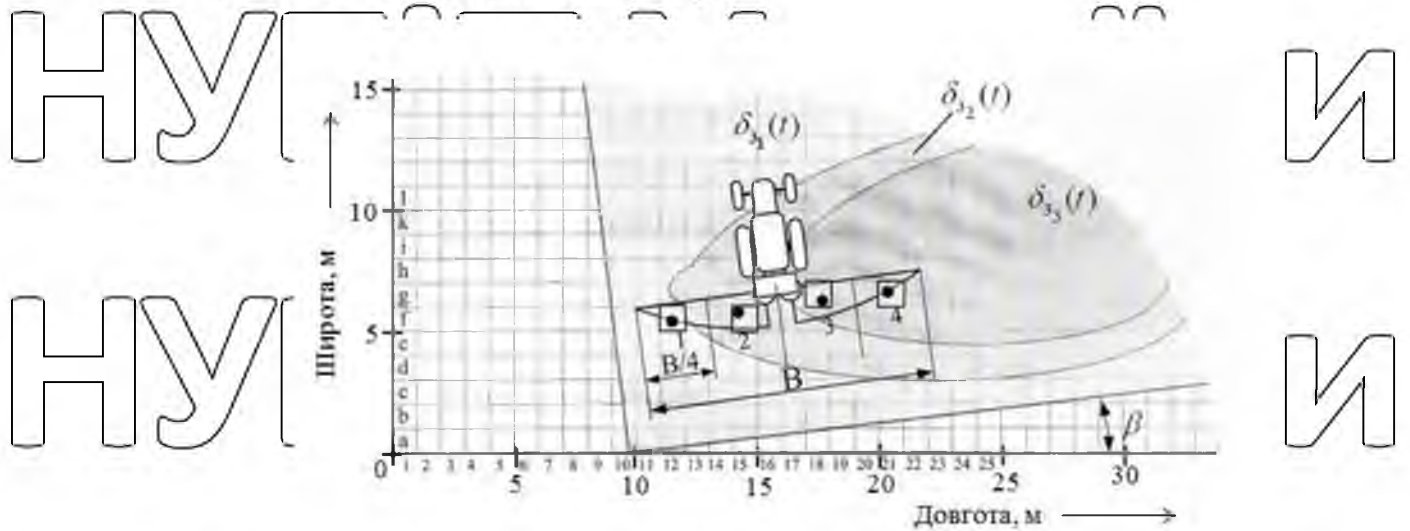


Рис. 2.5. Фрагмент поля з сіткою з розміром комірки 1х1 м.

Для обраного прикладу розподільник працює за схемою з 4-ма технологічними смугами, кожна з яких дорівнює $B/4$.

Статистичний аналіз рівня варіювання місцевизначених параметрів [2 сільськогосподарських угідь, що накопичені під час проведення лабораторно-польових досліджень на полях Черкаської, Чернігівської та Київської областей і [10] за період 2010-2018 років свідчить, що обмежувальна лінія епюри заданих норм внесення ТМ по ширині захвату машини має не більше двох точок в яких похідна дорівнює нулю. Така постановка задачі передбачає наявність лінійної залежності між положенням в горизонтальній площині подільника дільної головки механізму перерозподілу ТМ та інтенсивністю потоків ТМ по окремих висівних каналах. При вирішенні задачі перерозподілу ТМ по ширині захвату машини з схемою послідовного включення дозуючих перерозподілюючих систем для випадку чотирьох висівних каналів (рис. 2.6) можемо записати:

$$\begin{cases} \lambda_1(x_k - x) = \lambda_3(x_0 + x), \\ \lambda_2(y_k - y) = \lambda_4(y_0 + y), \end{cases}$$

де $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ - інтенсивність потоку ТМ по кожному з чотирьох висівних каналів; (2.4)

x_0, x, x_k - початкова, поточна та кінцева координати центру подільника

дільної головки вздовж вісі X ;

y_0, y, y_k - початкова, поточна та кінцева координати центру подільника

дільної головки вздовж вісі Y ;

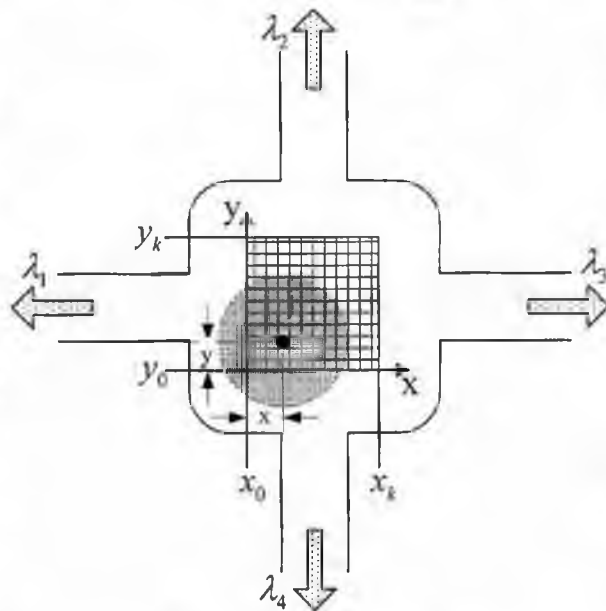


Рис. 2.6. Дільна головка з чотирма висівними каналами.

З (2.4) маємо:

$$\begin{cases} x = \frac{x_k \lambda_1 - x_0 \lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_3} \\ y = \frac{y_k \lambda_2 - y_0 \lambda_4}{\lambda_2 + \lambda_4} \end{cases} \quad (2.5)$$

Знаючи визначених координат, по виразу (2.5), положення подільника дільної головки в горизонтальній площині дозволяє однозначно вирішувати задачу формування заданих ЗНВ ТМ. Вирази (2.1, 2.2, 2.5) дають можливість скласти математичну модель процесу функціонування системи формування заданої щільності розподілу ТМ для розподільника мінеральних добрив.

2.3 Аналіз узагальненої схеми керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив

Бортний комп'ютер, блок керування дозатором, блок формування алгоритму перерозподілу інтенсивностей потоків ТМ по ширині захвату машини, механізм керування центральним дозатором розподільника та блок виконавчого механізму перерозподілу загального потоку двофазної суміші "гранули-повітря" на окремі технологічні потоки змінної інтенсивності взаємодіють між собою у відповідності до схеми на рис. 2.7.

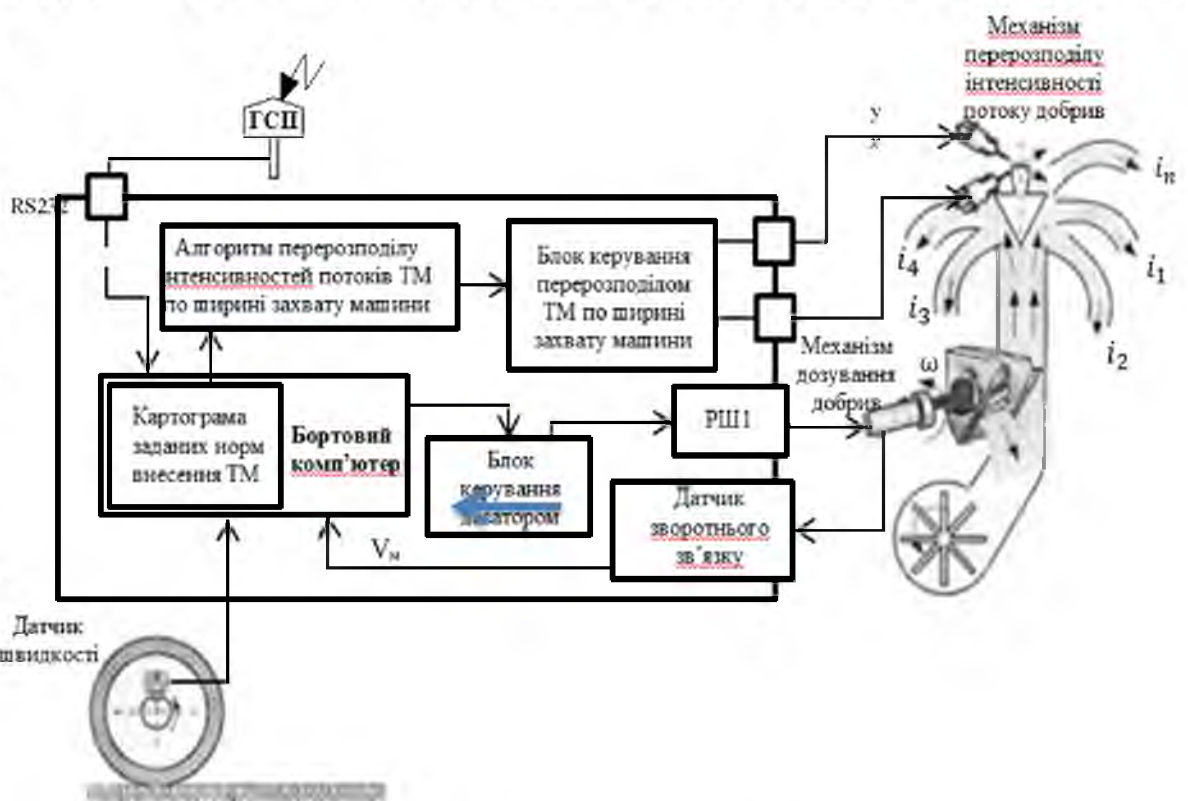


Рис. 2.7. Блок-схема формування заданих норм внесення добрив

Обладнання для формування технологічних потоків добрив змінної інтенсивності з можливістю перерозподілу ТМ по ширині захвату машини складається з бортового комп'ютера, приймача сигналів ГСП, датчика швидкості, блоку керування перерозподілом ТМ по ширині захвату машини, блока керування центральним дозатором добрив.

Приймач сигналів ГСП в автоматичному режимі передає на бортовий комп'ютер інформацію про місцезнаходження МТА в полі. Від сенсорів місцевизначених параметрів ґрунту надходить інформація для формування компенсаційного сигналу, а від датчика швидкості - інформація про швидкість руху МТА. При наявності цієї інформації, бортовий комп'ютер зчитує з електронної картограми рівень необхідної дози висічення добрив і випрацьовує сигнал для керування центральним дозатором машини.

Датчик зворотного зв'язку блоку керування дозатором надає інформацію про реальну інтенсивність потоку ТМ, що надходить від центрального дозатора.

Паралельно з цим відбувається виконання алгоритму перерозподілу інтенсивності потоку ТМ по ширині захвату машини при роботі блоку керування перерозподілом потоку ТМ і двох виконавчих сервомеханізмів. Це дає змогу утворити задані інтенсивності потоків ТМ по окремих висівних каналах, і

Дослідити межі технологічних режимів роботи обладнання керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив, а також провести оптимізацію значень основних робочих параметрів обладнання доцільно після розробки і аналізу математичної моделі функціонування системи.

2.4. Математична модель системи керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив

Запропонований алгоритм формування заданих норм висічення добрив в режимі 20, тобто по напрямку руху машини, а також по ширині її захвату, описується наступною розрахунковою схемою (рис. 2.8).

Завданням на виконання технологічного процесу служить картограма - завдання, яка попередньо складається в офісних умовах на підставі ретельного аналізу агробіологічного потенціалу поля, що обробляється. Сигнал заданих змінних норм внесення $\delta_3(t)$ надходить до блоку розрахунку сигналу управління

1. На цей же ж блок приходять сигнал $\gamma_1(t)$ від датчика контролінтенсивності потоку добрив $\alpha(t)$

Модель датчика представимо рівнянням:

$$\gamma_1'(t) = A_d \left[-\frac{1}{T_d} [\gamma_1(t) - \alpha(t)] \right] \quad (2.6)$$

де $\gamma_1(t)$ - вихідний сигнал датчика;

$$A_d = 1 + \Delta A_d(t) + \zeta_d(t)$$

$\Delta A_d(t)$ та $\zeta_d(t)$ - систематична та випадкова складові відносної помилки

функціонування датчика;

T_d - стала часу датчика;

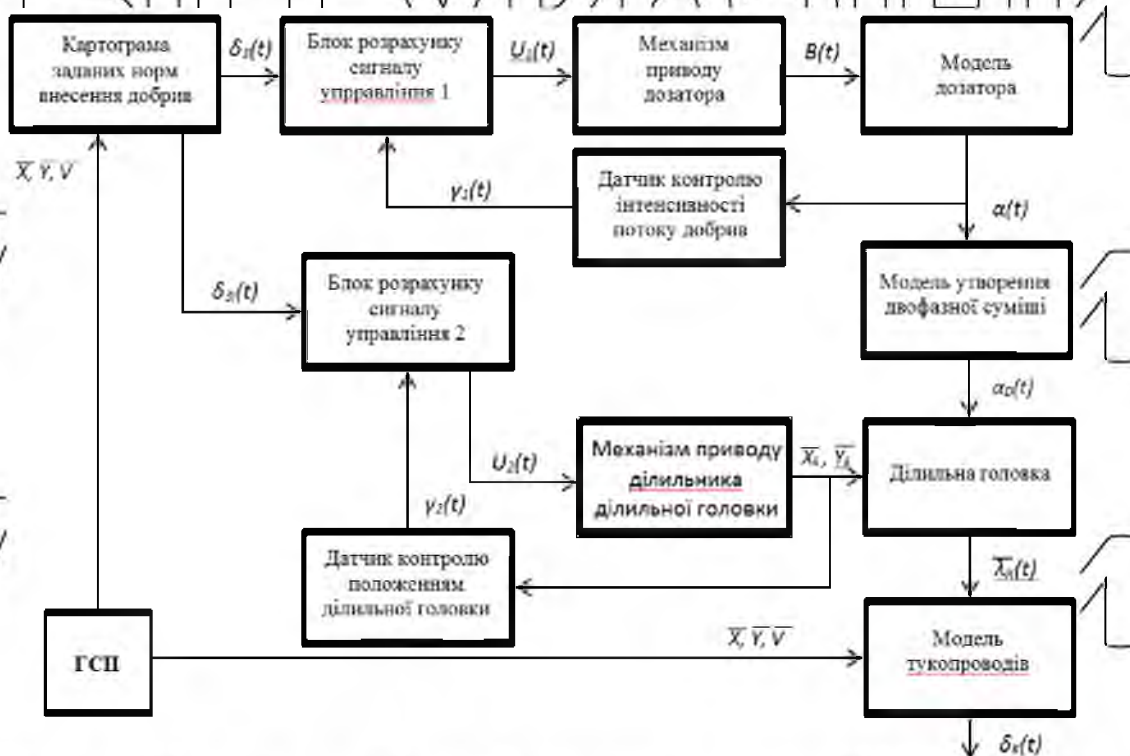


Рис.2.8. Розрахункова схема керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив.

Рівень інтенсивності потоку добрив формується дозатором, робочі режими якого визначаються сигналом $\beta(t)$, який є вихідною величиною моделі блоку механізму приводу дозатора.

Оскільки, після миттєвої зміни керуючої $U_1(t)$, яка являється вхідною величиною механізму приводу дозатора, зміна інтенсивності $\beta(t)$, яку створює даний механізм, буде мати форму затухаючих синусоїдальних коливань, то її можна описати диференціальним рівнянням коливальної ланки системи автоматичного регулювання.

$$T^2 \frac{d^2 X_{\text{вих}}}{dt^2} + T \frac{dX_{\text{вих}}}{dt} + X_{\text{вих}} = KX_{\text{вх}}, \quad (2.7)$$

де $X_{\text{вих}}$, $X_{\text{вх}}$ - вихідна та вхідна величина коливальної ланки відповідно; T, K - постійні коефіцієнти.

Для нашого конкретного випадку інтенсивність $\beta(t)$ механізму приводу дозатора описується диференціальним рівнянням:

$$\beta''(t) = \frac{2\xi_{np}}{T_{np}} \beta'(t) - \frac{\beta(t)}{T_{np}^2} + \frac{K_{np} U_1(t)}{T_{np}^2}, \quad (2.8)$$

де ξ_{np}, K_{np} та T_{np} - коефіцієнти затухання, підсилення та стала часу механізму приводу дозатора; $U_1(t)$ - керуюча дія.

Інтенсивність вихідного потоку добрив $\alpha(t)$ дозатора пов'язана з інтенсивністю вхідного потоку $\beta(t)$ коефіцієнтом передачі k_p :

$$\alpha(t) = k_p(t) \beta(t), \quad (2.9)$$

де $k_p(t) = k_u + \Delta k_p + \Delta \xi(t)$;

де k_u - установочне значення коефіцієнта передачі;

Δk_p - систематичні похибки величини коефіцієнта передачі;

$\Delta \xi(t)$ - випадкові відхилення значення коефіцієнта передачі.

В результаті входження потоку добрив в потік повітря утворюється двофазна суміш "повітря-добрива". Цей процес описується моделлю утворення

двофазної суміші з вихідним параметром $\alpha_D(t)$. Процес утворення двофазної суміші характеризується дисперсними явищами, що характерні для змішування твердих часток з повітряним потоком, що рухається з швидкістю більшою ніж швидкість витання часток добрив. Описати процес утворення двофазної суміші можна наступним диференціальним рівнянням:

$$T_n \frac{d^n \alpha(t)}{dt^n} + T_{n-1} \frac{d^{n-1} \alpha(t)}{dt^{n-1}} + \dots + T_1 \frac{d\alpha(t)}{dt} + \alpha(t) = K_3 \alpha_D(t), \quad (2.10)$$

де T_n, T_{n-1}, \dots, T_1 - коефіцієнти, величина яких залежить від статистичних характеристик параметрів C_d, p_e та A часток мінеральних добрив;

C_d - коефіцієнт аеродинамічного опору часток мінеральних добрив; p_e - густина повітря, кг/м^3 ;

A - середня величина площі міделевого перерізу часток добрив, мм^2 ;

$k=1, 2, \dots, n$ - порядок диференційного рівняння ланки, що описує процес розсіювання ТМ при вільному його транспортуванні.

$\alpha_D(t)$ - інтенсивність потоку ТМ з урахуванням процесів розсіювання часток ТМ;

K_3 - коефіцієнт передачі.

$$K_3 = K_u + K_p + \Delta \xi, \quad (2.11)$$

При цьому запрограмована двофазна суміш буде сформована за умови симетричності епюри сигналу вихідного параметру $\alpha_D(t)$. В нашому конкретному випадку така симетричність забезпечується рівнянням 4-го порядку:

$$T_4 \frac{d^4 \alpha(t)}{dt^4} + T_3 \frac{d^3 \alpha(t)}{dt^3} + T_2 \frac{d^2 \alpha(t)}{dt^2} + T_1 \frac{d\alpha(t)}{dt} + \alpha(t) = K_3 \alpha_D(t). \quad (2.12)$$

Надалі двофазна суміш надходить до ділильної головки, задача якої розподілити двофазну суміш "повітря-добрива" по тукпроводах у відповідності до сигналу $\delta_{3i}(t)$, який надходить від картограми-завдання. Блок розрахунку сигналу управління $U_2(t)$ координує роботу механізму приводу подільника ділильної головки, задача якого виставити подільник в необхідне

положення з координатами x_k, y_k . Модель роботи електрифікованого механізму приводу подільника ділильної головки представимо рівняннями:

$$\begin{cases} x_d''(t) = -\frac{2\xi_{np1}}{T_{np1}} x_d'(t) - \frac{x_d(t)}{T_{np1}^2} + \frac{K_{np1} U_2(t)}{T_{np1}^2}; \\ y_d''(t) = -\frac{2\xi_{np2}}{T_{np2}} y_d'(t) - \frac{y_d(t)}{T_{np2}^2} + \frac{K_{np2} U_2(t)}{T_{np2}^2}; \end{cases} \quad (2.13)$$

де x_d та y_d – поточні координати центру подільника ділильної головки вздовж вісей X та Y (рис.2.6) відносної системи координат OXY відповідно;

$\xi_{np1}, \xi_{np2}, K_{np1}, K_{np2}, T_{np1}, T_{np2}$ – коефіцієнти затухання, підсилення та стала часу механізмів переміщення подільника ділильної головки вздовж вісей X та Y відносної системи координат OXY відповідно.

Нормальна робота механізму приводу подільника ділильної головки забезпечується завдяки функціонуванню датчиків контролю положенням подільника ділильної головки з вихідним сигналом $\gamma_2(t)$. Представимо модель їх функціонування рівняннями:

$$\begin{cases} \gamma'_{2x}(t) = -\frac{A_{d2}}{T_{d2}} [\gamma_{2x}(t) - x_d(t)]; \\ \gamma'_{2y}(t) = -\frac{A_{d2}}{T_{d2}} [\gamma_{2y}(t) - y_d(t)]; \end{cases} \quad (2.14)$$

де $\gamma'_{2x}(t), \gamma'_{2y}(t)$, вихідний сигнал датчика;

$$A_d = 1 + \xi_{d2}(t)$$

$\xi_{d2}(t)$ – випадкова складова відносної помилки функціонування датчика;

T_{d1}, T_{d2} – стали часу датчиків;

В результаті описаних дій утворюється вектор потоків $\bar{\lambda}_k(t)$, кожен з яких надходить до відповідних тукопроводів. Робота останніх описується моделлю з

вхідними сигналами $\bar{\lambda}_k(t)$ та сигналом кінематичних параметрів руху агрегату \bar{x} ,

y, v , які надходять від датчика координат системи ГСП.

Положення подільника в ділильній головці визначає інтенсивність вихідного потоку добрив $\lambda_{ki}(t)$ по кожному з чотирьох каналів регулювання ($i = 1, 2, 3, 4$) і описується рівнянням:

$$\lambda_{ki}(t) = k_{pi}(t) \alpha_D(t), \quad (2.15)$$

$$\text{де } k_{pi}(t) = k_{ui} + \Delta \xi_i(t),$$

k_{ui} - установочне значення коефіцієнта передачі по кожному з каналів ділильної головки, причому $\sum_{i=1}^4 k_{ui} = 1$

$\Delta \xi_i(t)$ - випадкові відхилення значення коефіцієнтів передач.

На виході з тукопроводів двофазна суміш "добрива-повітря" при дотриманні заданих режимів руху агрегату під дією ГСП утворюють кінцеву щільність розподілу ТМ по площі поля. При цьому довжина лінії траєкторії руху двофазної суміші по тукопроводах не є сталою. Шлях руху добрив від ділильної головки до центральних сошників менший ніж до периферійних, що впливає на формування кінцевої щільності розподілу добрив на полі. Тому будемо враховувати цей факт коефіцієнтові транспортного запізнення. Тоді кінцева щільність розподілу ТМ по площі поля буде визначатися:

$$\delta_{kij} = \frac{\lambda_{kij} 10^4 (t + \tau_j)}{B \times S}, \text{ кг/га} \quad (2.16)$$

де: λ_{kij} - інтенсивність потоку добрив по, i -му каналу регулювання;

τ_j - час запізнення доставки ТМ до периферійних сошників;

$j = 1, 2, \dots, i$ - порядковий номер сошника в i -му каналі регулювання.

Рівняння (2.5-2.9, 2.11-2.16) складають модель функціонування технологічної частини розподільника мінеральних добрив в технологіях ТЗ. Аналіз такої моделі дає можливість обрати структуру та значення параметрів законів регулювання $U_1(t)$ та $U_2(t)$ які забезпечують досягнення усталеності процесу функціонування, а також роботу при допустимих значеннях помилки виконання завдання.

2.5. Аналіз функціонування математичної моделі пневматичної системи дозування і розподілу мінеральних добрив

Розв'язання математичної моделі процесу управління дозуванням і розподілом мінеральних добрив проводилось в середовищі SimuLink програмного продукту Matlab.

Основна мета аналізу роботи математичної моделі - встановлення оптимальних режимів та показників функціонування програмно - апаратного комплексу для якісної реалізації процесу місцевизначеного перерозподілу щільності мінеральних добрив між технологічними смугами ширини захвату сільськогосподарської машини.

Значення коефіцієнтів та сталих часу механізмів введених до розрахункових блоків математичної моделі представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Значення коефіцієнтів та сталих часу механізмів

$T_{гр}$, с	$T_{пр1,2}$, с	$T_{d1,2}$, с	C_d	ρ_e , кг/м ³	A , мм ²	$\xi_{пр}$	$\xi_{пр1}$	$\xi_{пр2}$	$K_{гр}$	$K_{пр1,2}$	K_f	$K_{ср1}$	$A_{ср}$
0,4	0,5	0,1	0,45	1,27	7	0,7	0,7	0,7	1	1	1,5	0,27	1,1

Встановлення режимів і показників, відбувалося на основі рівня реалізації поставленої задачі елементами математичної моделі.

Наприклад, було поставлене завдання, згідно картограми заданих змінних норм внесення мінеральних добрив, реалізувати інтенсивність потоку технологічного матеріалу, яка зображена на рис. 2.9 по кожній з чотирьох технологічних смуг ширини захвату машини. На вісі абсцис рис. 2.9 вказано одиниці часу в секундах, а вісь ординат розбита на показники інтенсивності потоку мінеральних добрив в кг / с. Задача роботи математичної моделі заключалася в тому, щоб реалізувати щільність розподілу мінеральних добрив між технологічними смугами ширини захвату машини відповідно до заданих інтенсивностей по кожній з чотирьох технологічних смуг.

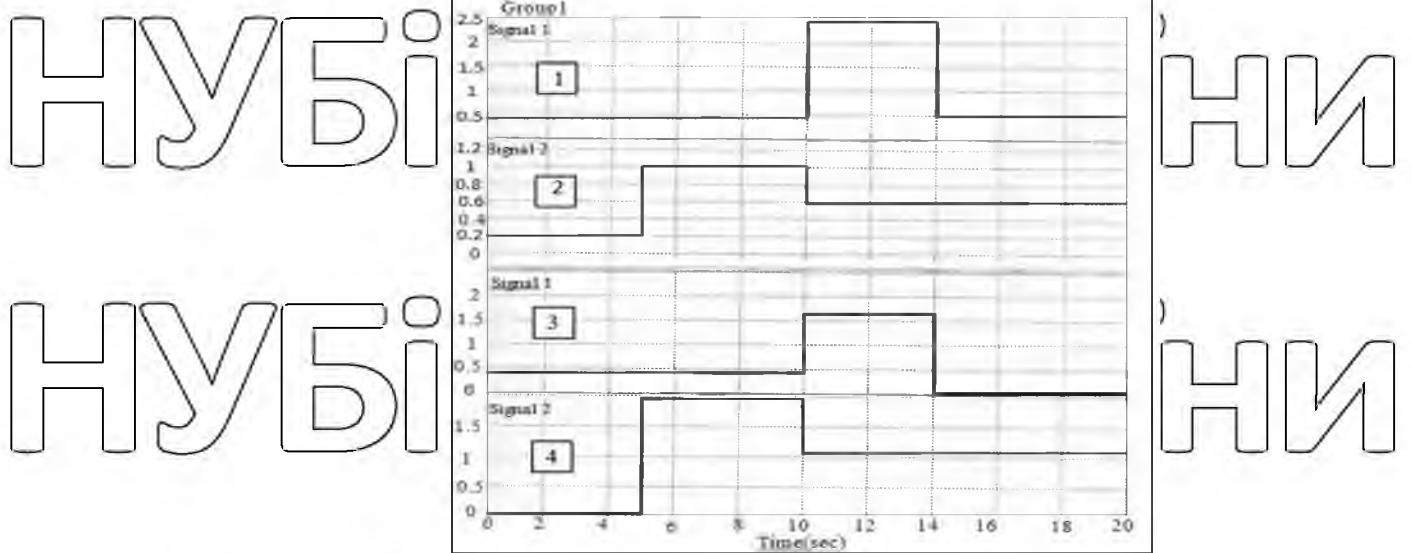


Рис. 2.9. Діаграма завдання реалізації інтенсивності потоку мінеральних добрив по кожній з чотирьох технологічних смуг ширини захвату машини.

Дане завдання у вигляді сигналів; надходить до блоку розрахунку сигналу управління 1, який формує керуючу дію $U_1(t)$, що налаштовує механізм приводу дозатора на забезпечення необхідної інтенсивності потоку мінеральних добрив та блоку розрахунку сигналу управління 2, який формує керуючу дію $U_2(t)$, що налаштовує механізм приводу подільника дільної головки, для виведення останнього у потрібне положення для забезпечення необхідного перерозподілу інтенсивності потоку двофазної суміші $\alpha_D(t)$ між висівними каналами чотирьох технологічних смуг ширини захвату машини.

Керуюча дія $U_1(t)$ налаштовує механізм приводу дозатора на зміну в часі, відповідно до поставленого завдання, інтенсивність вхідного потоку мінеральних добрив $\beta(t)$ - загальну для всіх чотирьох технологічних смуг ширини захвату машини (рис. 2.10)

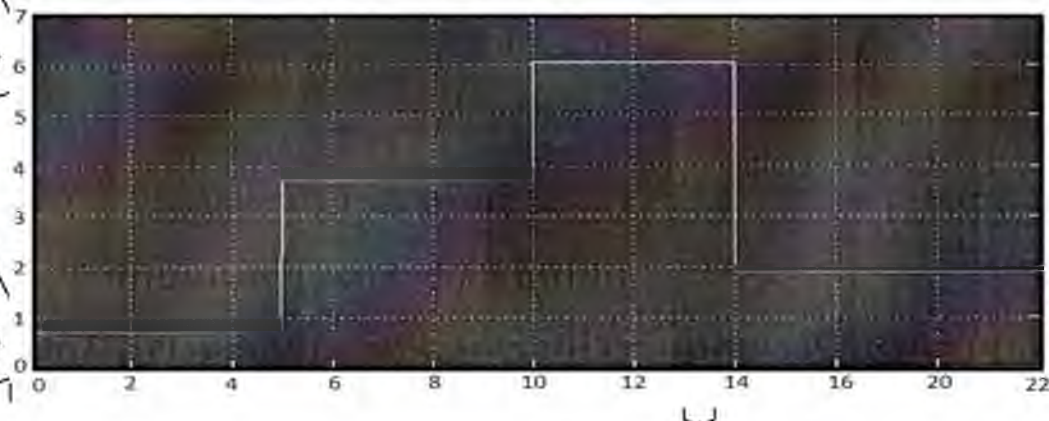


Рис. 2.10. Діаграма сигналу управління $U_1(t)$ механізму приводу дозатора.

Очевидно, що перші п'ять секунд роботи математичної моделі - інтенсивність потоку мінеральних добрив повинна становити 0,8 кг/с. На п'ятій секунді роботи моделі, інтенсивність повинна зрости ідо рівня 3,8 кг/с і залишатися на цьому рівні наступні п'ять секунд після спливання яких, на десятій секунді інтенсивність зростає до рівня 6 кг/с і утримується на цьому рівні чотири секунди, а потім на чотирнадцятій секунді - спадає до рівня 2 кг/с.

Але, в моделі дозатора сформований сигнал через різні характеристики пристроїв механізму приводу дозатора - має шумові похибки (рис.2.11), які статистично впливають його якість, а отже і на якість роботи дозатора. В такому випадку, необхідно використовувати аналогові фільтри сигналу, які компенсують рівень шуму.

Після проходження сигналу $\beta(t)$ через аналоговий фільтр (рис. 2.12), зразу помітно, його очищення від шумових похибок, але стає очевидним, що діаграма сигналу має плавні переходи від одного рівня інтенсивності потоку до іншого, в той час, як запланована інтенсивність потоку (рис. 2.9) має різкі переходи.

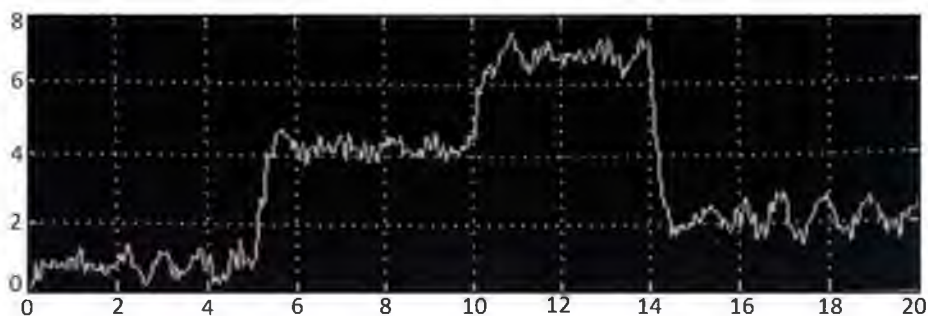


Рис.2.11. Діаграма сигналу інтенсивності $\beta(t)$ за наявності шумових збурень.

Така плавність переходів пояснюється сталою часу роботи механізму приводу дозатора, яка прийнята $T_{пр}=0,4$ с, при перелаштуванні дозатора з однієї інтенсивності потоку мінеральні добрив на іншу.

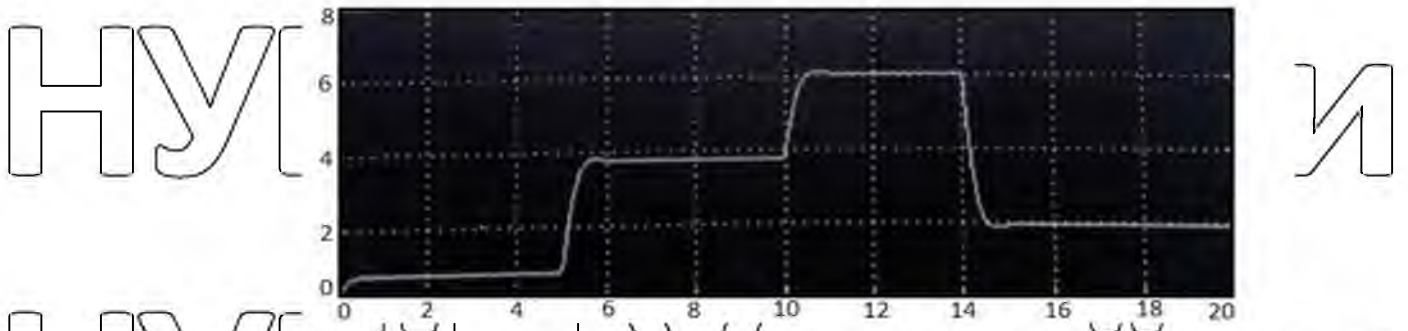


Рис. 2.12. Діаграма сигналу інтенсивності $\beta(t)$ із компенсованими шумовими похибками.

Оскільки затримка часу згідно рис. 2.12 має величину 0,4 секунди, то при швидкості руху агрегату по поверхні поля $V = 2$ м/с, зміна інтенсивності потоку мінеральних добрив буде змінюватись на протязі пройденого шляху рівного величині меншій від 1 метра.

Після проходження сигналу інтенсивності $\beta(t)$ через блок моделі дозатора, утворюється новий сигнал інтенсивності $a(t)$, що є вихідною величиною даного блоку моделі. Сигнал $a(t)$ пов'язаний із сигналом $\beta(t)$ коефіцієнтом передачі, який складає, в даному випадку $k_p = 1,5$. В результаті отримана інтенсивність $a(t)$ враховує втрати часу на роботу механізму передачі дозатора сільськогосподарської машини на доставку технологічного матеріалу з бункера до транспортуючого трубопроводу. Діаграма сигналу інтенсивності $a(t)$ представлена на рис. 2.13.

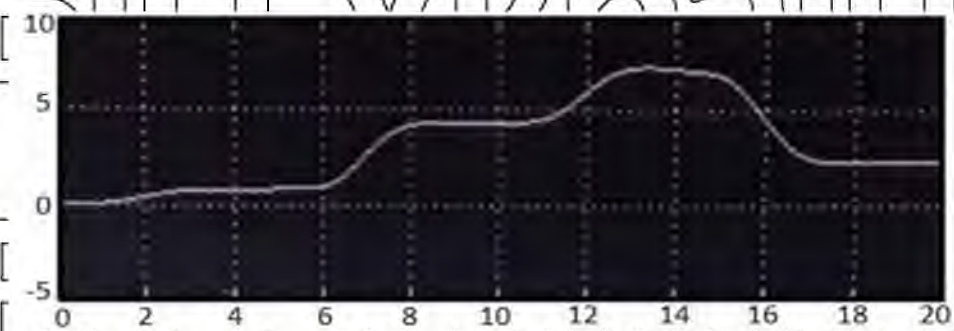


Рис. 2.13. Діаграма сигналу інтенсивності $a(t)$.

Як видно із діаграми рис. 2.13, час запізнення реалізації завдання в моделі дозатора становить майже 2 секунди, цей час необхідний на роботу механізму привода дозатора.

Вихідний сигнал блоку утворення двофазної суміші $a_D(t)$ (рис. 2.14) характеризується дисперсними явищами двофазного потоку, диференціальне рівняння на основі якого формується даний сигнал, дозволяє забезпечити плавність та симетричність переходу від однієї норми внесення до іншої.

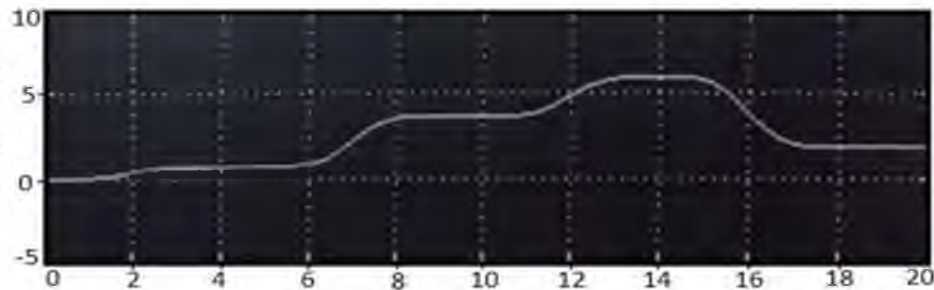


Рисунок 2.14. Діаграма сигналу утворення двофазної суміші $a_D(t)$. Сигнал

управління $U_2(t)$, формує керуючу дію для механізму приводу подільника дільної головки, виставляючи останній у положення, яке забезпечує реалізацію заданих інтенсивностей λ_{ki} потоку двофазної суміші $a_D(t)$ по

висівних каналах кожної з чотирьох технологічних смуг ширини захвату

сільськогосподарської машини. Аналізуючи роботу дільної головки з реалізованим завданням (рис. 2.15), стає очевидним, що інтенсивність потоку технологічного матеріалу не зовсім відповідає сигналу $U_2(t)$.

Затримка в часі при переході з одного рівня інтенсивності потоку на інший має значення $t_3=0,5... 1$ с. Цей час необхідний для роботи механізму переміщення подільника дільної головки, щоб виставити його в потрібне положення. Затримку в часі можна знизити, використавши механізми швидкої дії.

В результаті роботи математичної моделі, отримуємо кінцеву щільність перерозподілу технологічного матеріалу $\delta_K(t)$ по чотирьох технологічних смугах ширини захвату та напрямку руху розподільника мінеральних добрив (рис. 2.16).

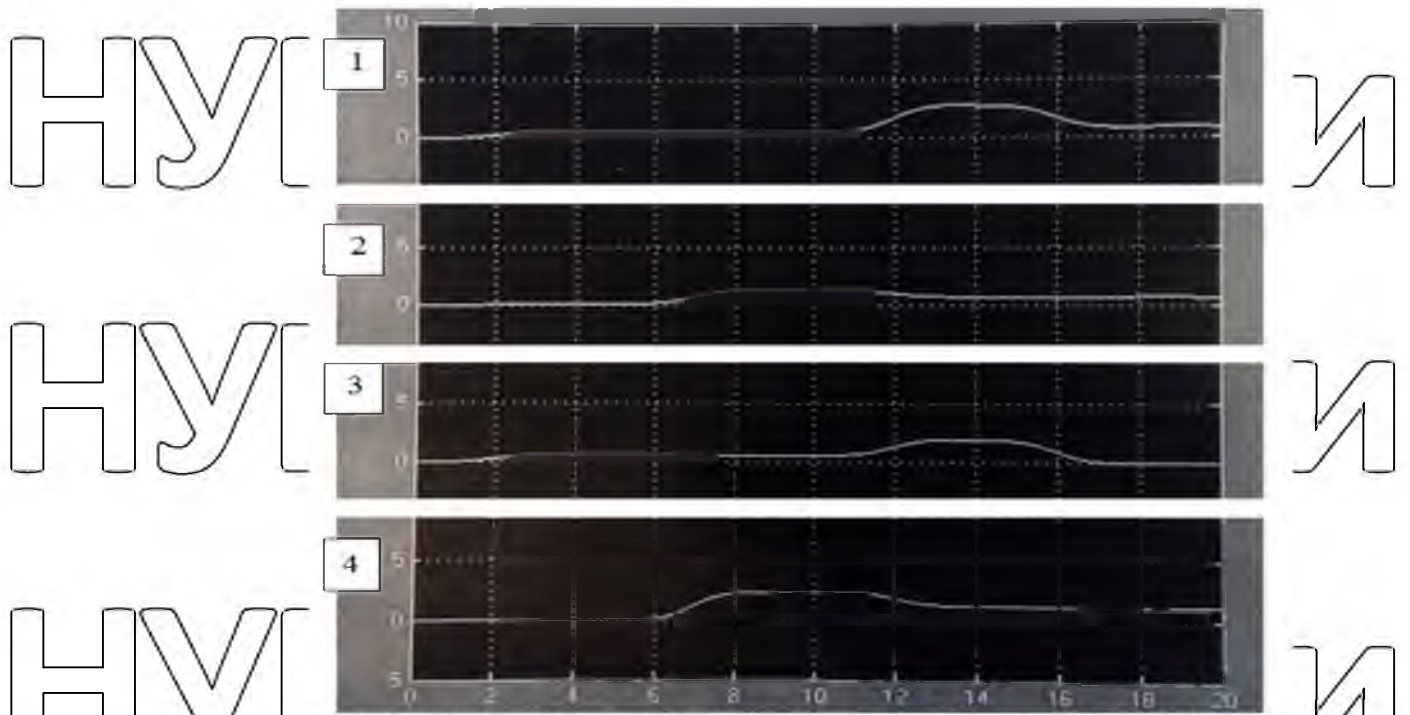


Рис. 2.15. Діаграма реалізації сигналу управління λ_{KI} в ділильній головці.

Як видно із отриманої діаграми - через втрати часу на роботу механізмів

дозатора та переміщення подільника ділильної головки кінцева щільність перерозподілу мінеральних добрив плавно переходить з одного рівня на інший. Для якісного виконання процесу перерозподілу мінеральних добрив, на бази даних бортового комп'ютера потрібно вносити поправку на час роботи виконавчих механізмів, тобто, бортовий комп'ютер повинен починати формувати сигнал реалізації раніше до потрібного моменту, на величину часу необхідного для роботи виконавчих механізмів.

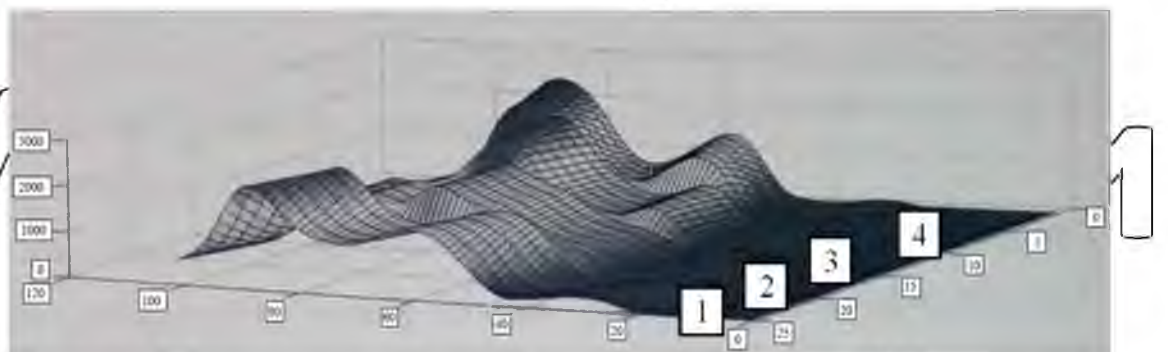


Рис. 2.16. Діаграма кінцевої щільності $\delta_f(t)$ перерозподілу мінеральних добрив по чотирьох технологічних смугах ширини захвату та напрямку руху машини: 1,2,3,4 - технологічні смуги.

Якщо подивитися на отриману діаграму $\delta_K(t)$ зверху (рис. 2.17) - стає очевидним, що сформована епіюра кінцевої щільності перерозподілу мінеральних добрив в напрямку реалізації, має заокруглену форму

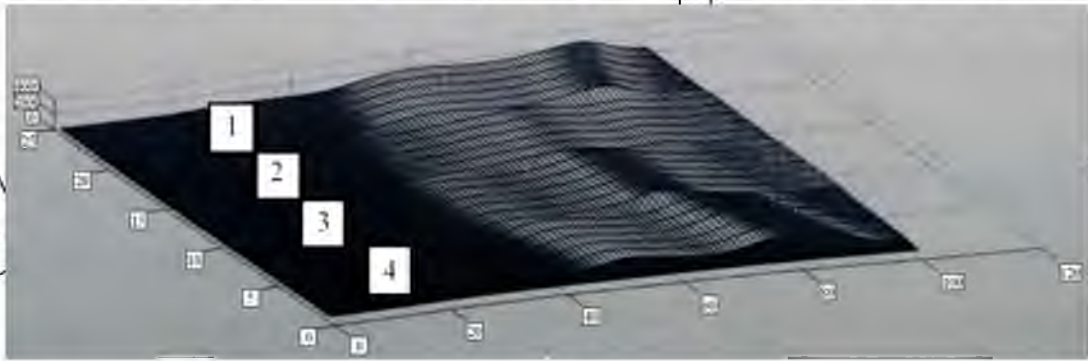


Рис. 2.17. Діаграма кінцевої щільності перерозподілу мінеральних добрив $\delta_K(t)$ по чотирьох технологічних смугах ширини захвату та напрямку руху машини (вигляд зверху). 1,2,3,4 - технологічні смуги.

Отже, при виконанні технологічного процесу внесення мінеральних добрив, має місце більший період часу на доставку технологічного матеріалу до периферійних сошників робочого органу машини, який має значення $t_{\text{дв}} = 1$ с, тобто, сошники, які знаходяться ближче до впливної головки отримують потік мінеральних добрив швидше за сошники, які знаходяться від неї далі, з цього слідує висновок, що до бази даних бортового комп'ютера потрібно також, вносити інформацію про час запізнення доставки технологічного матеріалу до крайніх сошників робочого органу машини.

Для реалізації завдання перерозподілу двофазної суміші у дільній головці пневматичного висівного пристрою між чотирма технологічними смугами ширини захвату машини необхідно вибрати раціональні параметри подільника дільної головки.

2.6. Визначення раціональних параметрів подільника дільної головки

Для реалізації місцевизначеного внесення мінеральних добрив за чотирма технологічними смугами ширини захвату машини, подільник дільної головки пневмовисівного пристрою, повинен відповідати наступним вимогам:

-виконувати точний, визначений перерозподіл повітряно-міндобривної суміші між чотирма висівними каналами технологічних смуг в ділильній головці;

-не створювати перепон проходженню повітряно - міндобривної суміші від вхідного вікна до висівних каналів ділильної головки;

-виключати можливість залягання та задипання частинок мінеральних добрив в ділильній головці.

Як показують теоретичні дослідження пневмовисівної системи, для здійснення контрольованого перерозподілу двофазної суміші між висівними

каналами, подільник повинен мати невеликий об'єм тіла, що знижує ковзання і відбивання частинок мінеральних добрив від його поверхні та виключає утворення аеродинамічної тіні при його переміщенні у крайні положення.

Також подільник повинен точно перерозподіляти потік мінеральних добрив між технологічними смугами ширини захвату машини, за їх визначеними потребами.

Отже, для внесення мінеральних добрив по чотирьох технологічних смугах, подільник повинен ділити вхідне вікно ділильної головки

пневматичного висівного пристрою на чотири сектори, крім того, кожен із

чотирьох секторів повинен обслуговувати висівні канали лише однієї технологічної смуги, також слід врахувати мінімізацію об'єму тіла подільника.

Для забезпечення поставлених умов, раціонально використовувати подільник у вигляді двох перехресних під прямим кутом планок (рис. 2.18).

Планки на обох своїх кінцях мають пружні елементи, які фіксують подільник між секторами вхідного вікна ділильної головки та висівними каналами технологічних смуг.

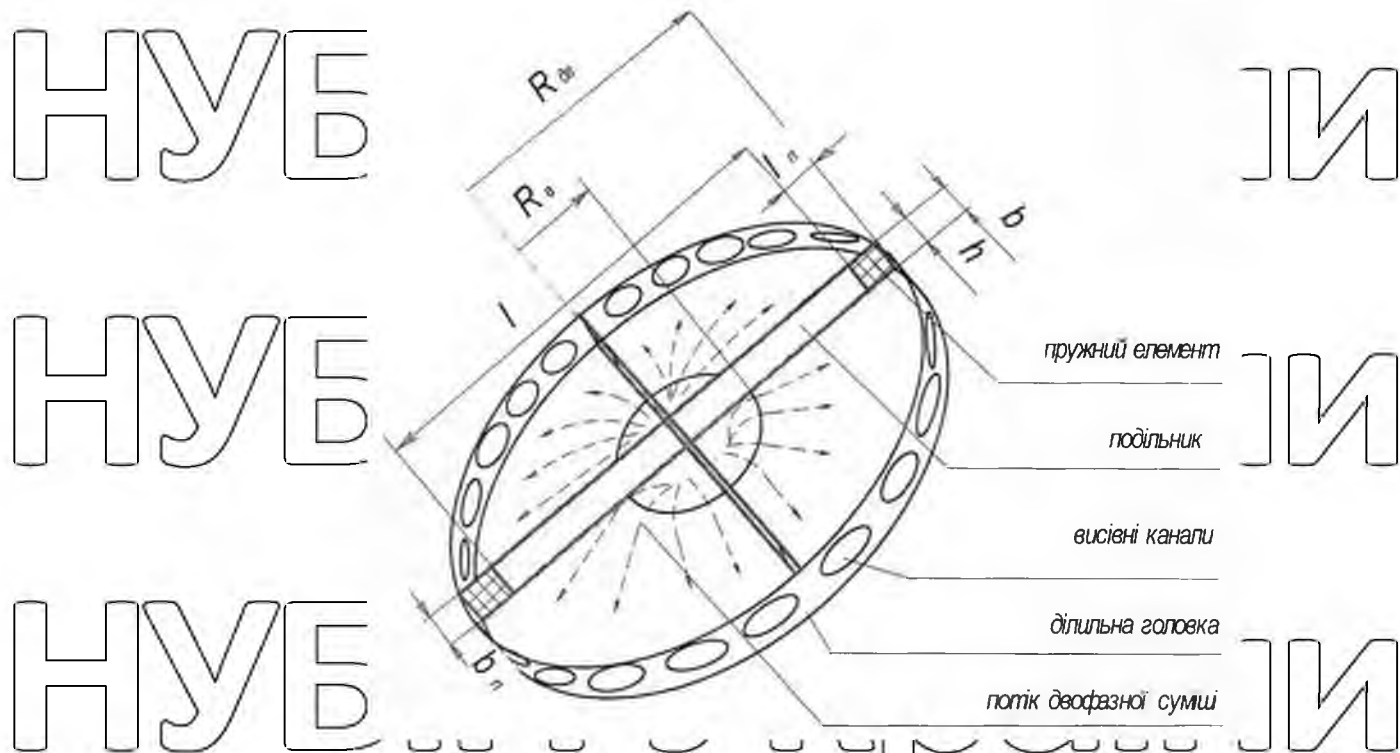


Рис. 2.18. Схема розміщення хрестоподібного подільника в ділильній головці пневматичного висівного пристрою.

При зміщенні подільника від центрального положення в ділильній головці, пружні елементи, завдяки своїй еластичності, видовжуються або скорочуються, дозволяючи тримати зв'язок певного сектору вхідного вікна ділильної головки із відповідними йому каналами технологічної смуги, та запобігають переміщенню повітряно-міндобривної суміші через кордони секторів.

Для вільного переміщення подільника в ділильній головці та якісного виконання перерозподілу повітряно-міндобривної суміші довжина планок повинна відповідати наступним межах:

$$R_{дг} \geq l \geq 3R_{в} \quad (2.17)$$

де l - довжина планки;

$R_{дг}$ - внутрішній радіус ділильної головки,

$R_{в}$ - радіус вхідного вікна ділильної головки.

Для запобігання переміщенню частинок мінеральних добрив через кордони секторів ділильної головки висота планок подільника повинна бути рівною висоті внутрішньої частини ділильної головки.

(2.18)

де b - висота планок подільника;
 h - висота внутрішньої частини ділильної головки.

Мінімальна довжина пружних елементів подільника забезпечує його і

Центральне положення відносно висівних каналів ділильної головки, а

максимальна довжина дозволяє переміщувати подільник у його крайнє положення:

$$l_{\text{п min}} = (D_{\text{дг}} - l) / 2 \quad (2.19)$$

$$l_{\text{п max}} = D_{\text{дг}} - l \quad (2.20)$$

де $l_{\text{п min}}$, $l_{\text{п max}}$ - відповідно, мінімальна та максимальна довжина пружних елементів подільника;

$D_{\text{дг}}$ - внутрішній діаметр ділильної головки;

l - довжина планки подільника.

Враховуючи зменшення висоти пружного елемента при його видовженні, приймаємо:

$$b_{\text{п}} = 1,15b \quad (2.21)$$

де $b_{\text{п}}$ - висота пружного елемента;

h - висота внутрішньої частини ділильної головки.

При використанні такого типу подільника, кут контакту частинки мінеральних добрив з його тілом буде рівним нулю, в наслідок чого - кут довільного відбивання частинки мінеральних добрив від тіла подільника буде відсутнім.

Отже вибраний тип подільника є раціональним варіантом забезпечення точного перерозподілу повітряно - мінеральної суміші між висівними каналами чотирьох технологічних смуг ширини захвату машини.

2.7. Розробка контролера та принципової схеми керування переміщенням хрестоподібного подільника

При обраному способі варіювання інтенсивністю потоку мінеральних

Добрив, подільник ділильної головки і пневматичного висівного пристрою являється керованим елементом, який згідно сигналу контролера змінює своє положення в ділильній головці по відношенню до висівних каналів, чим здійснює перерозподіл технологічного матеріалу по ширині захвата та напрямку руху сільськогосподарської машини.

В даному випадку вся відповідальність за точність перерозподілу мінеральних добрив лягає на контролер - комп'ютер, який визначає потрібне положення подільника в ділильній головці, та за допомогою виконавчих механізмів переміщує його у визначене положення. Отже, важливе значення

має правильно складений алгоритм роботи контролера, який дасть змогу точно керувати перерозподілом мінеральних добрив між висівними каналами технологічних смуг ширини захвату машини.

Концептуально контролер складається з двох частин: частини „визначення” та частини „керування” (рис. 2.19).

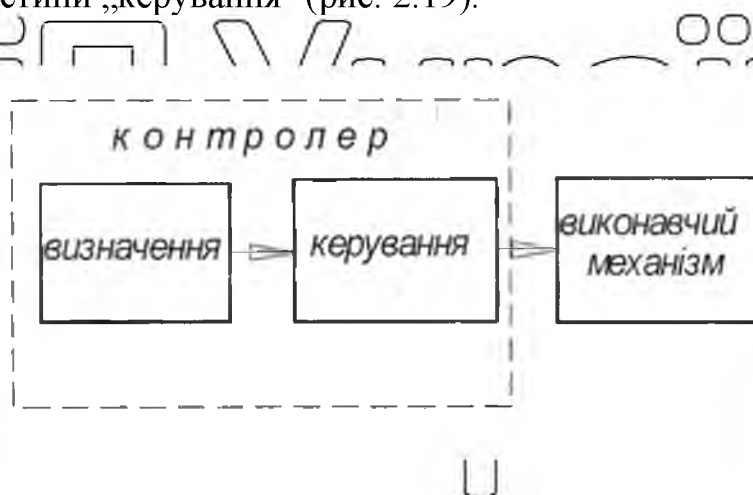


Рис.2.19. Концептуальна схема контролера.

Частина „визначення” (рис. 2.20) - призначена для визначення потрібної норми внесення мінеральних добрив по всій ширині захвату сільськогосподарської машини в конкретній точці поля в якій знаходиться агрегат.

Базисом для визначення потрібної норми внесення слугує інформація від таких джерел, як карта поля із визначеною шкалою внесення мінеральних добрив, системи позиціонування, електронного компаса, датчика швидкості

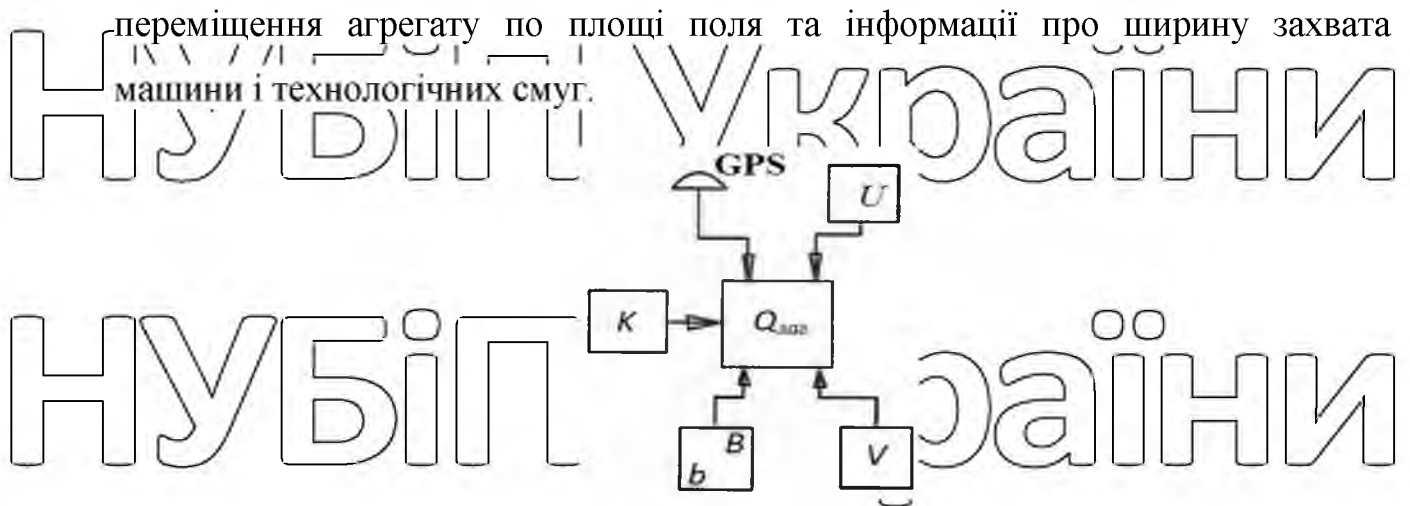


Рис. 2.20. Схема частини „визначення” контролера:

GPS - навігаційна система; K- карта поля; B b - інформація про ширину захвата машини та технологічних смуг ; U- електронний компас; (Q_{заг}- загальна норма внесення технологічного матеріалу по ширині захвату машини; V- датчик швидкості.

Навігаційна система GPS призначена для визначення положення агрегату на полі, відносно світових координат. Карта поля K містить в собі інформацію про перебіг ділянок поля з різним вмістом поживних елементів. Оскільки система позиціювання GPS формує сигнал про точку положення машини на полі, то в результаті залишається не врахованою ширина захвата машини, інформація про яку також закладена в базу даних контролера. Тобто, агрегат може знаходитись в одній і тій самій точці відносно світових координат, але в різних положеннях відносно сторін світу. В результаті, загальна норма внесення мінеральних добрив Q_{заг} буде диктуватися однаковою для різних положень агрегату і відносно сторін світу (рис.2.21). Тому, крім системи навігації GPS контролер повинен мати електронний компас U - пристрій, який визначає положення агрегату відносно сторін світу. Датчик швидкості V (рис 2.20) визначає швидкість переміщення машини по площі поля. На основі отриманої інформації від вищеописаних джерел формується загальна норма внесення Q_{заг} мінеральних добрив по всій ширині захвату машини.

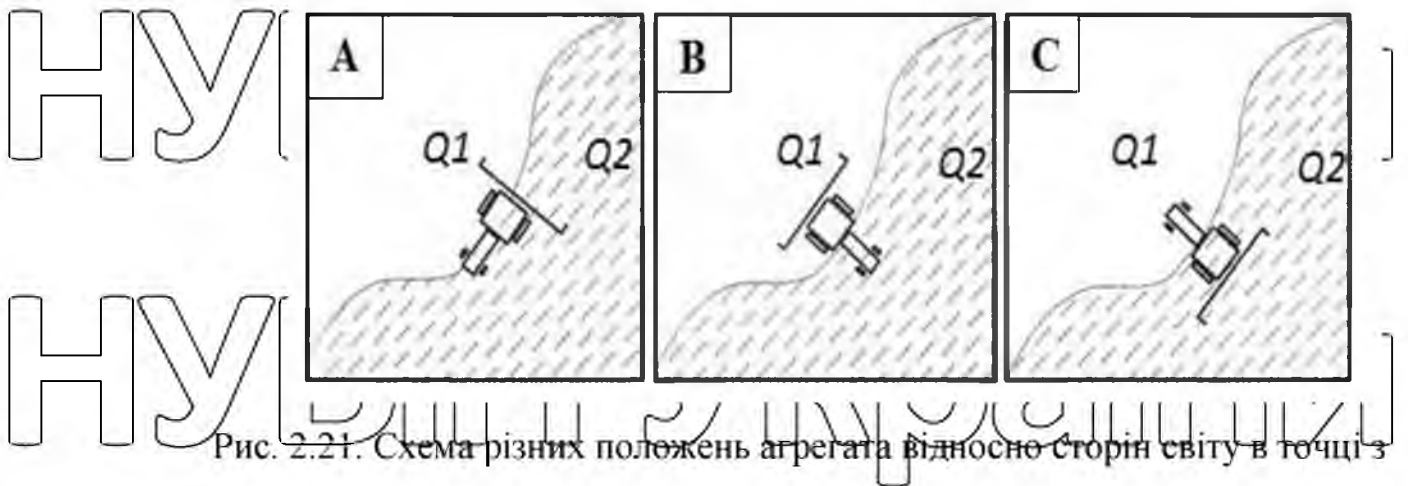


Рис. 2.21. Схема різних положень агрегата відносно сторін світу в точці з однаковими світовими координатами: Q1, Q2- норми внесення мінеральних добрив окремих ділянок поля.

Сформований сигнал у частині „визначення” надходить до частини „керування” контролера, яка налаштовує дозуючий пристрій машини на потрібну, загальну для всіх технологічних смуг, норму внесення мінеральних добрив $Q_{заг}$ та керує переміщенням подільника ділильної головки пневматичного висівного пристрою, здійснюючи перерозподіл інтенсивності потоку мінеральних добрив між технологічними смугами, тобто, здійснюючи перерозподіл загальної норми внесення $Q_{заг}$ між технологічними смугами, відповідно до карти поля.

Певній технологічній смузі ширини захвату машини відповідають певні висівні канали ділильної головки (рис. 2.22), тобто, кількість висівних каналів ділильної головки рівномірно розділена між кількістю технологічних смуг і порядок розміщення висівних каналів по периферії ділильної головки відповідає порядку розміщення технологічних смуг по ширині захвату машини. Ділильна головка конструктивно, крім висівних каналів, які розміщені по її периферії має в центрі » тильної сторони вхідне вікно через яке із транспортуючого трубопроводу надходять мінеральні добрива. Вибраний тип подільника ділить площу вхідного вікна ділильної головки на чотири рівні сектори, через кожний з яких подається технологічний матеріал до висівних каналів певної технологічної смуги.

НУБІ



НИ

НУБІ

Рис. 2.22. Схема розподілу мінеральних добрив між технологічними смугами:

1,2,3,4 - технологічні смуги; I, II, III, IV - сектори вхідного вікна ділительної головки; Q1, Q2, Q3, Q4 - норми внесення технологічного матеріалу 1,2,3 та 4 технологічної смуги відповідно.

НУБІ

При центральному, по відношенні до всіх висівних каналів, розміщенні подільника в ділительній головці, площі кожного із чотирьох секторів вхідного вікна ділительної головки рівні за величиною, через них проходить однакова

НУБІ

кількість мінеральних добрив, тобто, відбувається рівномірний розподіл мінеральних добрив між всіма технологічними смугами. При переміщенні подільника від його центрального положення в сторону висівних каналів певної технологічної смуги, площа сектору вхідного вікна ділительної головки через яку

НУБІ

проходять мінеральні добрива до висівних каналів цієї технологічної смуги - зменшується, що є наслідком зменшення норми внесення мінеральних добрив на даній технологічній смузі.

Площа сектору вхідного вікна ділительної головки визначається за стандартним математичним виразом:

НУБІ

$$S = \frac{\pi r^2 \alpha}{360} = 0,00872 r^2 \alpha, \quad (2.22)$$

де: r - радіус сектору вхідного вікна ділительної головки,
 α - кут дуги сектору.

НУБІ

Оскільки, при переміщенні подільника змінюється радіус вхідного вікна сектору, то використовуючи вираз 2.22, можна записати його значення наступним чином:

НУБІ

$$r = \sqrt{\frac{S}{0,7848}} \quad (2.23)$$

Отже, при визначеній потрібній площі сектору вхідного вікна ділильної головки, можна визначити відповідний радіус сектору, а через нього і необхідне переміщення подільника в ділильній головці:

$$L = R - r = R - \sqrt{\frac{S}{0,7848}} \quad (2.24)$$

де R - радіус вхідного вікна ділильної головки.

Результати досліджень представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Результати досліджень зміни площі сектору вхідного вікна ділильної головки відносно переміщення подільника.

$S, \text{мм}^2$	1962	1884	1808	1734	1661	1589	1519	1451	1384	1319	1256
$r, \text{мм}$	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40
$L, \text{мм}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Залежність 2.24 лягає в основу частини „керування” контролера для визначеного переміщення подільника ділильної головки пневматичного висівного пристрою.

Частина „ керування” контролера (рис. 2.23) складається із шести з'єднаних між собою модулів кожен з яких виконує окрему функцію.

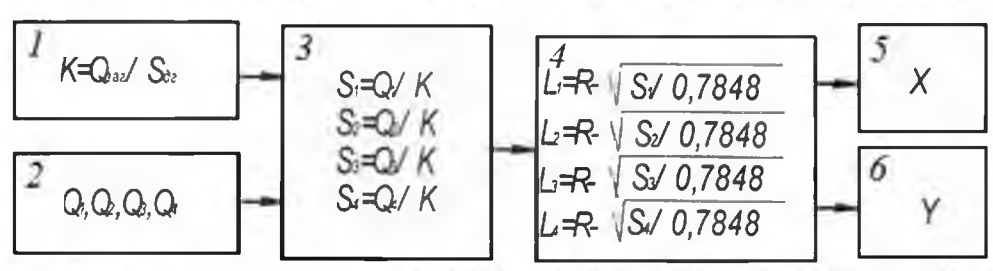


Рис. 2.23. Схема частини «керування» контролера: K - пропускна здатність площі вхідного вікна ділильної головки; S_{dg} - площа вхідного вікна ділильної головки; Q_{ag} - загальна норма внесення мінеральних добрив; Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 - норми внесення технологічних смуг; S_1, S_2, S_3, S_4 - площі секторів вхідного вікна ділильної головки; L_1, L_2, L_3, L_4 - переміщення подільника

відносно кожного сектору; X, Y - координати положення подільника в ділильній головці.

В модулі 1 частини „керування” контролера визначається пропускна здатність K площі вхідного вікна ділильної головки, при різних нормах внесення $Q_{заг}$, на які налаштований дозуючий пристрій.

$$K = \frac{Q_{заг}}{S_{де}}, \text{ кг/га мм}^2 \quad (2.25)$$

$Q_{заг}$ - загальна норма внесення мінеральних добрив, кг/га;

$S_{де}$ - площа вхідного вікна ділильної головки, мм²

Модуль 2 розділяє отриману від частини „визначення” контролера загальну норму внесення мінеральних добрив $Q_{заг}$ між технологічними смугами залежно від потреби, формуючи для кожної із чотирьох технологічних смуг потрібну норму внесення Q_1, Q_2, Q_3 та Q_4 відповідно. Потім отримана інформація від модулів 1 і 2 паралельно надходить до модуля 3, де визначається

потрібна площа вхідного вікна ділильної головки S_1, S_2, S_3 та S_4 для кожного із чотирьох секторів, яка своєю пропускною здатністю забезпечить встановлену потрібну норму внесення мінеральних добрив Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 для кожної із чотирьох технологічних смуг. Потрібна площа сектору вхідного вікна ділильної

головки визначається шляхом відношення потрібної норми внесення сектору до пропускної здатності вхідного вікна ділильної головки K:

$$S_n = \frac{Q_n}{K} \quad (2.26)$$

де: S_n - потрібна площа n-го сектору вхідного вікна ділильної головки, мм²; Q_n - потрібна норма внесення n-ї технологічної смуги, кг/га; K - пропускна здатність вхідного вікна ділильної головки при певній загальній нормі внесення $Q_{заг}$, кг/га мм².

На основі отриманої інформації від модуля 3, модуль 4 визначає потрібне переміщення L подільника ділильної головки із встановленої залежності 2.24:

$$L_n = R - \sqrt{\frac{S_n}{0,7848}} \quad (2.27)$$

де: L_n - потрібне переміщення подільника для n -го сектору ділильної головки;; S_n - потрібна площа n -го сектору вхідного вікна ділильної головки;; R - радіус вхідного вікна ділильної головки.

На основі визначеного потрібного переміщення для кожного із чотирьох секторів ділильної головки, модулі 5 і 6 визначають координати X та Y положення подільника в ділильній головці, яке забезпечить визначену потрібну площу для кожного сектору вхідного вікна ділильної головки:

$$X = \frac{L_2 - L_4}{2} + C; \quad Y = \frac{L_3 - L_1}{2} + C \quad (2.28)$$

де: L_1, L_2, L_3, L_4 - потрібне переміщення для 1,2,3 та 4секторів ділильної головки; C -відстань між крайнім та центральним положенням подільника.

Залюба схема програмно-апаратного комплексу представлена на рис. 2.24.

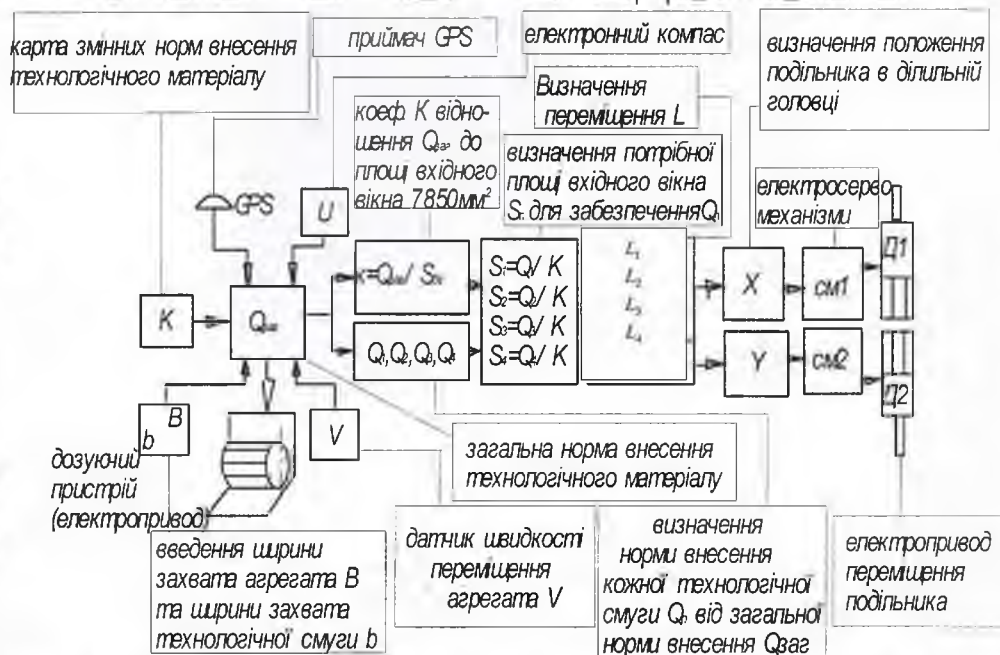


Рис. 2.24. Схема програмно-апаратного комплексу для керування процесом перерозподілу технологічного матеріалу.

Сигнал про визначені координати передається на сервомеханізми см1 та см2, які керують електродвигунами Д1 і Д2, що переміщують подільник в ділильній головці відповідно до потрібних норм внесення мінеральних добрив на кожній технологічній смугі.

2.8. Лабораторні дослідження процесів змінного перерозподілу мінеральних добрив у відповідності до вимог картограми.

В процесі розробки лабораторної установки для дослідження процесів дозування і перерозподілу мінеральних добрив було використано принцип "натурального зразка", тобто максимального наближення параметрів та розмірів всіх вузлів та елементів установки до реальної конструкції машини, яка розробляється, з пневматичним типом транспортування та висіву технологічного матеріалу. Це дає можливість з високим ступенем точності дослідити процеси, що мають місце для умов роботи дослідно-польового зразка сільськогосподарської машини при транспортуванні агрохімікатів по трубопроводу від дозатора до ділильної головки пневмовисівного пристрою, та при розподілі мінеральних добрив у ділильній головці між висівними каналами.

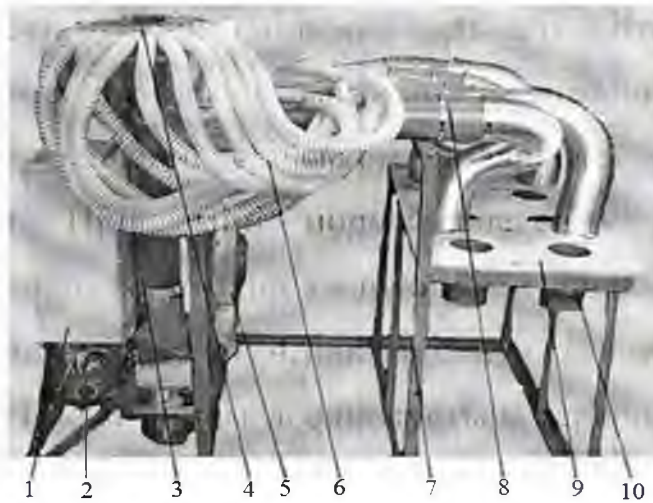


Рис. 2.25. Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження процесів дозування і перерозподілу мінеральних добрив у відповідності до вимог технології змінних норм внесення технологічних матеріалів.

1-бункер, 2- дозатор, 3-трубопровод, 4- ділильна головка, 5- джерело стислого повітря, 6- висівні канали, 7- рама, 8- висівні трубопроводи, 9- стіл, 10- наконечники для кріплення ємностей.

Установка складається з бункера 1, дозатора 2, трубопровода 3, ділильної головки 4, джерела стислого повітря 5, висівних каналів 6, рами 7, висівних трубопроводів 8, стола 9, наконечників для кріплення ємностей 10. Крім того наконечник 10 має вирізний сектор висотою 100 мм, який закритий сіткою і служить для відділення повітряної фази із потоку двофазної повітряно-міндобривної суміші.

При проведенні досліджень, гранули мінеральних добрив з бункера 1 подаються до дозатора 2. Котушка дозатора 2 формує задану інтенсивність потоку часток мінеральних добрив, які підхоплюються потоком повітря, що утворюється вентилятором 5 і транспортуються по вертикальному висхідному каналу до ділильної головки 4. Конусний подільник ділильної головки 4 розподіляє двофазну суміш по висівних каналах 6, далі по висівних трубопроводах 8 стола 9 до наконечників для кріплення ємностей 10.

Ділильна головка (рис. 2.26) пневматичного висівного пристрою встановлена на кінці транспортуючого трубопроводу і служить для розподілу повітряно-міндобривної суміші між висівними каналами.



Рис. 2.26. Ділильна головка пневматичного висівного пристрою:
1 - вхідне вікно; 2 - подільник; 3 - отвори висівних каналів.

Повітряно-міндобривна суміш надходить до ділильної головки через вхідне вікно 1 і розподіляється між отворами висівних каналів 3. Для забезпечення пропускної здатності транспортування повітряно-міндобривної суміші при максимальній нормі внесення мінеральних добрив і важливе значення має об'єм ділильної головки.

Ділильна головка має діаметр $D_{дг.} = 0,23$ м та висоту $h_{дг} = 0,03$ м, відповідно до цих конструктивних параметрів, об'єм ділильної головки становить $V_{дг} = 0,005$ м³. В такому об'ємі ділильної головки розміщується 4 кг аміачної селітри, що майже в два рази більше за максимальну пропускну здатність пневматичної системи $q = 2,4$ кг/с при максимальній нормі внесення мінеральних добрив $Q = 1000$ кг/га.

На основі проведених досліджень перерозподілу повітряного потоку між висівними каналами ділильної головки були проведені дослідження перерозподілу двофазної повітряно - міндобривної суміші. Для цього через висівні канали ділильної головки лабораторної установки, які порівнювалися, об'єднані у чотири патрубки (рис. 2.25), що відповідають чотирьом технологічним смугам ширини захвату машини, висівалися мінеральні добрива. Далі, висіяні мінеральні добрива збиралася у ємності і зважувалися на вагах. Норма внесення мінеральних добрив, при якій проводилися дослідження, становила 52 кг/га. Подільник переміщувався у напрямку каналів третьої технологічної смуги.

При використанні хрестоподібного подільника (таб. 2.3), точність розподілу мінеральних добрив між технологічними смугами ширини захвату машини помітно зростає, крім того, очевидним є факт залежності кількості висіяного технологічного матеріалу від положення подільника в ділильній головці.

Як видно з результатів досліджень таблиці 2.3 та рис. 2.27, кількість висіяних міндобрив у технологічній смугі 3, в якій переміщується подільник, поступово зменшується, це пояснюється зменшенням площі сектору вхідного вікна ділильної головки, який обслуговує дану технологічну смугу. Також по мірі віддалення подільника від його центрального положення, відбувається зменшення кількості висіяних мінеральних добрив у сусідніх технологічних смугах 2 і 4, що також є наслідком зменшення площі вхідного вікна їхніх секторів. Тим часом, площа сектору технологічної смуги 1, від якої віддаляється подільник - збільшується, відповідно до чого збільшується і

кількість висіяних мінеральних добрив. Кількість висіяних мінеральних добрив у техноло смугі Я збільшується на стільки, на скільки зменшується у 2, 3 та технологічних смугах. Це говорить про те, що хрестоподібний подільник точно перерозподіляє потік повітряно - мінеральної суміші між чотирма технологічними смугами та не допускає довільного переміщення ТМ між висівними каналами діючої головки.

Таблиця 2.3

Висів мінеральних добрив за чотирма технологічними смугами при різних положеннях хрестоподібного подільника

Висів мінеральних добрив по технологічних смугах, гр				Положення подільника від центру, мм
1	2	3	4	
670	670	670	670	центральне
911	654	461	654	10
1197	606	269	607	20
1533	512	122	512	30
1797	410	63	410	40

Отже, хрестоподібний подільник являється придатним елементом для точної реалізації місцевизначеної перерозподілу мінеральних добрив в пневматичних висівних апаратах сільськогосподарських машин з чотирма висівними каналами.

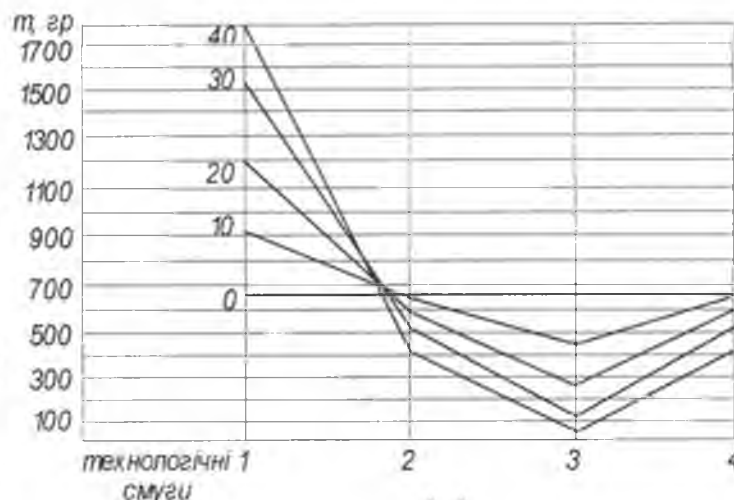


Рис. 2.27. Графік перерозподілу мінеральних добрив

хрестоподібним подільником

До переваг такого типу подільника, слід також віднести мінімізацію об'єму його тіла, що суттєво зменшує площу контакту частинок мінеральних добрив з тілом подільника.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3.1. Економічна ефективність перерозподілу матеріалу за технологічними смугами

Проведеними дослідженнями на Україні та в світі доведено, що економічна ефективність використання машин із змінними нормами внесення технологічного матеріалу по напрямку руху машини, порівняно з машинами із сталою нормою внесення, такими як, наприклад СУ - 12, становить 60...70%. В

таких машинах норма внесення залишається сталою величиною, як по ширині захвату, в межах якої можуть знаходитись ділянки з різним рівнем вмісту поживних елементів, так і по напрямку переміщення.

Візьмемо довільну площу сільськогосподарського поля на якій хаотично І розміщені ділянки з різною нормою внесення мінеральних добрив (рис. 3.1).

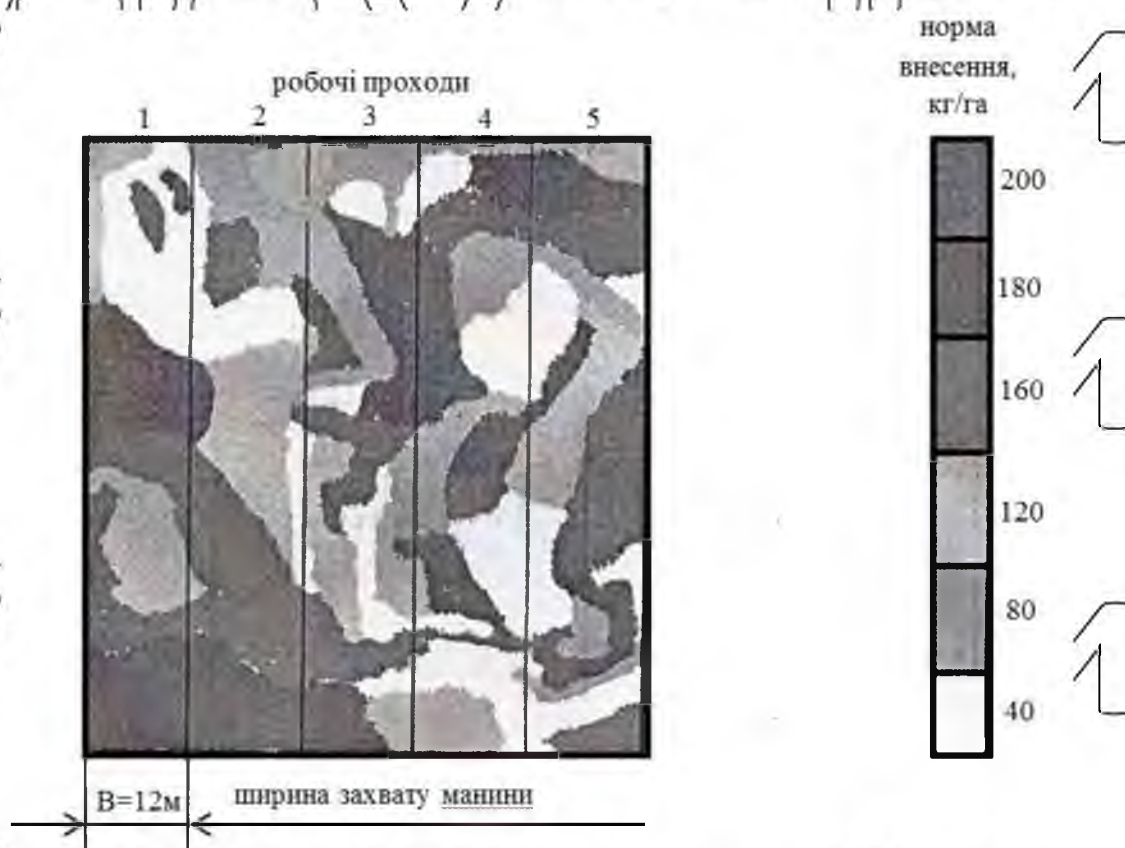


Рис. 3.1. Площа поля із змінною нормою внесення мінеральних добрив. Площа ділянки 0,432 га. Розбивши площу ділянки поля на робочі проходи

машини, очевидно, що в межах ширини захвату, норма внесення мінеральний добрив має різні показники. При виконанні операції внесення мінеральних добрив машиною Accord із змінними нормами внесення технологічного матеріалу лише по напрямку рух агрегату (рис. 3.2) - норма внесення по ширині захвату машини буде сталою.

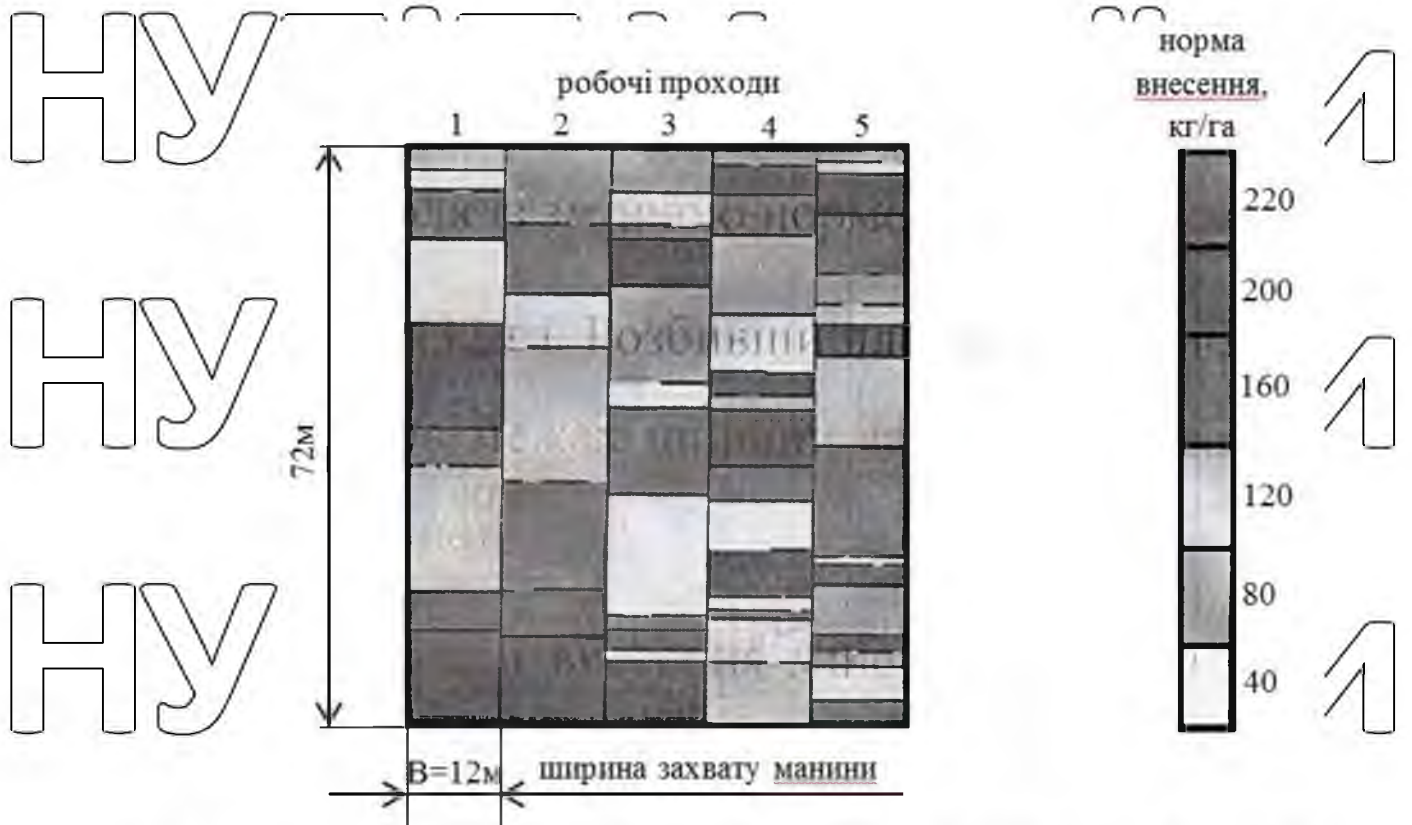


Рис. 3.2. Площа поля після робочого проходу машини із змінними нормами внесення технологічного матеріалу по напрямку рух агрегату. Маса висіяного технологічного матеріалу, за площами утворених після проходу машини ділянок, становить $m = 71,466$ кг, що при вартості мінеральних добрив 50 грн / кг становить суму витрат $C = 1175$ грн.

Після робочого проходу по площі поля розробленого зразка машини із змінними нормами внесення технологічного матеріалу по ширині захвату агрегату (рис. 3.3), кожна ділянка площі поля отримує потрібну кількість мінеральних добрив як по напрямку рух агрегату, так і по його ширині захвату.

Маса висіяного технологічного матеріалу, за площами утворених після проходу машини ділянок, становить $m = 53,123$ кг, що при вартості мінеральних добрив 50 грн / кг становить суму витрат $C = 2100$ грн

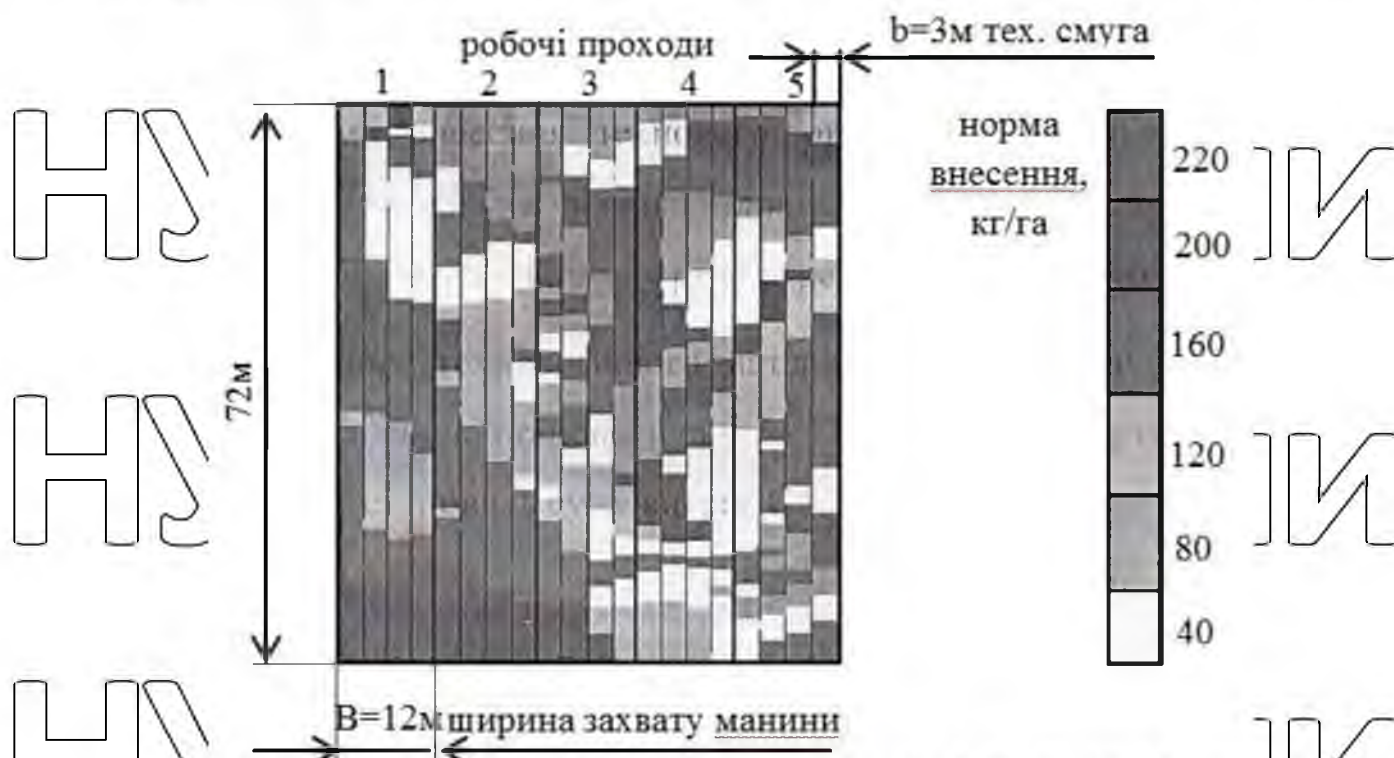


Рис. 3.3. Площа поля після робочого проходу розробленого зразка

машини із змінними нормами внесення технологічного матеріалу по ширині захвату агрегату.

Порівняльна оцінка виконання технологічної операції внесення мінеральних добрив розподільниками зі сталою, змінною лише за напрямком переміщення та змінною за напрямком переміщення і по ширині захвату нормами внесення ТМ представлена в таб. 3.1.

При використанні машини із змінними нормами внесення мінеральних добрив по її ширині захвату та напрямком переміщення, порівняно з машинами із змінними нормами внесення мінеральних добрив лише по напрямку руху, досягнуто економічний ефект, що приблизно відповідає 1175грн./га, а порівняно з машинами із сталими нормами внесення мінеральних добрив економічний ефект становить 2100 грн / га.

Порівняльна оцінка виконання технологічної операції внесення мінеральних добрив різними типами розподільників

Марка розподільника	Характер норми внесення	Площа поля, га	Витрата мін-добрив, кг	Ціна мін-добрив, грн./кг	Сума затрат, грн	Економічний ефект, грн./га
CV-12	Стала	0,432	95	50	4750	-
Accord	Зміна за напрямком руху	0,432	71,5	50	3575	1175
Запропонований зразок	Зміна за напр.руху та по ширині захвату	0,432	53	50	2650	2100

Отже для агропромислового комплексу та господарств України, операцію внесення мінеральних добрив економічно та екологічно доцільно виконувати розподільниками мінеральних добрив, які працюють за технологією змінних норм внесення в режимі 2D.

3.2. Заходи охорони праці при внесенні мінеральних добрив

До роботи на розкидачі мінеральних добрив допускаються особи чоловічої статі віком від 18 років, що пройшли медогляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, навчені роботі на даному виді техніки, які пройшли всі види інструктажів з охорони праці, стажування на робочому місці і перевірку знань вимог охорони праці.

Висока виробнича дисципліна, знання і точне виконання вимог інструкцій забезпечують безпеку працюючого, збереження машин і устаткування.

Працівники повинні виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт, не допускати на робоче місце сторонніх осіб і не передоручати свою роботу іншим особам.

Поява на роботі в нетверезому вигляді і вживання на роботі спиртних напоїв та інших нарковмісних речовин забороняється, так як це є грубим порушенням правил внутрішнього розпорядку і призводить до аварій і травм. При роботі в полі необхідно відпочивати і приймати їжу в польових

вагончиках, а при їх відсутності – в спеціально відведених для цієї мети місцях, які повинні бути обладнані навісом.

При ґрунтовій роботі (двоє або більше працівників) керівником робіт з числа працівників призначається старший. Виконання розпоряджень старшого обов'язково для інших працівників і обслуговуючого персоналу.

У процесі виробничої діяльності на працівників впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори, слід звернути особливу увагу на наступні вузли розкидача та ситуації під час експлуатації агрегату:

- Обертається карданний вал;

- Оберткові диски розкидачі;

- Оберткові елементи приводу;

- Небезпеки, пов'язані з втратою стійкості;

- Небезпеки в результаті контакту мінеральними добривами, використовуваними при розкиданні;

- Небезпеки, пов'язані з неправильним застосуванням засобів індивідуального захисту.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори реалізуються в травми або захворювання при небезпечному стані машин, устаткування, інструментів, середовища та здійсненні працівниками небезпечних дій.

Ризики, що виникають при неправильному обслуговуванні розкидачі:

- Небезпека отримання травми виступаючими елементами розкидачі під час завантаження бункера і під час роботи. Перед виконанням дій, описаних вище,

необхідно переконатися, що поблизу немає сторонніх осіб;

- Небезпека пошкодження під час підйому і опускання розкидачі. Дотримуватися особливої обережності при виконанні цих дій, в разі присутності людей поруч з агрегатом;

- Небезпека втягування або захвачування обертковими елементами приводу. Бути особливо обережними, коли оберткові елементи знаходяться в русі. Механізатор і сторонні люди не повинні наближатися до агрегату під час його роботи;

- Небезпека травмування розкидаються добривами під час роботи. Дотримуватися особливої обережності при роботі розкидачі. Дотримуватися безпечної дистанції від працюючого розкидачі.

- Небезпека втрати стійкості. Під час заповнення бункера розкидача повинен бути підключений до трактора. Агрегатувати розкидач рекомендованими тракторами.

- Небезпеки, викликані контактом з шкідливими речовинами або їх вдиханням. Під час роботи розкидача застосовувати рекомендовані засоби індивідуального захисту. Працювати в засобах індивідуального захисту: костюм, при необхідності використовувати захисні рукавички і захисні окуляри.

Вивчити правила користування засобами пожежогасіння, забезпечити до них вільний доступ. Не застосовувати пожежний інвентар для інших цілей.

Якщо стався нещасний випадок, надавати потерпілому першу допомогу (при відсутності людей на місці події - самопомога) і повідомити керівнику робіт про нещасний випадок.

Повідомити керівника робіт про несправності машин, що виникли в процесі робіт, самостійне усунення яких може призвести до аварії і нещасних випадків. Усувати такі несправності і небезпеки при обов'язковій участі

керівника робіт із залученням допоміжних працівників, з використанням інструменту і пристосувань, які гарантують безпечне виконання цієї операції.

Особи, які порушили вимоги інструкції, залучаються до відповідальності згідно з правилами внутрішнього розпорядку організації, за винятком випадків, коли порушення вимог включає кримінальну відповідальність.

Перед початком роботи необхідно привести в порядок робочий одяг: застебнути рукави, заправити одяг так, приборати волосся під щільно облягаючий головний убір. Не дозволяється працювати в легкому взутті (сланцях, сандалях, босоніжках).

Механізатор, що працює з розкидачів добрив, суворо повинен дотримуватися наступних правил безпеки:

- Експлуатація розкидачі мінеральних добрив довіряється особі, яка має відповідну кваліфікацію, що дозволяє працювати з сільськогосподарськими машинами, ознайомленого з інструкцією по експлуатації;

- Перед використанням розкидачі слід звернути увагу на його технічний стан, спосіб кріплення окремих механізмів, особливо елементів приводу і робочих вузлів;

- Не можна працювати машиною, яка не є повністю справною;

- Ослаблені кріплення необхідно затягнути, а пошкоджені деталі негайно замінити на нові;

- Всі огороження повинні бути встановлені і нешкоджені;

- Перед початком роботи слід переконатися в тому, що елементи, регулювання працюють правильно;

- Під час першого запуску перевірити працездатність машини, а також виконати попередню регулювання до наповнення бункера добривами.

- Розкидач можна запустити лише в тих положеннях після того, як ви переконалися, що в радіусі 50 м. не перебувають люди або тварини;

- Робота розкидачі може проводитися тільки при номінальній швидкості обертання ВВП трактора 540 об / хв. Не можна перевищувати 600 об / хв.

Не можна розкидати матеріали крім тих, для яких розкидач призначений.

Не можна працювати з пошкодженим карданним валом.

Не можна перемищатися агрегатом на передачу заднього ходу при включеному приводі робочих органів.

Під час роботи розкидача неприпустиме завантаження злежаних добрив в бункер.

Під час транспортних переїздів відключіть привід робочих органів розкидача. При здійсненні будь-яких регулювальних і ремонтних робіт необхідно вимкнути двигун на тракторі, переконатися, що ніякі елементи не обертаються, відключити привод ВВП.

При роботі слід стежити, щоб кожух карданного валу завжди зберігав свою цілісність, пошкоджений кожух необхідно відразу ж замінити. Механізатор не повинен залишати агрегат з включеним приводом без нагляду.

ВИСНОВКИ

1. На основі існуючих досліджень встановлено, що використання машин для виконання операції внесення мінеральних добрив із змінною по ширині захвату та напрямку переміщення нормою внесення технологічного матеріалу є ефективним методом забезпечення однакових умов росту та розвитку рослин по всій площі поля.

2. Розроблена математична модель автоматизованої зміни норми внесення ТМ як по ширині захвату, так і по напрямку переміщення резнопідійника мінеральних добрив в технологіях точного землеробства описує узгоджену роботу дозуючих та перерозподілюючих систем в процесі формування місцевизначеної щільності розподілу технологічного матеріалу по площі поля.

3. Для здійснення керованого перерозподілу двохфазної суміші між висівними каналами дільної головки пневматичного висівного пристрою, подійник повинен мати невеликий об'єм тіла, що знижує ковзання і відбивання частинок мінеральних добрив від його поверхні та виключає утворення аеродинамічної тіні при його переміщенні у крайні положення відносно вхідного вікна дільної головки. Керування інтенсивністю загального потоку мінеральних добрив у пневматичному висівному апараті доцільно здійснювати зміною частоти обертання котушки дозатора, яка забезпечується сервомеханізмом.

4. Для забезпечення точності реалізації заданих планів внесення мінеральних добрив по ширині захвату та напрямку переміщення машини, до програмного забезпечення контролера потрібно вносити поправку на час запізнення роботи механічної частини програмно - апаратного комплексу, що становить $t_3 = 3$ с та на час запізнення доставки технологічного матеріалу до периферійних сошників розподільника мінеральних добрив, який має значення $t_{nc} \approx 1$ с. Застосування в системі навігації електронного компаса дає вичерпну інформацію про положення агрегату в полі не лише відносно світових координат, а і відносно сторін світу, що особливо актуально для

широкозахватних агрегатів, стосовно ЗНВ мінеральних добрив по ширині захвату машини.

5. Створений експериментальний зразок розподільника мінеральних добрив із змінними нормами внесення ТМ по ширині захвату та напрямку переміщення машини дає економічну ефективність, порівняно з машинами із змінними

нормами внесення мінеральних добрив лише по напрямку руху – 1175 грн/га, а порівняно з машинами із сталими нормами внесення мінеральних добрив – 2100 грн/га (при ціні міндобрив 50 грн/кг).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аніскевич Л.В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.- НАУ, Київ.- 2005.

2. D.G.Wojtiuk, L.W.Aniskewitsch, M.A.Schostak. PERSPEKTIVEN DER EINFÜHRUNG DER PRÄZISEN AGRIKULTUR IN DER UKRAINE. Ukraine - Österreich. III. Symposium. Ukraine - Österreich. Landwirtschaft: Wissenschaft und Praxis. Tschernivci, 14-16 September 2000.

3. Пашко А., Автоматизовані технології системи точного землеробства в Україні. - Київ, Техніка АПК, № 11/12 - 2000.- С. 32, 33, 36.

4. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

5. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.-К.: Юнівест Маркетинг,2004г270с.

6. Сівак І.М. Механізація застосування змінних норм внесення мінеральних добрив// Науковий вісник НАУ. - 2003.- № 60. - С. 314.

7. Сівак І.М. Внесення мінеральних добрив в системі точного землеробства// Збірник наукових праць НАУ.- Механізація сільськогосподарського виробництва. - К.: Видавництво НАУ, 2002. - Том 11.- С 300 - 3004.

8. Сівак І.М. Дослідження процесів перерозподілу технологічних матеріалів по ширині захвату машини// Науковий вісник НАУ. — 2005.- № 92. ч.2.- С. 335-340.

9. Аніскевич Л.В., Сівак І.М. Миропольський О.М.. Шляхи оптимізації розподілу технологічних матеріалів по площі поля// Науковий вісник НАУ. - 2005. - № 92. ч 2.- С. 303 - 309.

10. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. Перспективи впровадження в Україні системи точного землеробства// Збірник наукових праць

Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва.- К.: Видавництво Науково - методичного центру аграрної освіти, 2002.- Том XIII.- С. 93-97.

11. Аніскевич Л.В. Місцевизначене керування технологічними процесами сільськогосподарських машин// Збірних наукових праць Національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва.- т. IX.- Київ, НАУ, 2000.-С.43-46.

12. Аніскевич Л.В. Модель функціонування посівної машини в системі точного землеробства// Сб. научн. труд. Керченского морского техн. инст- та.і Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий.- В.1. - Керчь: КМТИ, 2001.- С. 112-118.

13. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Адамчук В.В. Сучасні технології керування енергетичним потенціалом сільськогосподарського поля// Науковий вісник НАУ.- Вип. 73.- Київ, 2004,- С.286- 291.

14. Аніскевич Л.В. Технологія компенсаційних внесень технологічних матеріалів в системі точного землеробства// Збірник наук, праць НАУ. Механізація сільськогосподарського виробництва.- Том XI. - Київ: НАУ, 2002.- С. 30-43.

15. Аніскевич Л.В. Формализация механизированных процессов переменных норм внесения технологических материалов в системе точного земледелия// Сб: научн. трудов ВИМ. Машинная технология и техника для производства зерновых, масличных и зернобобовых культур. Том. 3, ч. 2. - М.: ВИМ, 2001.- С. 238-241.

16. Механіко — технологічні основи застосування системи точного землеробства (СТЗ) в агропромисловому комплексі України// Звіт про науково-дослідну роботу. НАУ, 2002.- № держреєстрації 0198 U 004123.- 112с.

17. Міхеєв Є.К. Інформаційні системи в землеробстві. Ч.1: Системи підтримки прийняття технологічних рішень на рівні проектування і планування.- Херсон: Вид. ХДУ, 2005.- 280 с.

18. Міхеєв Є.К. Інформаційні системи в землеробстві. Ч.2: Системи підтримки прийняття технологічних рішень на рівні оперативного планування і управління:- Херсон, Вид-во ХДУ, 2006.- 355 с.

19. Медведєв В.В., Пліско І.В, Біцура В.Л. Від зональних – до точних агротехнологій.- К.: Вісник аграрної науки, № 5, 2009– С.52-57. 7. Кравчук В., Любченко С., Войновський В. Інтегральна система керованого землеробства – необхідний засіб нові

20. Казаченко Л.М., Казаченко Д.А. Переваги GPS-технологій під час розробки проектів консервації малопродуктивних і деградованих земель // Вісник Харківського національного технічного університету с.г. ім. П. Василенка, "Механізація сільськогосподарського виробництва", Вип. 75. Том. І, Харків. 2008. – с. 259 – 283.

21. Кравченко В., Сердюченко Н. та ін. Основи методології моніторингу агроресурсів та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за проектом MARS // Вісник Харківського національного технічного університету с.г. ім. П. Василенка, "Механізація сільськогосподарського виробництва", Вип. 75. Том. ІІ, Харків: 2008. – с. 3 – 14

22. Кравчук В., Любченко С., Ковтуненко О. Інтегрована система технологій керованого землеробства // Збірник наукових праць УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого / "Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України". – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13 (27). Книга 2. – С. 50 – 52.

23. Кравчук В., Любченко С., Баранов Г., Цулая А. Принципи побудови, структура і склад інформаційної бази для формування Атек-завдань в системі керованого землеробства // Збірник наукових праць УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого / "Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України". – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13 (27). Книга 2. – С. 53 - 57.

24. Кравчук В., Любченко С. та ін. Прогноз розвитку технологій виробництва продукції рослинництва з використанням інформаційно-керуючих засобів // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 4(7). – С. 4–5.

25. Кравчук В., Любченко С., Войновський В. Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій. // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 7(10). – С. 14–16.

26. Системи землеробства : історія їх розвитку і наукові основи. І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко та ін. За ред. В.Д. Примака. Біла Церква, 2004. 528с. (8 екз.)

27. Сучасні системи землеробства України. Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2009. – 256с.

28. Гудзь В.П., Примак І.Д., Будьонний Ю.В., Танчик С.П. Землеробство: Підручник. 2-е вид. перероб. та доп. За ред. В.П.Гудзя. - К.: Центр учбової літератури. 2010. 446с.

29. Екологічні проблеми землеробства : Підручник. [В.П.Гудзь., І.П. Рихлівський, М.Ф.Рибак та ін.] – Житомир: Полісся України, 2010. – 740с.

Солоха М. Спектральний аналіз урожайності / М. Солоха // FARMER. - 2011. - № 12 (Грудень). - С. 86-87.

30. Солоха М. Використання безпілотників у точному землеробстві / М. Солоха // Пропозиція : український журнал з питань агробізнесу. - 2014. - № 1. - С. 138-140.

31. Солоха М. Технології точного землеробства у системах захисту рослин / М. Солоха // Сучасна техніка для захисту с.-г. культур: спецвипуск журналу "Пропозиція". - 2017. - № 4. - С. 26-29.

32. Сидоренко В. GPS-рішення на зрошенні / В. Сидоренко // FARMER. - 2013. - № 11. - С. 16-18.

33. Огійчук В. Точна доза / В. Огійчук // FARMER. - 2018. - № 8. - С. 38-

34. Горда О. Заглиблюючись у точні технології / О. Горда // зерно : всеукраїнський журнал сучасного агропромисленника. - 2016. - № 7. - С. 182-184.

35. Євтушенко В. Альтернатива GPS-навігації / В. Євтушенко // FARMER. - 2012. - № 8. - С. 90-91.

36. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Броварець О.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Система точного землеробства" для студентів сільськогосподарських вузів. - К.: Центр інформаційних технологій. 2011. - 42 с

37. Ess D., Morgan M. The precision-farming guide for agriculturists. Deere & Company, Moline, second edition, - 2003, - 138 p.

38. Аніскевич Л.В. Місцевизначене керування технологічними процесами с.-г. машин // Механізація сільськогосподарського виробництва- К.: НАУ. - 2000. - Т. IX. - С 43-46.

39. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Захарін Ф. М., Броварець О.О. Польова інформаційна машина системи підтримки виробництва продукції рослинництва. Рекомендації до застосування в галузі сільськогосподарського машинобудування. - К.:МінАПК, 2010. -77 с.

40. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Захарін Ф. М., Сівак С.М. Моделювання адаптивних технологічних процесів місцевизначеного землеробства. Рекомендації до застосування в галузі сільськогосподарського машинобудування. - К.:НАУ. 2007. - 55 с.

41. Аніскевич Л.В. Технологія компенсаційних внесень технологічних матеріалів в системі точного землеробства // Збірник наук. праць НАУ "Механізація сільськогосподарського виробництва" - К.: НАУ. - 2002. - С 30-43

42. Агробізнес України – 2014 [Електронний ресурс] // Інфографічний довідник : [сайт]. – Режим доступу: <http://agrex.gov.ua/wp-content/uploads/Infografika-sil'skogo-gospodarstva-Ukrayini-vid-BakerTilly-ta-Latifundist.pdf>.

43. Дем'яненко С. І. Інноваційне зростання – основа стабільності агропромислового комплексу / С. І. Дем'яненко // Наука та інновації. Сільськогосподарські і аграрні технології. – 2005. – Т. 1. – Вип. 1. – С. 87–98. (DOI: 10.15407).

44. Інноваційні технології в тваринництві [Електронний ресурс] // Журнал "Тваринництво України". – 2014. – № 6. – Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/system/files/Стаття%20щодо%20інновацій%20в%20тваринництві.pdf>.

45. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки : [монографія] / [О. В. Шубравська, Л. В. Молдован, Б. Й. Пасхавер та ін.] ; за ред. д-ра екон. наук О. В. Шубравської ; НАН України, Ін-т екон. та прогноз. – К., 2012. – 496 с.

46. Крачок Л. І. Новітні технології в сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження [Електронний ресурс] / Л. І. Крачок // Сталий розвиток економіки. Міжнародний науково-виробничий журнал. 2013. № 3.

47. "Стрип-тілл": шляхом проб і помилок [Електронний ресурс] // Український журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". – 2015. – № 2.

48. Циганенко М., Макаренко М. Система точного землеробства [економить ваші гроші. Пропозиція. 2017. № 2. С. 56–60.

49. Петренко І. Точне землеробство – мода чи культ?. Агробізнес сьогодні». 28.07.2017. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2556-tochne-zemlerobstvo-moda-chy-kult.html>

50. John Deere. Системи точного землеробства (AMS). URL: <https://www.deere.ua/uk/magazines/publication.html?id=0650c1a8#8>

51. McBratney A., Whelan B., Aneev T. Future Directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture. 2005. № 6. P. 7–23.