

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.01. – КМР 1798 «С» 2021.10.23. 003 ПЗ

Дорогань Оксана Петрівна

2021 р.

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет УДК

631.354.02

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Декан механіко-технологічного факультету Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки

В.В.Братішко

ім. акад. П.М.Василенка

«___» _____ 2021 р. Ю.О. Гуменюк
«___» _____ 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на тему ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ СІВБИ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Спеціальність 208 Агроінженерія
Освітня програма Агроінженерія
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи Ю.О. Гуменюк
кандидат технічних наук, доцент

Дорогань О.П.

Виконав
КИЇВ - 2021

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

2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Дорогань Оксана Петрівна

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітня програма Агроінженерія

Магістерська програма Оптимізація параметрів, процесів і режимів роботи техніки АПК

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ**

**ПРОЦЕСІВ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО
ЗЕМЛЕРОБСТВА**

затверджена наказом ректора НУБіП України № 1798 «С» від 23.10.2021р.

Термін подання завершеного проекту на кафедру 2021.11.15

Вихідні дані до магістерської роботи швидкості руху липкої стрічки $V_c = 1,2$ м/с із заданою нормою $Q = 60$ шт/м², частота висівного диска $n_d = 28$ об/хв, повторили швидкості руху липкої стрічки $V_c = 1,4$ м/с й $V_c = 1,7$ м/с, а також встановили частоту обертання висівного диска $n_d = 35$ об/хв та виконали операції з п.2

Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз стану механізації сівби зернових культур 2. Дослідження процесів місце визначеної сівби 3. Експериментальні дослідження висівної системи сівалки для місце визначеної сівби зернових культур 4. Охорона праці при виконанні механізованих операцій в точному землеробстві

Дата видачі завдання _____

Керівник магістерської роботи _____

Гуменюк Ю.О.

Завдання прийняв для виконання _____

Дорогань О.П.

НУБІП України

Реферат

Магістерська робота на тему: "ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОСЕСІВ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА"

Звіт магістерської роботи: 74 с., 42 рис., 1 таб., 38 джерел.

Об'єкт дослідження- механізовані процеси посіву сільськогосподарських культур зі змінами стандартами в технологіях точного землеробства.

Мета- покращення вирощування зернових шляхом розробки та вдосконалення систем посіву для технологій точного землеробства.

Методи дослідження- теорія оптимального керування, математичні статистичні методи. Лабораторні польові досліди проводять із застосуванням стандартних методів випробувань сільськогосподарської техніки та спеціального обладнання.

Дано огляд сучасної механізації посадки сільськогосподарських культур, наведено діючі локально визначені методи сівби, на цій основі розроблено систему висіву сівалки для повних агротехнологій. Розроблено алгоритми контролю норм висіву насіння, основної та функціональної механічної системи посіву. Проведені лабораторні дослідження схеми пневматичних операцій зернового висіву з досвідною системою висіву.

Ключеві слова: СІВАЛКА, ВИСІВНИЙ АПАРАТ, СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА, КАРТОГРАМА.

НУБІП України

РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	
1.1 Сучасний стан механізації сівби сільськогосподарської сівби для технологій точного землеробства.....	10
1.1.1 Аналіз існуючих способів місцевизначеної сівби для технологій точного землеробства.....	9
1.1.2 Засоби механізації сівби зернових культур.....	14
1.2 Сівба зі змінними нормами.....	15
1.2.1 Механізація сівби зі змінними нормами.....	24
1.3 Мета та задачі дослідження.....	25
1.4 Методика дослідження.....	26
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОЇ СІВБИ З РОЗРОБКОЮ ВИСІВНОЇ СІВБИ	
2.1 Обґрунтування конструкції системи дозування і розподілу насіння....	27
2.2 Розробка принципової схеми висівної системи для технологій точного землеробства.....	33
2.3 Блок керування центральним дозатором машини.....	36
2.4 Узагальнена схема оладнення керування процесами дозування та перерозподілу насіння.....	40
2.5 Математична модель системи керування процесами дозування та перерозподілу насіння.....	41
3 Експериментальні дослідження висівної системи сівалки для місцевизначеної сівби зернових культур	47
3.1 Програма та методика проведення експериментальних досліджень.....	48
3.2 Аналіз результатів лабораторних випробувань висівної системи.....	50

3.2.1	Лабораторні дослідження рівномірності розподілу насіння між висівними секціями сівалки для технологій точного землеробства.....	51
3.2.2	Аналіз моделі функціонування пневматичної системи дозування та розподілу насіння.....	55
3.3	Економічна ефективність застосування змінних норм висіву насіння.....	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ МЕХАНІЗОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ		
4.1	Основні поняття.....	65
4.2	Аналіз виробничих небезпек та розробка заходів по їх усуненню.....	65
4.3	Вимоги до технологічного стану пристрою.....	66
4.4	Вимоги до технічного стану пристрою.....	66
4.5	Безпека при комплектуванні машино-тракторних агрегатів.....	67
ВИСНОВКИ		68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		69

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Сівба значною мірою визначає стан фітоценозів (фітоценозною-рослинної групи на даній території) і є важливою складовою процесу вирощування сільськогосподарських культур. Як відомо, сьогодні найпрогресивнішим способом висадки польових культур є посів зі змінними нормами. Ідеї від вирощування є органічним елементом процесу виробництва продукції рослинництва за технологіями точного землеробства.

Змінна культивация або локально визначена потреба в культивации — це різниця в рівні родючості різних ділянок поля (різна кількість поживних речовин, вологість тощо) і, отже, різні виробничі потужності цих ділянок. Завдання локального вирощування — забезпечити таку кількість рослин на одиницю площі, яка може дати найвищий урожай у даній сільськогосподарській ситуації. Рекомендується висаджувати більше насіння на одиницю площі, особливо на ґрунтах з високим вмістом поживних речовин.

Важливо розробити місцеві методи посіву, а також спеціальне обладнання для зернових і рядкових сівалок, щоб використовувати існуючі конструкції сівалок з використанням технологій точного землеробства. Така техніка повинна забезпечувати певну змінну норму висіву в режимі реального часу відповідно до задалегідь підготовлених картограмних завдань на посів.

Для рослинництва в Україні технологія посіву зернових залишиться традиційним використанням механічних або пневматичних сівалок. Сучасні сівалки мають застарілі конструктивні рішення, котрі сягають минулого століття. Для дозування та розсіювання насіння в сівалках цього типу висівних апаратів використовуються катушкові висівні апарати або звичайний тип центральної висівної системи. Однак відомо, що сівалки з такими системами висіву мають неякісне розсіювання насіння між плугами (більше 3%), а також уздовж рядка. Крім того, коли висаджують різне насіння та різні норми висіву, однорідність може бути значно порушена.

Тому актуальною проблемою є розробки та застосування передових систем посіву нового покоління для технологій точного землеробства.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є вдосконалення процесів посіву зернових шляхом розробки та вдосконалення систем посіву сівалок для технологій точного землеробства.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

-проаналізувати сучасний стан механізації вирощування сільськогосподарських культур та існуючі місцеві методи вирощування;

-розробити конструктивну схему та алгоритм управління нормами висіву насіння;

-розробити базовий функціонал та схеми створення передової системи насадження за повними агро-технологіями;

-розробити програму та методологію дослідження; провести лабораторні випробування посівної системи для локально визначених посівів зернових.

Метою дослідження є механізовані процеси висіву зернових культур у змінних нормах на основі технологій точного землеробства.

Предметом дослідження є посадочні системи локальних насаджень та спеціальне обладнання для них.

Методи дослідження базуються на положеннях теорії оптимального управління, методів математичної статистики. Лабораторні польові випробування проводяться стандартною сільськогосподарською технікою та методами спеціального обладнання.

НУБІП України

НУБІП України

1 АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Посів – перший і найбільш відповідальний період, який багато в чому визначає час і повноту сходів, подальший ріст і розвиток рослин в осінній вегетаційний період, продовження етапів загартовування, морозостійкість і зимостійкість, стійкість до інших стресових факторів, хвороб, шкідники, бур'яни, які є важливими факторами отримання високих урожаїв на кінцевій стадії.

1.1 Сучасний стан механізації сівби сільськогосподарських культур

Історичний досвід удосконалення процесів посадки налічує понад 100 років. За цей час створено сотні й тисячі конструкцій бурів з різними техніко-експлуатаційними характеристиками та економічними показниками.

Сівалки на сьогоднішній день оснащені найсучаснішим інструментом для контролю та контролю систем посадки, контролю та сигналізації про порушення технологічних процесів. Сучасні сівалки працюють в різних кліматичних зонах і на різних ґрунтах, де вирощують зернові, зернобобові та просапні культури.

1.1.1 Аналіз існуючих способів місцевизначеної сівби для технологій точного землеробства.

Посадка насіння та добрив зі змінними нормами висіву, збір, перенесення, зберігання, переробка, обробка тощо інформації про агробіологічний ресурс сільськогосподарської території, на основі транзакцій. Завдання локального вирощування – забезпечити кількість рослин, які можуть дати найбільший урожай з одиниці площі в даній сільськогосподарській ситуації, тобто за певної кількості вологи, поживних речовин у ґрунті, умов фотосинтезу та температури, властивої рослині.

площа [3].

Локальні посадки виконуються за допомогою систем управління на основі технологій глобальної системи позиціонування (GPS). Він був

розроблений і почав використовуватися в військово-промисловому комплексі США для управління рухом військових кораблів. Пізніше ця технологія почала активно використовуватися в аграрному секторі для підвищення продуктивності, забезпечення максимальної ефективності використання техніки та зниження витрат фермерів [3, 4].

У 1998 році John Deere став першим, хто запропонував супутникову систему землеробства на основі сигналів від 30 активних супутників. Супутники передають сигнали, які дозволяють знайти точне місце розташування приймача, встановленого на землі (наприклад, в транспортному засобі). Розвиток цих технологій дав поштовх розвитку точного землеробства.

Приймач StarFire iTC (рис. 1.1) є двонастотним приймачем системи диференціального позиціонування глобального позиціонування, що одночасно приймає сигнали від 10 супутників системи GPS та сигнал, що надається мережею диференціальної корекції. У приймач вбудований модуль корекції має положення, що враховує рейку, яка автоматично коригує координати верстата.



Рис 1.1 Приймач StarFire iTC.

У системі GreenStar використовуються різні типи сигналів, що дозволяє задовольняти різні вимоги до якості роботи. Приймач StarFire iTC може працювати з сигналами різного рівня точності. Він також використовується як з системою керування Parallel Track, так і з AutoTrac. Приймач StarFire iTC можна встановити на будь-який блок живлення 12В.

Мобільний процесор застосовує карту пам'яті KeyCard, яка попередньо реєструє різні програми: Parallel Tracking, Field Doc або програму для картографування культур. Частина процесора (рис. 1.2) можна легко переміщати з однієї машини на іншу.



Рис 1.2 Мобільна процесорна частина.

При використанні комп'ютерної картографічної програми зона записує інформацію на карту пам'яті для комп'ютера, інформацію про площу, пропускну здатність і координати машини. При використанні системи кольорового відображення процесорна частина не потрібна, вона входить в комплект дисплея.

Системне обладнання GreenStar 2 сумісне з системою ISOBUS. Система ISOBUS дозволяє керувати причепами та причепними машинами за допомогою одного терміналу, незалежно від їх марки. Роз'єм дозволяє легко та швидко підключати ISOBUS-сумісні інструменти. Система FLEXCONTROL компанія FLEXI-COIL дозволяє відрегулювати зміни норми посадкового матеріалу.

Системний монітор FLEXCONTROL (рис. 1.3) наочно представляє інформацію про роботу всіх систем і агрегатів, допомагаючи відстежувати зміни та регулювати норми навантаження бункера. Монітор відображає швидкість, швидкість вентилятора та оброблену площу для кожної області.



Рис 1.3 Загальний вигляд системи FLEXCONTROL.

Бункер сіялки автоматично оснащується системою регулювання норми висіву (рис. 1.4)



Рис 1.4 Система регулювання норми висіву.

Автоматичне регулювання здійснюється безпосередньо з кабіни за допомогою електронної системи, так що норму висіву можна визначити або змінити залежно від поля. умови. Система контролю сіялки BOURGAULT і норми внесення складається з бортового комп'ютера, системи контролю потоку насіння під час руху та системи контролю потоку матеріалу по зонах.

Бортовий комп'ютер (рис. 1.5) попереджає оператора про різні проблеми: проблеми в гідравлічній системі нагнітальних вентиляторів; зниження рівня продукції в секціях; упори вимірювальних щнеків, відключення бункера.



Рис 1.5 Бортовий комп'ютер сівалок BOURGAULL

Вимірювальну систему також калібрують за допомогою монітора. Під час руху з кабіни трактора головний монітор зчеплення підключається до систем управління потоком продукту.

Монітор може одночасно проконтролювати: два нагнітальних вентилятора, швидкість висіву чотирьох використовуваних культур, швидкість руху агрегату, рівень заповнення секцій бункера, загальну оброблювану площу та площу поля, швидкість щнеків, блокування потоку, датчики.

Система CRA (система управління потоком продукції в русі з кабіни трактора) дозволяє змінювати витрату матеріалу з кабіни трактора натисканням кнопки для кожного рухомого дозатора (рис. 1.6).



Рис 1.6 Блок керування системою CRA

Електропривод, встановлений на кожному варіаторі швидкостей, що реагує на рухи оператора, встановить варіатор на необхідне передавальне число. Для зручності зміни витрати/під час калібрування є другий блок з перемикачем на рамі камери. Спеціальне обладнання сівалок RAPID дозволяє контролювати норму висіву в автоматичному режимі (рис. 1.7) за допомогою радара 1, який вимірює швидкість сівалки в процесі та передає дані на блок керування 2. подача зерна до сівалки 3.



Рис. 1.7 Загальний вигляд обладнання сівалок

Пневматична система доставки FAST може дозувати насіння будь-якого розміру та питомої ваги без додаткових налаштувань. Гідравлічний привід дозволяє сіяти велику норму без зниження швидкості руху. Привід забезпечує безперервну подачу зерна. У процесі сіви дрібно-зернових культур роботу ширину висівної катушки зменшують.

Система розсіювання однаково точно розсіює дрібне і велике насіння з точністю від 1,5 кг/га до 300 кг/га. Швидкість висіву легко змінюється під час руху на панелі керування. 1.1.2 Засоби механізації сіви зернових культур. За функціональною ознакою сівалки для сіви зернових можна поділити на групи [1]: рядкові - для рядкового висіву зернових у районах з нормальними або підвищеними опадами;

зернові - для посіву насіння з одночасним внесенням мінеральних добрив, у тому числі сівалки для місцевого внесення мінеральних добрив у великих (800-1500 кг/га) дозах. Зернові пневматичні з центральним

дозуванням - застосовують для вирощування зернових, зернобобових і зернових культур в одночасним внесенням у лінії мінеральних добрив.

1.2 Посадка зі змінною нормою

При виконанні робіт за технологіями точного землеробства необхідно дотримуватися ряду специфічних вимог, а також сільськогосподарських технічних вимог загального призначення. Щодо загальних агротехнічних вимог, то сівалка повинна висівати постійну норму висіву, використовуючи максимальне перекриття рослин під час проростання, забезпечувати рівномірний розподіл по всьому ряду, забезпечувати постійну та легко змінну глибину ґрунту в ґрунті.

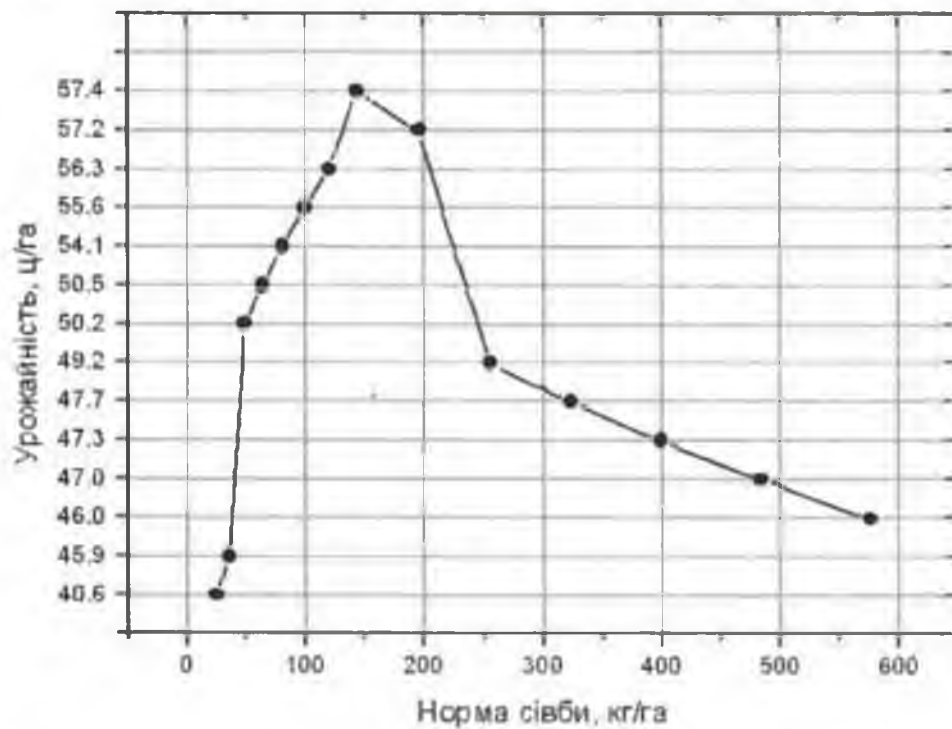


Рис 1.8 Залежність урожайності озимої пшениці Безоста Свід норми висіву насіння

На графіку видно, що існує чітко визначена оптимальна норма висіву для певних умов росту та розвитку рослин. У цьому випадку цей оптимум знаходиться в межах 100-220 кг/га. Збільшення норми висіву призводить до потовщення стебла та зниження таких показників, як кількість зерен на колос

і маса 1000 зерен. При низьких темпах посіву рослини не можуть повною мірою використовувати доступний їм поживний простір. Відомо, що при низькій агротехніці та нестачі поживних речовин продуктивність рослин низька. Тому врожайність часто залежить від кількості рослин (або стебел) на одиниці площі.

Урожайність зернових 40 ц/га і вище пов'язана з використанням високих доз мінеральних добрив. Звісно необхідно створити необхідні умови, щоб рослини були використані якнайкраще. Іншими словами, важливо застосовувати змінну норму посіву на певних ділянках поля, тобто місцеву посадку.

Сьогодні використовуються зовсім інші локальні технології посадки. Використання того чи іншого визначається певними умовами. Як пояснювалося вище, основними вимогами до посадки сільськогосподарських культур є певна норма висіву та якісний вихід насіння в ґрунт. Для використання технологій точного землеробства необхідно оснастити наявні посівні машини відповідним спеціальним обладнанням. Таке обладнання повинно забезпечувати конкретну змінну норму висіву в реальному часі на основі попередньо складених картограм змінних норм висіву.

Локально детермінованого посіву можна досягти за допомогою карти або сенсорної технології [8, 9]. При використанні картографічної технології посів насіння проводять за попередньо складеною електронною картограмою. Така картограма базується, наприклад, на інформації про врожайність сільськогосподарських культур попереднього сільськогосподарського дослідження та на даних моніторингу фізико-механічних та агрохімічних параметрів ґрунту. При використанні сенсорної технології культивування здійснюється в режимі реального часу на основі даних про значення агрохімічних та фізико-механічних параметрів ґрунту датчики стану землі, встановлені на блоці. Для висіву за сенсорною технологією бажано використовувати системи з адаптивним обладнанням.

1.2.1 Змінна механізація посіву

Для локальної посадки за тієї чи іншої технологією необхідно мати відповідне програмно-технічне забезпечення, встановлене на існуючих або спеціально розроблених сівалках. Деякі зразки таких транспортних засобів випускає ряд компаній, найвідоміші з яких RAWSON, Mikro-Trak System (США), AMAZONE, Muller (Німеччина) та інші. Ці компанії також виробляють зразки пристроїв контролю, управління та виконання.

Наприклад, AMAZONE (Німеччина) розробила системи контролю норми висіву для зернової сівалки (рис. 1.9). Основою системи контролю норми висіву є синхронізована робота бортового та бортового комп'ютерів та відповідних датчиків і виконавчих механізмів. Датчики наявності та рівня зерна та добрив також розміщені в зернових та удобрених ящиках відповідно.

Швидкість обертання валу сівалки, наявність посіву, наявність сигналу від датчиків глобальної системи позиціонування (GSP). Інформація про стан апарату відображається на терміналі, встановленому в шафі АТ з ПКП. Також встановлено обладнання для прийому сигналів антен GSP та DGPS.

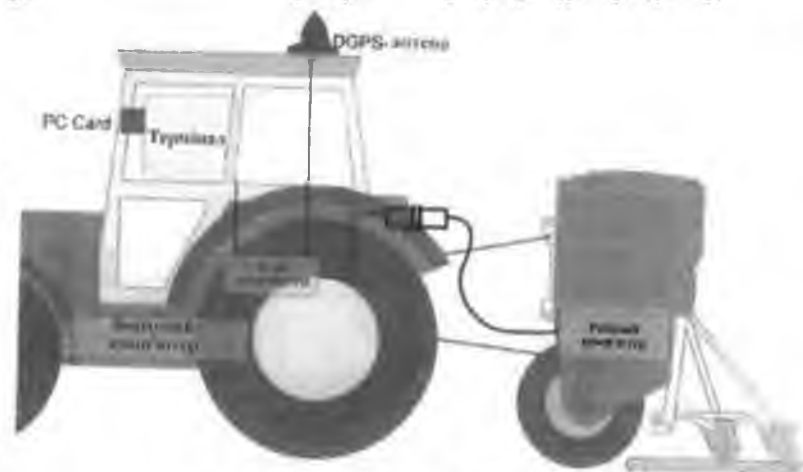


Рис. 1.9. Схема зернової сівалки AMAZONE з обладнанням ЗНВ.

Функції контролю за виконанням технологічного процесу розподілені між робочим та бортовим комп'ютерами. Робочий комп'ютер встановлюється безпосередньо на сівалці і служить для узгодження роботи індивідуальних сервоприводів та уніфікованого бортового комп'ютера, що

встановлений в кабіні трактора. Прикладом сівби із змінною нормою висіву відповідно до сенсор-технології може бути сівалка з набором пристроїв ACCU-PLANT фірми RAWSON. Сівалка працює за способом при якому зміна норми висіву відбувається в залежності від параметрів сигналів, які поступають від спеціальних датчиків (рис. 1.10). Датчики параметрів ґрунту являють з себе пару дисків, що обертаються і аналізують з частотою 25 с^{-1} електропровідні характеристики ґрунту, що проходить між ними.



Рис 1.10 Сівалка з програмованою нормою висіву з набором пристроїв «ACCU-PLANT»

Для забезпечення програмованої норми висіву використовується серводвигун (рис. 1.11, а), який використовує сигнали бортового комп'ютера (рис. 1.11, б) і радара (датчика швидкості) (рис. 1.11, в). Радар стежить за швидкістю роботи пристрою і посилає сигнал на процесор.



Рис 1.11 Набір пристроїв "ACCU-PLANT" фірми RAAWSON: а-серводвигун, б-процесор, в-радар. Процесор має режими «GPS» і «Нормальний»

У режимі «GSP» процесор зчитує сигнали з приймача GSP, антена якого прикріплена до кабіни трактора, а також сигнали з карт змінних норм висіву та формує керуючі сигнали для сервоприводів. Гідрофілізовані приводи регулюють швидкість обертання вхідного валу приводного механізму систем сівалки, за сигналами процесора. Як бачимо, на сівалках за технологією ТЗ опорне колесо сівалки втрачає функцію механічного приводу насіннєвих (і добривних) машин.

Функції контролю та регулювання норми висіву передані на спеціальні датчики та прилади, які аналізують стан ґрунту та забезпечують бортовий комп'ютер постійно необхідною для даної точки норми висіву поля. Бортовий комп'ютер формує керуючий сигнал, який передається на виконавчий механізм відповідно до встановленого програмного забезпечення.

Обладнання можна поділити на основне та додаткове (рис. 1.12).

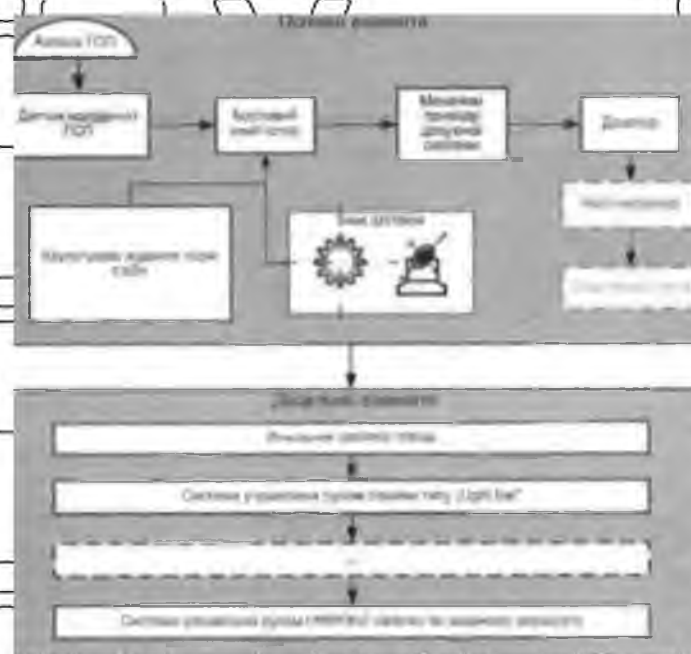


Рис 1.12 Основні і додаткові елементи спеціалізованого обладнання посівних машин.

Основне обладнання – навігаційна система з антеною та датчиком координат, бортовий комп'ютер із відповідним програмним забезпеченням.

блок датчиків кінематичного та технологічного режимів роботи висівного агрегату, механізм приводу системи дозування, дозатор та електронна карта посівних норм на даній території. Додаткове обладнання включає такі елементи, як лічильник обробленої площі і ККД агрегату, блок управління напрямком руху.

Сівалки типу "Light bar", блок керування рухом і навігацією тощо за заданим маршрутом вправі.

Враховуючи, що локально визначений посів вирішує проблему простору-часу, важливим елементом спеціального обладнання є датчик швидкості АПТ. Сьогодні використовуються радарні та супутникові датчики швидкості та датчики Холла. На рисунку 1.13 показані датчики супутникового та радіолокаційного типу відповідно. Обов'язковим елементом додаткового обладнання для сівалки є система визначення координат МТА на полі. Якщо для цього використовувати ГСП, то можна

використовувати розрахункову інформацію не тільки про координати положення МТА в полі, а й про швидкість руху. Деякі приймачі ГСП (з точністю позиціонування субметрової) можуть давати точність визначення швидкості з похибкою 0,15-0,2 м/с. Датчики на основі технологій GSP (рис.

1.13 а) використовують сучасну супутникову навігаційну технологію і не потребують польових операцій калібрування. Інформація про швидкість АПТ запускається і зупиняється відповідно під час руху та зупинки.



а)



б)



в)

Рис 1.13 Датчики швидкості руху МТА: а) ГСП-типу; б) радарного типу ІЗВ в) радарного типу І.

Частота оновлення інформації 5 Гц. Датчики радіолокаційного типу (рис. 1.13 а) і б) відрізняються високою надійністю і точністю роботи, здатні вимірювати швидкість в діапазоні 0,5-100 км/год з похибкою +1-3%.

Для вимірювання швидкості руху сівалок використовують також датчики ефекту Холла (рис. 1.14 а) та використання магніточутливих елементів (рис. 1.14 б).



Рис.1.14 Датчик швидкості, а) і датчики швидкості МТА з

використанням магніточутливих елементів, б)

Датчики маси мають невеликі розміри і вагу. Вони можуть використовуватися в дуже складних природно-кліматичних умовах і мають прості умови монтажу. Для реєстрації інтенсивності вихідного потоку насіння використовують датчики маси (рис. 1.15). Такі датчики необхідні для створення оптимальних регуляторів висівних систем сівалок і надають інформацію про кількість насіння.



Рис. 1.15 Датчики щільності потоку насіння на виході.

Для вимірювання частоти обертання валів використовуються датчики обертання (рисунок 1.16).



Рис.1.16 Ротачійний сенсор.

Цей тип датчика дозволяє вимірювати частоту обертання валів в діапазоні 2-2500 об/хв, даючи 360 імпульсів на оберт.

Функції керування рухом і навігація MTA FieldGuide plus (рис. 1.17), а також система моніторингу кінематичного та технологічного режимів роботи сівалки забезпечують контроль напрямку руху агрегату на будь-якій раніше обробленій ділянці. Це означає, що в режимі керування сама машина рухається по раніше введеному контуру поля. Таким чином керувати посівним агрегатом вигідно, коли потрібно знати площу засіяного поля.

Використання фірмової обв'язки, каміня на засадженій території, заражених сільськогосподарськими шкідниками ділянках, зрошувальних трубах тощо. Дозволяє знайти певні точки, наприклад це дозволяє застосувати ці предмети (камні, ділянки комак, виступи, водні перешкоди тощо) на карті міс і та уникати зіткнень з ними під час роботи.



Рис.1.17 Прилад FieldGuide plus (Франція)

Робота пристроєм заснована на технологіях GPS. Пристрій працює з напругою 9-32 вольтів. Приймач DGPS має велику світлову панель і магнітні замки для легкого монтажу. Невелика світлова панель знаходиться на моніторі і кріпиться до лобового скла салону за допомогою присосок. Для роботи з приладом потрібно ввести ширину зони обробки, вибрати режим управління.

Пристрій допоможе забезпечити потрібну відстань між рядами на обраній швидкості та відповідно до кваліфікації оператора. Всі робочі дані зберігаються на карті пам'яті. Це дозволяє повертатися до раніше позначених елементів або керувати розміром поля, наприклад. Дані з карти пам'яті можна перенести на ПК за допомогою додаткового програмного забезпечення.

Загалом, аналіз сучасного рівня розвитку місцевого вирощування дозволяє зробити висновок про структуру та послідовність вирішення проблем місцевого вирощування. Компоненти процесу посіву зі змінною нормою: відображення заданих норм посіву (офісна частина роботи); визначення координат розташування посівного агрегату в полі; визначення кінематичних режимів роботи агрегату (швидкість, курс, магнітний азимут тощо); контроль інтенсивності потоку першого насіння; розрахунок оптимальних керуючих дій механізму приводу системи дозування; зміна режиму роботи дозатора. Надалі необхідно провести традиційні посівні операції: провести потік насіння змінної густоти до системи сошника і закріпити насіння в ґрунті на певній глибині.

1.3 Мета і задачі досліджень. Мета досліджень покращення вирощування зернових шляхом розробки та вдосконалення систем посіву для технологій точного землеробства. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати сучасний стан механізації вирощування сільськогосподарських культур та існуючі місцеві методи вирощування; розробити конструктивну схему та алгоритм управління

нормами висіву насіння; розробити базову та функціональну схему Скласти передову систему насадження для точних агротехнологій; розробити програму та методологію дослідження; провести лабораторні випробування посівної системи для локально визначених посівів зернових.

1.4 Методика досліджень

Процес визначення координат на місцевості за допомогою АІТ забезпечує основу для досліджень локально визначеного вирощування.

Технології GSP використовували в лабораторно-польових та польових дослідженнях. У звичайному режимі технологія GSP дозволяє визначити координати МГА з точністю близько 10 метрів. У випадках, коли потрібна більш висока точність, планується використання диференційної станційної технології власного виробництва. Використовуючи теоретичні дослідження,

ГСП базується на теорії автоматичного керування, моделюванні сигналів і систем керування, розрахунку ОПТИМАЛЬНИХ регуляторів.

Під час лабораторних досліджень використовуються методи планування експерименту, статистичні методи обробки експериментальних даних, теорія вимірювання фізичних величин, аналітичне та експериментальне моделювання. За показниками рівномірності висіву та розподілу насіння також оцінюються параметри часового процесу режиму роботи висівних машин.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІСЦЕВИЗНАЧНОЇ СІВБИ З РОЗРОБНОЮ ВІСІВНОЮ СИСТЕМОЮ

2.1 Розгляд конструкції системи дозування і розподілу насіння

Сучасний етап розвитку сільськогосподарської техніки та технологій під час виробництва рослинної продукції все частіше застосовує елементи системи точного землеробства (СТЗ) [1].

Сільськогосподарські машини (СГМ) з обладнанням для технологій точного землеробства (ТЗ) за критерієм використання геовизначеної інформації, можна розподілити на два різні класи: реєстратори – машини з системами реєстрації параметрів місцезнаходження (переважно збиральні машини та технічні засоби польової розвідки) та реалізатори – машини із відтворенням місцевизначеної інформації з метою керування технологічним процесом (переважно машини для внесення технологічних матеріалів (ТМ) – сівалки, обприскувачі, розподільники добрив тощо). Таким чином, задачі, які вирішує бортове обладнання машин-реєстраторів та машин-реалізаторів, теж значно різні.

До першого класу ставиться задача максимально точного запису на магнітні носії кількісного перебігу технологічного процесу, який виконується, а до другого класу – максимально точного виконання раніше складеного (для агр-технології) режиму зміни щільності розподілу ТМ по площі поля.

Окрім вищеназваних, існують ще машини з комбінованими функціями як реєстрації, так і реалізації. Подібними машинами можуть бути машини для внесення ТМ, що працюють по сенсор-технології. Загальна схема класифікації СГМ та обладнання за критерієм використання геовизначеної інформації наведена на рис. 2.1

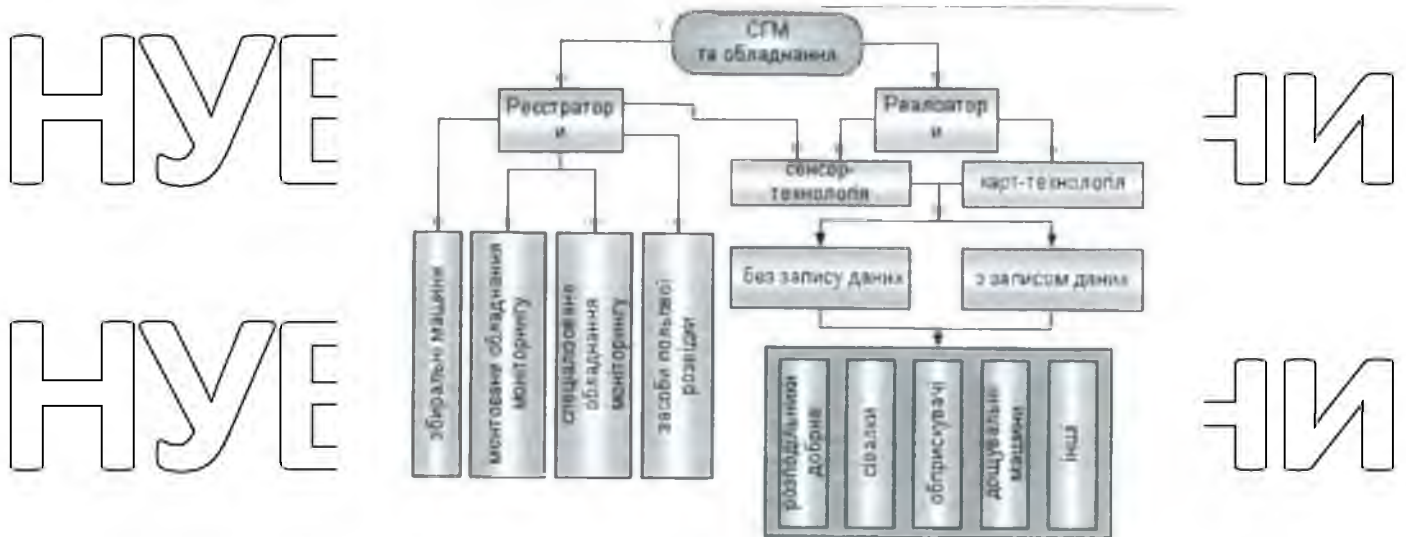


Рис. 2.1 Загальна класифікація СТМ за обладнання за критерієм використання геопросторової інформації

Серед машин обладнання для технології СТЗ варто приділити увагу варіанту машин-реалізаторів з функціями запису на магнітні носії основних показників технологічного процесу. Реєстрація інформації на машинах-реалізаторах потрібна для аналізу якості виконання запланованих технологічних режимів роботи машини в умовах після процесу. Даний аналіз дає впевненість в правильності обраної стратегії керування агробіологічними ресурсами сільськогосподарського поля і допомагає вести хронологію кількісного та якісного виконання технологічних операцій на конкретному полі.

До класу машин-реалізаторів відносять посівні машини. Водночас з традиційними задачами виконання агротехнічних вимог до сівби тієї чи іншої культури, сівалки, вразі використання їх у ТЗ, мають виконувати й задачі реалізації електронних картограм (планів) сівби, що синтезовані на підставі алгоритмів оптимального співвідношення між нормою сівби та агробіологічним потенціалом елементарних ділянок поля. Схема формування та реалізації картограм сівби представлена на рис. 2.2. Зі схеми зрозуміло, при використанні СТМ в СТЗ, обов'язковим елементом додаткового обладнання є система визначення положення машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі. Якщо застосовується супутникова глобальна система

позиціонування (ГСП) з даною метою, тоді з'являється можливість користуватися обчисленою інформацією не лише про координати місцезнаходження МТА в полі, а й про швидкість його руху. Деякі приймачі ГСП (з субметровою точністю позиціонування) можуть дати точність визначення швидкості в межах 0.15-0.2 м/с.

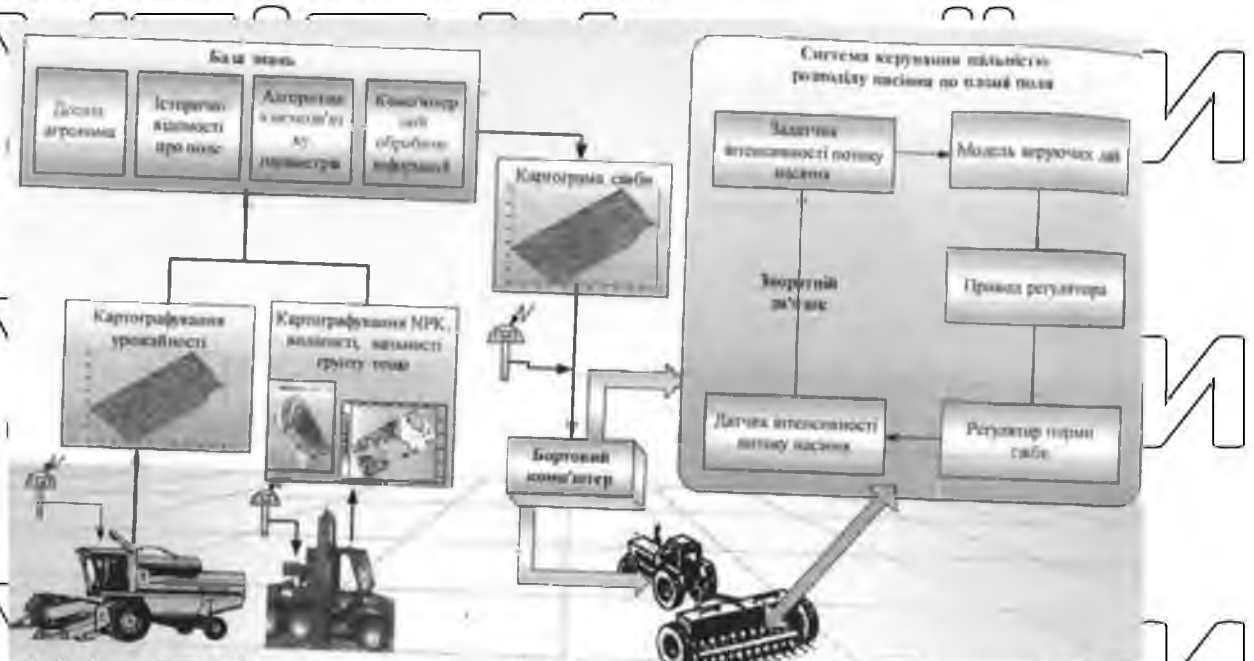


Рис. 2.2 Схеми формування та реалізації картограм сівби.

Практика використання обладнання ГСП на сільськогосподарських рухомих об'єктах показує про частоту виникнення ситуацій із втратою сигналів із супутників. Причиною цього багато факторів, та основними з них визначають непередбачені атмосферні явища, попадання МТА разом з приймальною антеною в зони "радіотіней" від ліній електропередач, лісосмуг та викривлення радіосигналів за рахунок прийому відбитих променів. Втрата інформації про швидкість переміщення МТА може привести до зміни заданої норми сівби в недозволених межах. Саме тому, досить широко використовується практика визначення швидкості руху МТА (пройденого шляху) за рахунок установки на мостах ведучих (ведених) коліс МТА відповідних датчиків. Недоліками такого вимірювання є ті фактори, що зміна радіусу кочення колеса під час роботи машини та пробуксовка і ковзання

коніс по поверхні ґрунту. Для того, щоб визначити швидкість руху МТА використовуються і сенсори радарного типу. Точність роботи навіть добре в каліброваного радарного сенсора багато чим залежить від кількості і стану решток на поверхні поля і стану самої поверхні, яка і є обмежуючим моментом в його застосуванні. Для прикладу, сенсор RSS (Raven Industries, США) має діапазон вимірювань від 0,22 до 31,1 м/с і похибку вимірювань в межах 3%. Загалом, на етапах розробки спеціалізованого обладнання для існуючих сівалок, слід розглядати варіант визначення швидкості руху МТА в полі за рахунок опорного або додаткового ("п'ятого") колеса, як найдоцільнішого.

За вище вказаним, для проведення сівби із змінними нормами можливе використання карт- або сенсор-технологію. Сенсор-технологія має специфічні моменти її організації та відповідний попередній аналіз показує, що для реалізації сенсор-технології слід використовувати з адаптивним обладнанням. Для реалізації процесу сівби за карт-технологією (рис. 2.2) змінних норм внесень (ЗНВ), можна використовувати системи з жорстким обладнанням. Першим етапом реалізації такої технології має бути формування картограми сівби. Зазвичай, така картограма базується на даних про урожайність культури за попередній рік сільськогосподарських робіт та інформації моніторингу фізико-механічних і агрохімічних параметрів ґрунту. За цією інформацією та на базі агрохімічних знань, історичних відомостей про поле (рельєф, сівозміни, як і чим ореється тощо) та взаємозв'язок між місцевизначеними параметрами поля за допомогою відповідного програмного забезпечення виробляється електронна картограма сівби.

Наступним слід реалізувати в полі виконання технологічного процесу відповідно до створеної картограми у даному часі та із заданою точністю. До цього, виконання цих додаткових вимог не має тягнути за собою погіршення якості роботи сівалки за звичайною технологією. А саме, при сівбі важливо закласти насіння на задану глибину і рівномірно розподілити по площі

живлення в залежності із агровимогами, та із заданою щільністю і без зниження загальної продуктивності МТА.

Необхідна щільність $\lambda(S)$ розподілу насіння по площі S визначається співвідношенням:

$$\lambda(S) = \frac{\lambda_H(t)}{BV_c},$$

де $\lambda_H(t)$ - необхідна інтенсивність потоку насіння;

B - ширина захвату сівалки;

V_c - робоча швидкість руху.

Точність реалізації необхідної щільності розподілу насіння по площі поля за місцевизначеною технологією залежить від багатьох факторів,

починаючи з точності реєстрації параметрів поля та побудови базових картограм і самої картограми сівби та закінчуючи якістю роботи бортового

обладнання МТА. Насамперед слід обґрунтувати параметри дозуючих системи сівалки, як динамічного об'єкту регулювання з вихідним

параметром $\lambda(t)$ - дійсна інтенсивність потоку насіння. Отже, за аналізом функціонування посівної машини в СТЗ як дозатора, точність реалізації

плану сівби є похідна величина від якості та усталеності роботи системи регулювання інтенсивністю потоку насіння.

Якість роботи системи регулювання інтенсивністю потоку насіння сівалки обумовлена статичною та динамічною похибками регулювання і

тривалістю перехідних процесів. В цьому випадку якість функціонування сівалки як дозатора можна оцінити по інтегралу квадрата відхилень дійсної

$\lambda(t)$ інтенсивності потоку насіння від необхідної $\lambda_H(t)$

$$I = \int [\lambda(t) - \lambda_H(t)]^2 dt, \quad (2)$$

Для утворення регульованої щільності $\lambda(S)$ розподілу насіння по площі

поля і разом з швидкістю руху V_c необхідно мати апаратно-програмний комплекс спеціалізованого обладнання (рис. 2.3). А саме, для зернової сівалки (гину СЗ-3,6А) регулювання норми сівби протягом

робочого процесу можливо здійснювати зміною частоти обертання вала котушок висівних апаратів або ж за рахунок зміни робочої довжини котушок.

Станне є найпростішим варіантом реалізації змінних норм сівби, тому що в даному випадку базова конструкція сівалки потребує мінімальних змін.

Функції обчислення інформації, яка надходить від приймача ГСП, картограми сівби, датчиків кінематичного режиму руху МТА та зворотнього зв'язку бере на себе бортовий комп'ютер, котрий має слот для магнітної

карти із електронною картою сівби і можливість передачі інформації на дисплей для її графічного представлення. Дисплей дозволяє оперативно

контролювати перебіг виконання технологічної операції сівби при робочому процесі.

процесі.

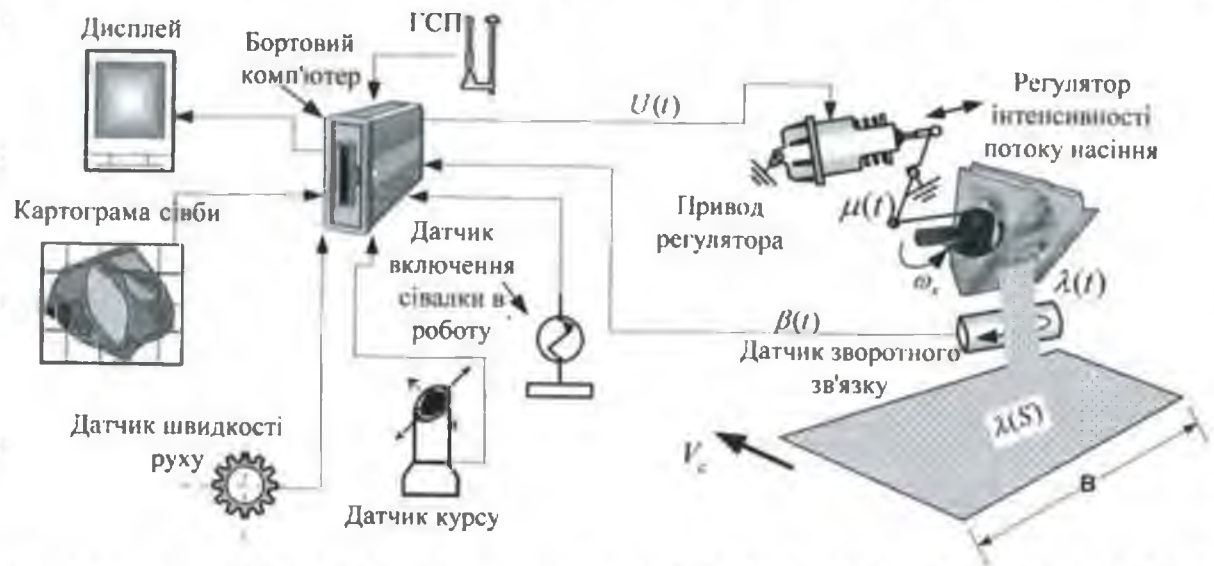


Рис. 2.3 Схема обладнання для керування щільністю розподілу насіння

по площі поля.

Точність місцевизначення посівного агрегату обумовлена обчислювальними можливостями ГСП-приймача, оцінки курсу і швидкості

руху МТА разом із оцінкою $\beta(t)$ датчиком зворотнього зв'язку рівня дій інтенсивності потоку $\lambda(t)$ і ще інформація від картограми сівби потрібні для

вироблення сигналу керування $U(t)$. Привод регулятора, бортовий комп'ютер, датчик контролю інтенсивності потоку та регулятор

інтенсивності потоку насіння створюють замкнену динамічну систему регулювання.

При регулюванні інтенсивності потоку $\lambda(t)$ слід використовувати висівну систему із даною характеристикою:

$$\lambda(t) = K_R \mu(t), \quad (3)$$

де $\mu(t)$ – величина роботої довжини котушок висівних апаратів;

K_R – коефіцієнт передачі моделі висівної системи, що визначається виразом:

$$K_R = K(1 + \Delta K + \xi_K), \quad (4)$$

де K_R – номінальне значення коефіцієнту передачі;

ΔK – систематичне відносне відхилення коефіцієнту передачі;

ξ_K – випадкові відносні відхилення коефіцієнту передачі.

Привод регулятора інтенсивності потоку насіння залежить від конструкції посівної машини загалом та типу висівної системи конкретно. В межах даного проекту розглядається один контур регулювання, котий, при необхідності, наведену методику обґрунтування схеми та параметрів обладнання для керування щільності розподілу насіння по площі поля можна

застосовувати до кількох конкретних схем. В якості механізму приводу регулятора інтенсивності потоку насіння можливе використання гідро- чи пневмоциліндрів, електродвигунів з редукторами, магнітні виконуючі пристрої та інше. Загалом, більшість таких пристроїв відносять до

позиційних пристроїв та їх модель описують диференційним рівнянням зі сталими коефіцієнтами

$$T_a^2 \mu^{\square}(t) + 2T_a D_a \mu^{\square}(t) + \mu(t) = U(t) \quad (5)$$

де T_a та D_a – параметри приводу регулятора;

$U(t)$ – керуюча дія.

Щоб якісно регулювати інтенсивність потоку насіння варто, щоб система мала негативний зворотній зв'язок по величині інтенсивності

потоків насіння. Якщо не стоїть задача регулювання розподілу насіння по ширини захвату сівалки, то можна контролювати інтенсивність загального потоку насіння. Такий датчик має вихідний сигнал $\beta(t)$, а його модель характеризується системою рівнянь аперіодичної ланки:

$$\begin{cases} \beta(t) = \lambda(t) [1 + \Delta_{\lambda}(t) + \Delta_{\xi}(t)] \\ \dot{\lambda}(t) = -\frac{1}{T_s} [\lambda(t) - \lambda(t)] \end{cases} \quad (6)$$

де $\lambda(t)$ - проміжна характеристика оцінки інтенсивності потоку насіння;

T_s - стала часу передаточної ланки датчика;

$\Delta_{\lambda}(t)$ та $\Delta_{\xi}(t)$ - систематична та шумова відносні складові похибки вимірювань.

Для оптимального функціонування системи керування інтенсивністю потоку насіння слід визначити керуючу дію $U(t)$, що виробляє контролер бортового комп'ютера. Параметри та структуру $U(t)$ обирають операючись на умови забезпечення необхідних значень показників усталеності та якості перехідних процесів в слідкуючій системі та обраного рівня помилки процесу слідкування:

$$U = f[z(t)] \quad (7)$$

де $z(t) = \lambda_H(t) - \beta(t)$.

З'ясуємо передаточну функцію контролера:

$$W_k = \frac{K_k}{T_k + 1} \quad (8)$$

де K_k та T_k - параметри контролера, котрі залежать від параметрів обраних для застосування конструкції привода регулятора та датчика інтенсивності насіння.

2.2 Розробка принципової схеми висівної системи для технологій точного землеробства (ТЗ)

Зернова сівалка з пневматичним висівним апаратом, як об'єкт технологічного регулювання має два основних регульованих параметра: глибина ходу сошників та норма висіву насіння

Вирішення задачі перерозподілу інтенсивності потоку насіння доречно проводити двома абсолютно різними способами:

- шляхом застосування паралельних підсистем регулювання;
- шляхом застосування послідовних підсистем регулювання.

При застосуванні паралельних підсистем регулювання розподілу насіння по ширині захвату сівалки B із N технологічними смугами шириною b (рис. 2.4), використовують індивідуальні керовані дозатори $1, 2, \dots, N$.

Ширина технологічної смуги b має бути приблизно на порядок менша за ширину захвату машини B . Система керування процесом перерозподілу інтенсивності потоку насіння при під час застосування паралельних підсистем регулювання та перерозподілу щільності насіння по довжині гону та ширині захвату сівалки знаходиться під контролем центральної комп'ютерної системи керування, котра працює під дією ГСП. Сигнал керування для кожного із індивідуальних $1, 2, \dots, N$ дозаторів вираховується центральним комп'ютером та передається по шині інформаційних даних.

Внаслідок цього, кожний керований дозатор утворює потік насіння із вказаною інтенсивністю Q_N , котра обумовлює норму внесення насіння із щільністю. Тож утворюються задані норми внесення насіння по визначених ділянках поля.

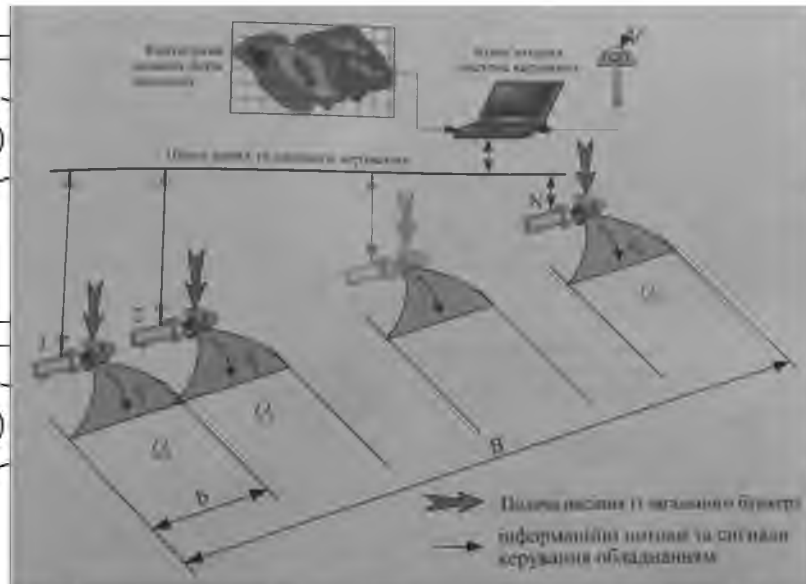


Рис. 2.4 Перерозподіл інтенсивності потоку насіння при застосуванні паралельних підсистем регулювання і перерозподілу насіння по довжині та ширині захвату сівалки.

При застосуванні системи нерозподілу інтенсивності потоку насіння із послідовними системами регулювання та перерозподілу щільності насіння по довжині гону і по ширині захвату машини (рис. 2.5), процес формування заданих норм внесення насіння по площі поля відбувається подібно до описаного вище з тією відмінністю, в котрого кінцева щільність $Z_{\text{нв}}$ насіння формується внаслідок роботи спеціалізованого механізму перерозподілу з регульованим подільником двофазної суміші.

Слід проводити керування положення розподільника ділильної головки механізму перерозподілу насіння (рис. 2.6) в горизонтальній площині з метою виконання планів посіву насіння.

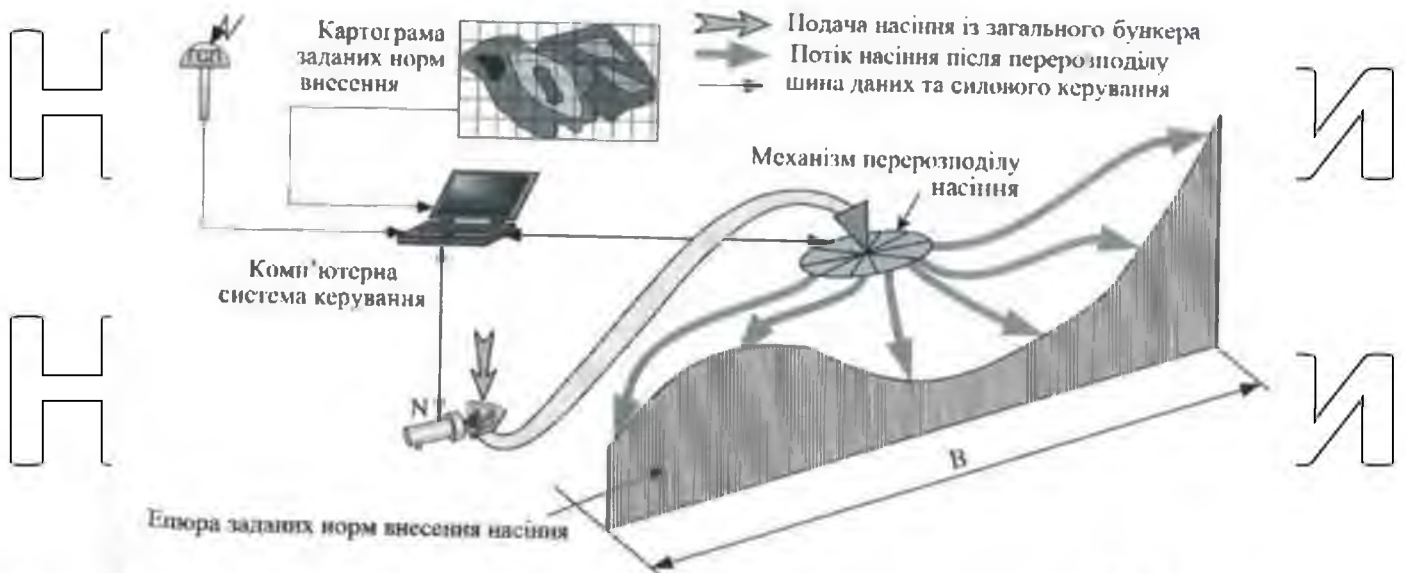


Рис. 2.5 Перерозподілу інтенсивності потоку насіння при застосуванні послідовних підсистем регулювання та перерозподілу щільності насіння по довжині гону і по ширині захвату машини.

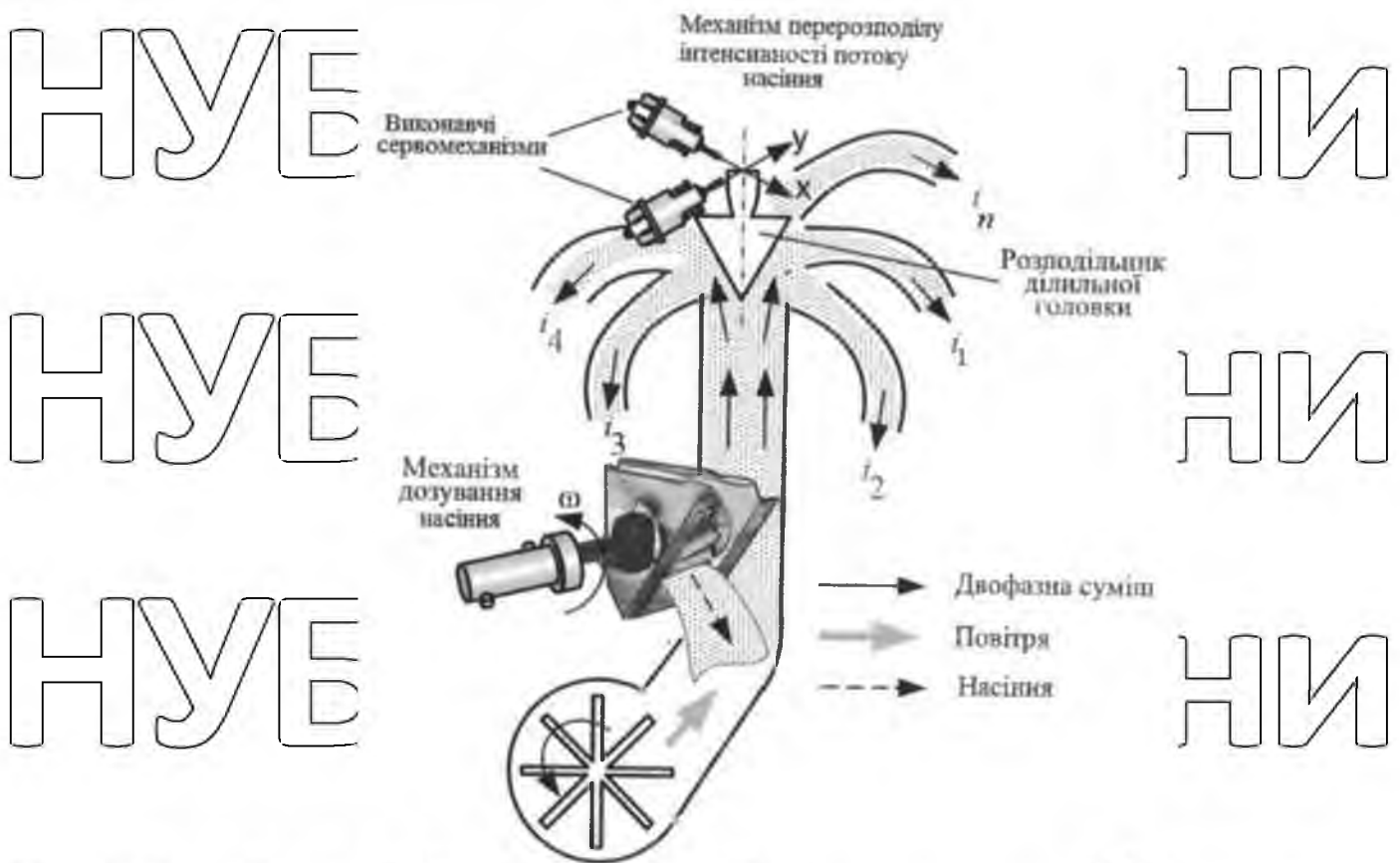


Рис. 2.6 Загальна схема механізму система дозування і розподілу насіння по ширині захвату сівалки.

Механізм працює по даному принципі. Насіння від центрального дозатора із вказаною інтенсивністю надходить до кожного із механізмів перерозподілу інтенсивності потоку насіння. Завдяки сигналу, котрий надходить від комп'ютера по шині керування, виконавчі сервомеханізми змінюють положення розподільника ділильної головки, в горизонтальній площині. Як наслідок, від кожного механізму перерозподілу до сошників надходить задана норма внесення насіння по ширині захвату сівалки.

2.3 Блок керування центральним дозатором машини.

Схема блоку керування центральним дозатором машини виконана по стандартній схемі роботи пневматичного дозатора і представлена на рис. 2.9. Керування інтенсивності потоку двофазної суміші «повітря-насіння» відбувається за рахунок роботи механізму дозування насіння. Потрібна частота обертання котушки дозатора забезпечується сервомеханізмом S. Режим роботи останнього контролюється датчиком зворотного зв'язку і регулятором РШІ.



Рис. 2.7. Схема блоку керування центральним дозатором сівалки.

Розрахунок інтенсивності $\lambda(t)$ загального потоку насіння ведеться по формулі:

$$\lambda(t) = \frac{\delta_3(t) \beta 2\pi R_{st} f_n k_D}{1000 \cdot n} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{г}} \quad (2.9)$$

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

β - ширина захвату розподільника, м;

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

f_n - частота сигналу з датчика швидкості, Гц;

n - характерне число датчика швидкості;

k_D - коефіцієнт, який залежить від типу насіння, котре висівається.

Інтенсивність $\lambda(t)$ потоку насіння є функцією координат місцезнаходження МТА в полі, а щільність розподілу насіння по території поля залежить від координат конкретної точки поля по ширині захвату МТА.

Наприклад, фрагмент поля, локальні координатні осі розташовані до осей світових координат широти та довготи під кутом β із сіткою, розмір комірки котрої 1×1 м і по ньому рухається МТА (рис. 2.10) із шириною захвату $\beta = 12$ м.

Розподільник насіння в конкретний момент роботи має виконувати реалізацію картограми вказаних норм внесення насіння. Розглянемо на прикладі, на фіксований момент часу на рис. 2.10, по першій технологчній смузі потрібно реалізувати внесення добрив з нормою $\delta_{31}(t)$, по другій – з нормою $\delta_{32}(t)$, по третій і четвертій смугах – з нормою $\delta_{33}(t)$. Тому, щоб визначити задану норму внесення добрив $\delta_3(t)$, ті, що в рівнянні (2.1) застосуємо вираз:

$$\delta_3(t) = \frac{\delta_{31}(t) + \delta_{32}(t) + \delta_{33}(t)}{4} \quad (2.10)$$

За вказаною нормою внесення насіння $\delta_3(t)$ розраховується інтенсивність $\lambda(t)$ загального потоку насіння, котрі пізніше необхідно перерозподілити так, щоб після проходження машини були отримані задані норми $\delta_{31}(t)$, $\delta_{32}(t)$, $\delta_{33}(t)$.

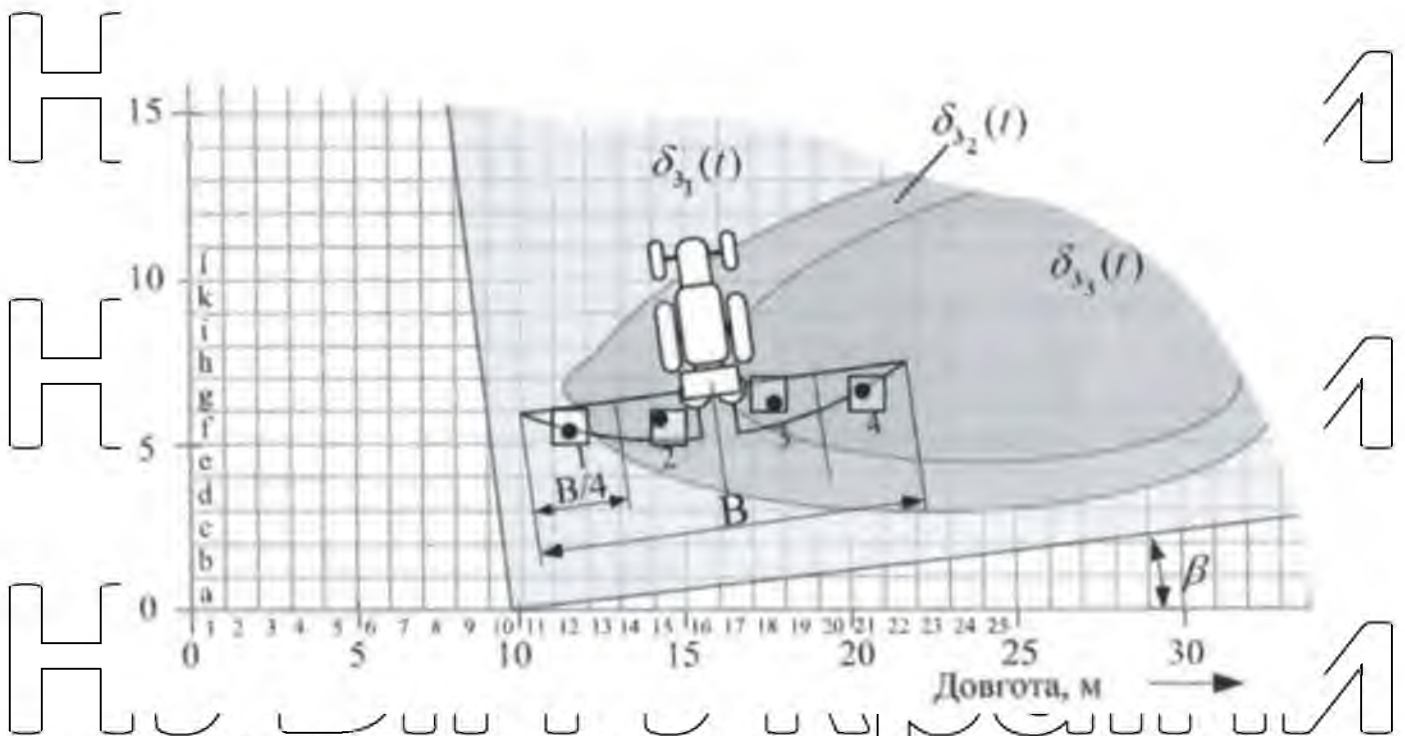


Рис. 2.8 Фрагмент поля із сіткою розміром комірки 1х1 метр.

Для вирішення задачі перерозподілу потоку насіння по ширині захвата застосовуємо вираз:

$$\int_0^T \lambda(t) dt = \sum_{i=1}^N \int \lambda_i(t) dt, \quad (2.11)$$

Де T – час виконання технологічного проходу;

N – кількість технологічних смуг.

В даному привладі розподільник працює за схемою з 4-ма подільниками, кожний з яких дорівнює $B/4$.

Статистичний аналіз рівня варіювання місцевизначних параметрів сільськогосподарських угідь, які накопичені протягом лабораторно-польових досліджень на полях Київської, Черкаської та Чернігівської областей [10] за період 1997-2003 рр. свідчить, що обмежувальна лінія епюри заданих норм

внесення насіння по ширині захвату сівалки має не більше двох точок в

котрих помітна дорівнює нулю. Дана постановка задачі передбачає наявність

лінійної залежності між положенням в горизонтальній площині розподільник дільної головки механізму перерозподілу насіння і інтенсивністю потоків

насіння по окремих висівних каналах. Для вирішення задачі нерозподілу насіння по ширині захвату сівалки за схемію послідовного включення дозуючих та нерозподілюючих систем для випадку чотирьох висівних каналів (рис. 2.9) можна записати:

$$\begin{cases} \lambda_1(x_k - x) = \lambda_3(x_0 + x) \\ \lambda_2(y_k - y) = \lambda_4(y_0 + y), \end{cases} \quad (2.12)$$

де $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_4$ інтенсивність потоку насіння по кожному з чотирьох висівних каналів;

x_0, x, x_k - початкова, поточна та кінцева координати центру роздільної головки вздовж вісі X;

y_0, y, y_k - початкова, поточна та кінцева координати центру роздільної головки вздовж вісі Y.

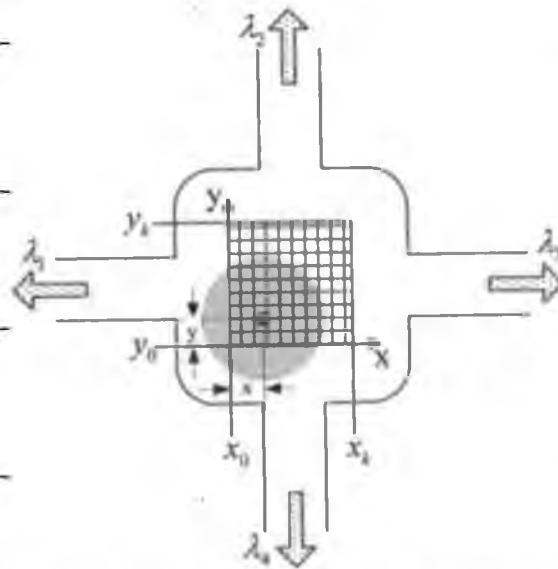


Рис. 2.9 Ділильна головка з чотирма висівними каналами.

З (2.4) випливає:

$$\begin{cases} x = \frac{x_k \lambda_1 - x_0 \lambda_3}{\lambda_1 \lambda_3} \\ y = \frac{y_k \lambda_2 - y_0 \lambda_4}{\lambda_2 \lambda_4} \end{cases} \quad (2.13)$$

Наявність визначених координат, по виразу (2.5), положення ділильної головки в горизонтальній площині дозволяє однозначно вирішувати задачу формування поставлених норм внесення насіння. Вирази (2.4, 2.2, 2.5) дають

можливість скласти математичну модель процесу функціонування системи формування заданої щільності розподілу насіння для подільника насіння.

2.4 Узагальнена схема обладнання керування процесами

дозування та перерозподілу насіння.

Бортовий комп'ютер, блок формування алгоритму, блок керування дозатором з перерозподілу інтенсивностей потоків насіння по ширині захвату сівалки, механізм керування центральним дозатором розподільника та блок виконавчого механізму перерозподілу загального потоку двофазної суміші «гранула-повітря» на окремі технологічні потоки змінної інтенсивності взаємодіють один з одним, як вказано на схемі рис. 2.10.

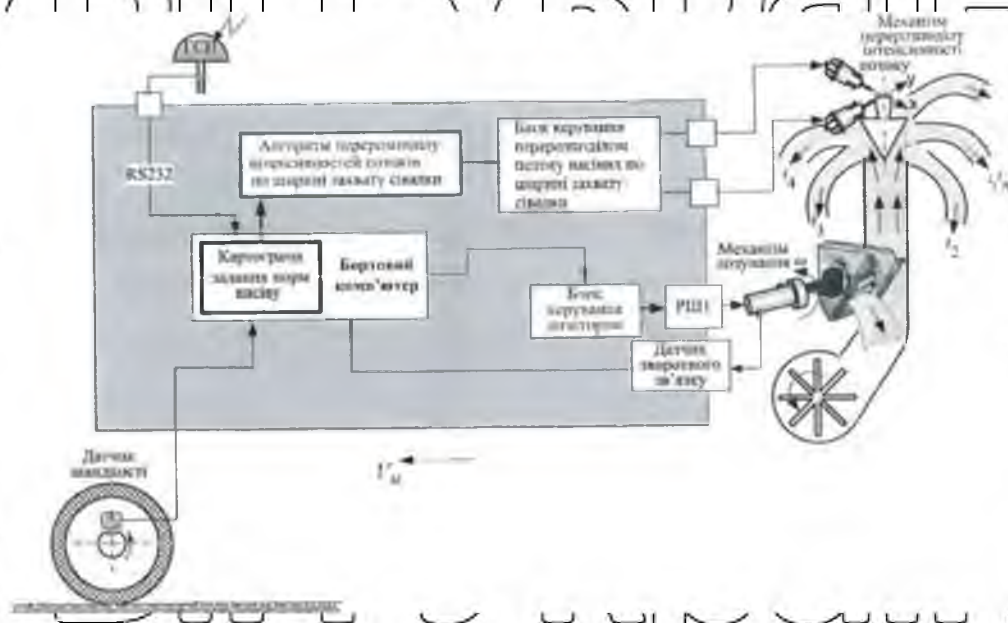


Рис. 2.10 Блок схема утворення заданих норм внесення насіння.

Обладнання для утворення заданих норм внесення насіння змінної інтенсивності з можливістю перерозподілу насіння по ширині захвату МТА складається з приймача сигналів ГСП, бортового комп'ютера, блоку керування центральним дозатором насіння, датчика швидкості та блоку керування перерозподілу насіння по ширині захвату сівалки.

Приймач сигналів ГСП автоматично передає інформацію про місце локації МТА в полі на бортовий комп'ютер. Інформація для формування компенсаційного сигналу надходить від сенсорів параметрів

місцезнаходження ґрунту, інформація про швидкість руху МТД, від датчика швидкості. За даною інформацією бортовий комп'ютер зчитує з електронної картограми рівень потрібної норми внесення насіння та виробляє сигнал для керування центральним дозатором машини. Інформацію про реальну інтенсивність потоку насіння, котра надходить від центрального дозатора надходить від датчика зворотного зв'язку блоку керування дозатором.

Водночас виконується алгоритм перерозподілу інтенсивності потоку насіння по ширині захвату сівалки при роботі блоку керування перерозподілом потоку насіння та двох виконуючих сервомеханізмів. За його допомогою утворюються задані інтенсивності потоку насіння по окремих висівних каналах.

Після розробки та аналізу математичної моделі функціонування системи доречно визначити межі технологічних режимів роботи обладнання керування процесами дозування та перерозподілу насіння та провести оптимізацію значень основних робочих параметрів обладнання.

2.5 Математична модель системи керування процесами перерозподілу насіння та процесом дозування.

Даний алгоритм утворення заданих норм внесення насіння в режимі 2D, а саме за напрямком руху машини і по ширині її захвату, характеризується розрахунковою схемою (рис. 2.13).

Умова виконання технологічного процесу залежить від картограми – задачею, котра наперед створюється в офісних умовах на комп'ютері на основі ретельного аналізу агробіологічного потенціалу поля, яке обробляють. Сигнал заданих змінних норм внесення насіння надходить на блок розрахунку сигналу управління 1. Крім цього, сюди ж надходить сигнал від датчика контролю інтенсивності потоку насіння. Дозатор, робочі режими якого визначаються сигналом $\beta(t)$, що і є вихідною величиною моделі блоку механізму привода дозатора формує рівень інтенсивності потоку насіння.

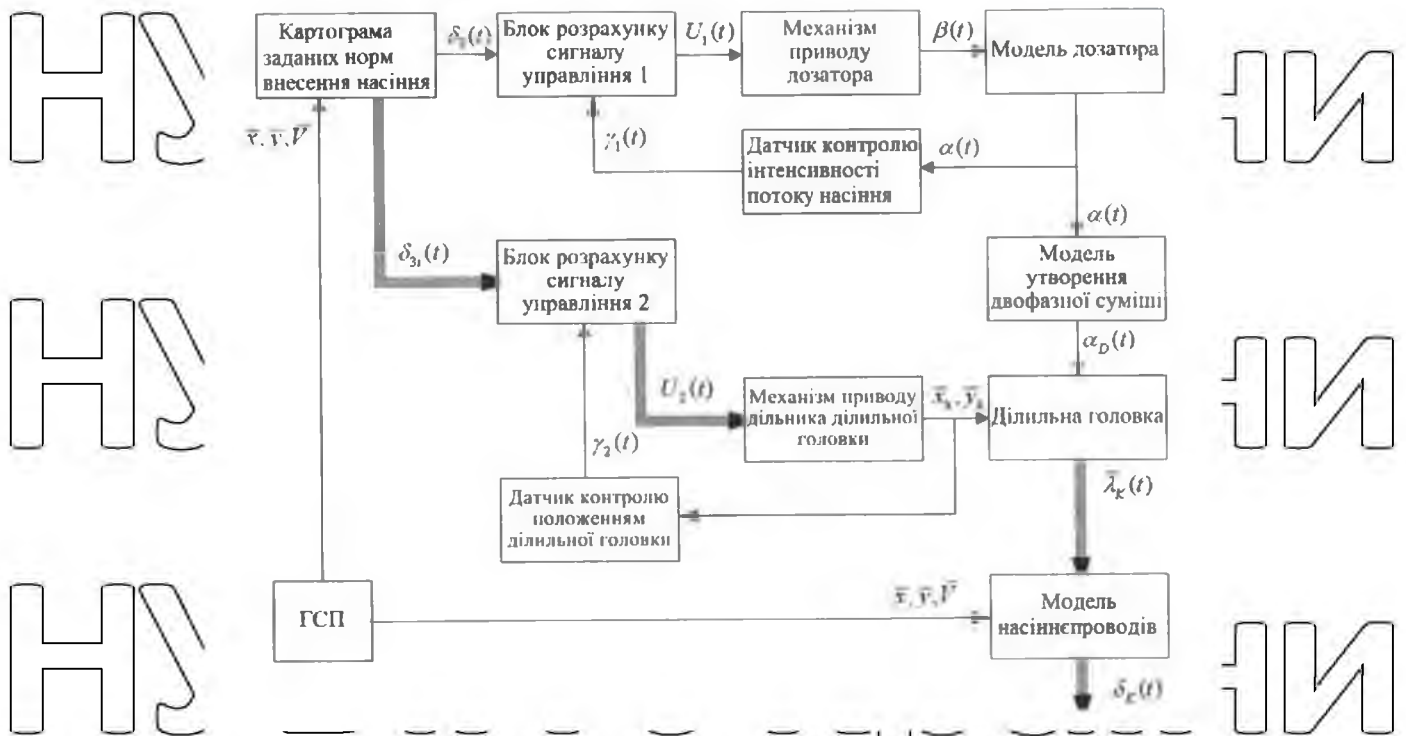


Рис. 2.11 Схема розрахунку керування процесами перерозподілу потоку насіння та дозування.

Внаслідок входження потоку насіння в потік повітря формується двофазна суміш «насіння-повітря». Даний процес зображений моделлю

формування двофазної суміші із вихідним параметром $\alpha(t)$. Потім двофазна

суміш надходить до ділильної головки, котра має розподілити двофазну суміш «насіння-повітря» по насіннепроводах відповідаючи сигналу $\beta(t)$, що поступає від картограми-задачі. Блок розрахунку сигналу

управління $U_2(t)$ направляє роботу механізму приводу ділильної головки,

яка виставляє в потрібне положення з координатами x_k, y_k розподільник

Механізм управління ділильної головки. Оптимальна робота механізму приводу

ділильної головки створюється дякуючи функціонуванню датчика контролю положенням ділильної головки з вихідним сигналом $\gamma_2(t)$. Як

результат даних дій утворюється вектор потоків $\lambda_k(t)$ кожен надходить до

відповідних насіннепроводів. Робота насіннепроводів характеризується

моделлю із вихідними сигналами $\lambda_k(t)$ та сигналом кінематичних параметрів руху МТА x, y, V , що поступають від датчика координат глобальної

системи навігації ГСП. Кінцева щільність розподілу насіння по ширині захвату сівалки $\delta_k(t)$ результат виходу моделі насіннєпроводів

Схема розрахунку вказує на функціонування, що досягається шляхом навігації розподільника насіння по заданій траєкторії руху (робота системи ГСП) та шляхом регулювання інтенсивності вихідного потоку дозатора й координацією роботи ділальної головки. Інтенсивність вихідного потоку насіння $\alpha(t)$ дозатора залежить від інтенсивності вхідного потоку $\beta(t)$ коефіцієнтом передачі k_p :

$$\alpha(t) = k_p(t)\beta(t) \quad , (2.14)$$

де $k_p(t) = k_u + k_p + \xi(t)$;

k_u - установочні значення коефіцієнта передачі;

k_p - системній похибки величини коефіцієнта передачі;

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

Механізм приводу розподільника визначається диференціальним рівнянням:

$$\beta''(t) = -\frac{2\xi_{np}}{T_{np}}\beta'(t) - \frac{\beta(t)}{T_{np}^2} + \frac{K_{np}U_1(t)}{T_{np}^2} \quad , (2.15)$$

де K_{np}, ξ_{np}, T_{np} - параметри приводного механізму дозатори

$U_1(t)$ - керуюча дія

Ефективна робота систем моніторингу, що включає роботу розповача насінневого розподільника в автотехніці, неефективна без датчиків, що

контролюють інтенсивність потоку насіння. Використовуємо рівняння для визначення моделі датчика

$$\gamma_1(t) = A_d \left[-\frac{1}{\tau_d} [\gamma_1 - \alpha(t)] \right] \quad (2.16)$$

де $\gamma_1(t)$ - датчик виходу

$A_d = 1 + \Delta_d(t) + \xi_d(t)$;

$\Delta_d(t)$ - систематичні та випадкові складові відносно похибки датчика;

$\xi_d(t)$ - систематичні та випадкові складові відносно похибки

T_a - стала часу датчика;

Процес формування двофазної суміші описується дисперсними явищами, властивими для змішування твердих часток із потоком повітря, швидкість якого більша за швидкість витання часток насіння.

Диференціальне рівняння, що показує процес формування двофазної суміші:

Процес утворення двофазної суміші характеризується дисперсними явищами, які характерні для змішування твердих частинок з потоком повітря, що рухається зі швидкістю, більшою за швидкість підйому частинок насіння.

Найкраще можна описати процес утворення двофазної суміші за допомогою диференціального рівняння:

$$T_k \frac{d^k \alpha(t)}{dt^k} + T_{k-1} \frac{d^{k-1} \alpha(t)}{dt^{k-1}} + \dots + T_1 \frac{d\alpha(t)}{dt} + \alpha(t) = K_3 \alpha_D(t) \quad (2.17)$$

де T_k, T_{k-1}, \dots, T_1 - коефіцієнти, значення яких залежить від статистичних властивостей параметрів C_d, ρ_e і A частинок насіння;

C_d - коефіцієнт аеродинамічного опору частинок насіння;

ρ_e - щільність повітря;

A - середнє значення площі поперечного перерізу частинок насіння;

$k = 1, 2, \dots, n$ - порядок диференціального рівняння ланки, що описує процес розсіювання насіння під час вільного транспортування

$\alpha_D(t)$ - інтенсивність потоку насіння з урахуванням процесів розсіювання частинок насіння;

K_3 - коефіцієнт

Для нашого конкретного випадку ми будемо використовувати

рівняння четвертого ступеня.:

Застосуємо рівняння 4-го порядку до конкретно вказаного випадку:

$$T_4 \frac{d^4 \alpha(t)}{dt^4} + T_3 \frac{d^3 \alpha(t)}{dt^3} + T_2 \frac{d^2 \alpha(t)}{dt^2} + T_1 \frac{d\alpha(t)}{dt} + \alpha(t) = K_3 \alpha_D(t). \quad (2.18)$$

Рівняння для моделі роботи електрифікованого приводу дільника механізму дільничної головки: (2.19)

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

де x_d і y_d поточні координати центру дільничної головки вздовж осей X і Y відносно системи координат OXY відповідно (рис.2.6)

$\xi_{np1}, \xi_{np2}, K_{np1}, K_{np2}, T_{np1}, T_{np2}$ коефіцієнти загасання, посилення і стала часу механізмів переміщення роздільної головки по осях X і Y відносно системи координат OXY відповідно.

Датчиками положення (переміщення) каретки дільника дільничної головки визначає положення дільника. У даному рівнянні приклад моделі їх

$$\begin{cases} \gamma'_{2x}(t) = -\frac{A_{d2}}{T_{d2}}[\gamma_{2x}(t) - x_d(t)] \\ \gamma'_{2y}(t) = -\frac{A_{d2}}{T_{d2}}[\gamma_{2y}(t) - y_d(t)] \end{cases} \quad (2.20)$$

$\gamma_{2x}(t), \gamma_{2y}(t)$ -вихідного сигналу датчиків;

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

$\xi_{d2}(t)$ -перший лінній відносно похибки механізмів датчиків.

Інтенсивність вихідного потоку насіння $\beta(t)$ на всіх чотирьох каналах регулювання ($i = 1, 2, 3, 4$) визначається положенням дільника в дільничній головці по рівнянню:

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

$$k_{pi}(t) = k_{ui} + \xi_i(t)$$

k_{ui} -задане значення коефіцієнта передачі;

$\xi_i(t)$ - випадкові відхилення значень коефіцієнта передачі в кожному з каналів розподільної головки.

При виході із насіннепроводів двофазна суміш « повітря-насіння » за дотримання заданих режимів руху агрегату під дією ГСП формують кінцеву щільність розподілу насіння по ширині захвату. До цього довжина лінії траєкторії руху двофазної суміші по насіннепроводах не стабільна. Рух насіння від ділильної головки до центральних сошників менша від периферійних, які впливають на формування кінцевої щільності розподілу насіння. Даний факт врахуємо коефіцієнтом транспортного запізнення. Для того, щоб визначити кінцеву щільність розподілу насіння по площі використаємо вираз:

$$\delta_{kij} = \frac{\xi_i(t) 10^4 (t + \tau_j)}{BS} \text{ кг/га}$$

$\xi_i(t)$ - інтенсивність направлення зерна із i -го каналу регулювань,
 τ_j - із часу затримання транспортування зерна в периферійний сошника
 $j=1,2,\dots,n$

Складається модель функціонування технологічної частини розподільника насіння в технологіях ТЗ складається рівняннями (2.5 – 2.8, 2.10 – 2.14). після аналізу даної моделі можна визначити структуру й значення параметрів законів регулювання $U1(t)$ й $U2(t)$, котрі обумовлюють досягнення усталеності процесу функціонування та роботу при допустимих значеннях помилки виконання завдання.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ ДЛЯ МІСЦЕВИЗНАЧНОЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Основним критерієм оцінки якості роботи пневматичного висівного апарату це рівномірність насіння по довжині рядка. Величина площі живлення кожної рослини залежить від рівномірності розподілу інтервалів між насінням в рядку. В густо засіяних територіях площа живлення недостатня для хорошого росту рослини, по місцю розрідженого висіву площа живлення, яка припадає на рослину, використовується нерационально.

На врожай просапаних рослин, а саме соя, соняшник, кукурудза, цукрові буряки тощо впливає якість розподілу насіння вздовж рядка.

Якість поля під посів, кінематичні та технологічні режими роботи сівалки, якість посівного матеріалу, конструкція висівного апарату, тип привода висівного диска – фактори, котрі впливають на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка.

Під час посівних робіт в господарстві слід обрати раціональні режими роботи сівалки, які сприятимуть досягненню максимальної продуктивності і висоті якості сівби.

Щоб оцінити рівномірність висіву насіння по довжині рядка використовують методи математичної статистики з визначенням показників середнього інтервалу між насіннями x , середнього квадратичного відхилення інтервалів σ , коефіцієнта варіації V . Дані показники для цих режимів роботи сівалки у лабораторних умовах визначаються з використанням спеціального стенда із рухомою липкою стрічкою, що імітує рух сівалки.

Під час досліджень застосовувалась висівна система сівалки центрального дозування із одноступінчастим розподілом посівного матеріалу (рис. 3.1). На сівалці є рама, на котрій встановлено бункер для насіння 2 із висівною катушкою 4, яка подає посівний матеріал до

центрального насіннєпроводу 3. Слідом повітряно-насіннєва суміш подається до розподільчої голівки 1, наступним етапом до сошників 6.

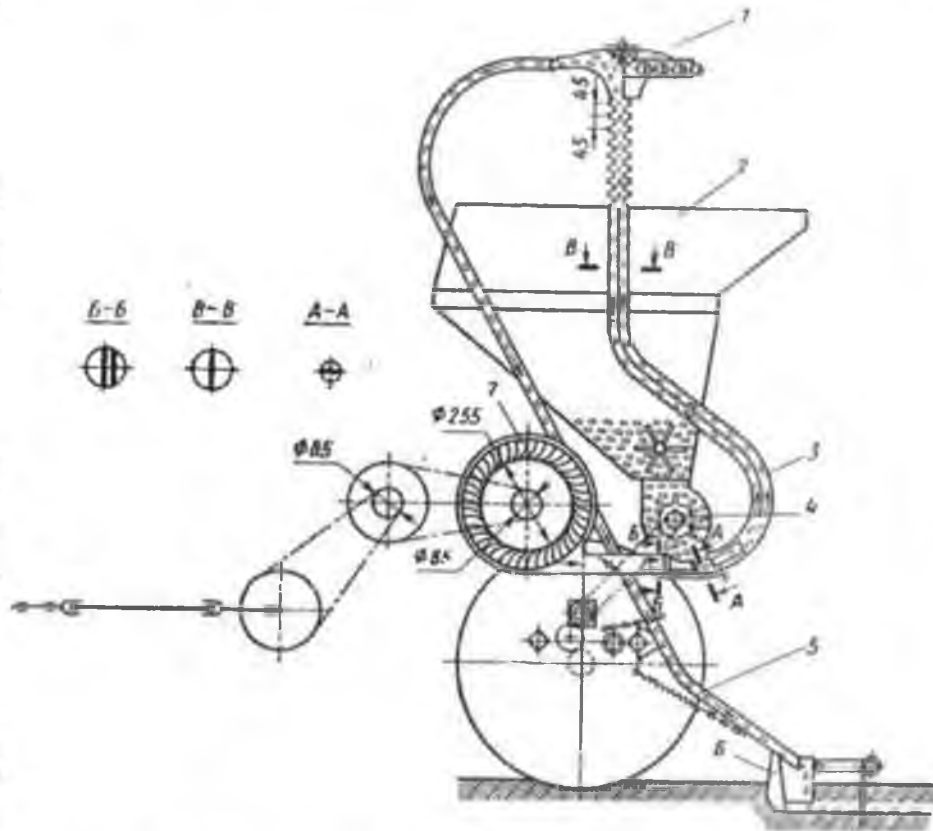


Рис. 3.1 Схема сівалки «Акорд»

1 – розподільча голівка, 2 – насіннєвий бункер, 3- центральний насіннєпровід, 4 – висівна котушка, 5 – насіннєпровід, 6 – сошник, 7 – вентилятор

3.1 Методика та програма проведення експериментальних досліджень.

Щоб провести дослідження застосовують стенд з липкою стрічкою, лійка, ємність для збору насіння та пінцет.

Призначення стенду із липкою стрічкою для дослідження та оцінки якості роботи пневматичних та механічних висівних апаратів точного висіву.

Стенд (рис.3.2) комплектується із вузлів: 1 – пульт керування, 2 – механізм

приводу висівного апарату, 3 механізм привода стрічки, 5 рама, 7 повітропроводи, 9 вентилятор, 12 ємкість для збору насіння.

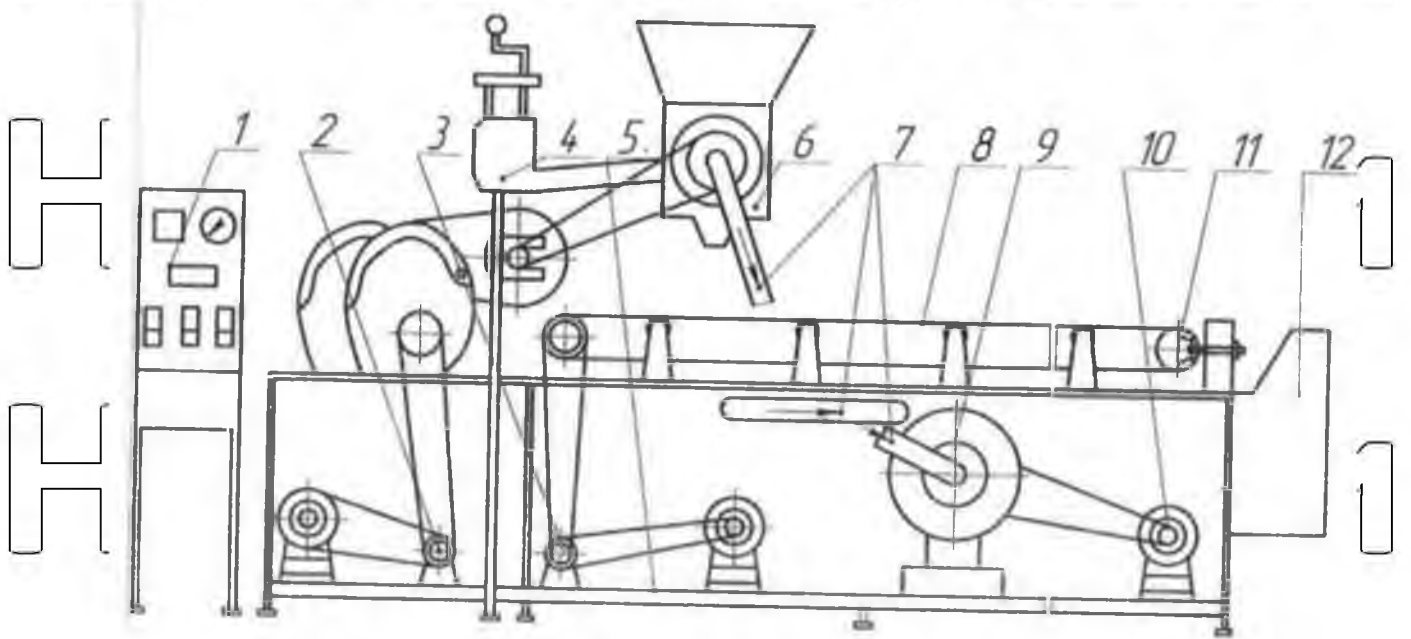


Рис. 3.2 Стенд для дослідження висівних систем сівалок для технологій ТЗ: 1 – пульт керування; 2 – механізм привода висівного апарату; 3 – механізм привода липкої стрічки; 4 – механізм регулювання висоти; 5 – рама; 6 – висівний апарат; 7 – повітропроводи; 8 – липка стрічка; 9 – вентилятор; 10 – електродвигун; 11 – натяжний пристрій; 12 – ємкість для збору насіння.

Протягом роботи стенда, вентилятор відповідає за розрідження повітря у вакуумній камері висівного апарату, який досліджується. Висівний апарат утворює однонасінневий потік насіння, який прямує до липкої стрічки, рух сівалки із певною швидкістю. На липкій стрічці фіксуються насіння в місці їх падіння, потім посявляється можливість для аналізу якості розподілу насіння по довжині рядка.

Ключовими складовими стенда є спеціальний рухомий кронштейн, компресорна станція, розбірна модульна рама, вентилятор, механізм привода із редуктором, випрямляч змінного електричного струму. Рухомий кронштейн призначений для кріплення висівного апарату, який досліджують.

на вертикальних напрямних рама. Гвинтовий механізм 4 регулює положення кронштейна на висоті.

Компресорна станція розміщена на нижній частині рами, має вентилятор із повітропроводом також фільтром та електродвигун приводний.

Вентилятор відцентрового типу, має приводний електродвигун, створює розрідження близько 0,006 МПа. До складу механізму привода входять блок проміжного вала, ланцюгові передачі та редуктор, який приводить в дію електродвигун. Для зміни частоти обертання висівного апарату на

проміжному валі розташований блок зірочок. Механізм привода сприяє зміні

частоти обертання робочих елементів досліджуваних висівних апаратів (пневмомеханічних й механічних), в широкому діапазоні та цим самим забезпечує відтворення всіх режимів роботи висівних систем та норм висіву

насіння при виконанні сівби. Випрямляч змінного електричного струму 220В

з вихідними параметрами 12В, 10А.

Випробувальний стенд обладнаний тахометром для вимірювання частоти обертання висівного апарату, манометром та вакуумметром.

Пневматична система стенда складається з нагнітальної частоти, основним елементом котрої є компресор та розріджувальної частини, де основний

елемент це вентилятор та дозволяє випробовувати пневматичні висівні апарати, котрі працюють по принципу розрідження та за принципом надлишкового тиску.

За допомогою експериментальних досліджень визначають працездатність висівних систем, якість перехідних процесів, загальну рівномірність висіву насіння.

3.2 Аналіз результатів лабораторних випробувань висівної системи.

Проведені експериментальні дослідження за лабораторних умов процесів дозування насіння зі змінними нормами внесення та рівномірність розподілу насіння по довжині рядка.

Під час лабораторних досліджень:

- при допомозі коробки передач механізму привода висівного диска встановили на електронному тахометру частоту висівного диска $nd = 28$ об/хв.

- Провели висів насіння при швидкості руху липкої стрічки $V_c = 1,2$ м/с із заданою нормою $Q = 60$ шт/м². Заміряли та занесли величини інтервалів між насінням, потім очистити стрічку від насіння. Повторити дану операцію для швидкості руху липкої стрічки $V_c = 1,4$ м/с й $V_c = 1,7$ м/с

- Встановили частоту обертання висівного диску $nd = 35$ об/хв та виконали операції з п.2

Статистична обробка величин інтервалів між насінням:

Величина середнього інтервалу між насінням на липкій стрічці:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \text{ cm}$$

x_i - величина i -го інтервалу;

n - кількістю вимірювання інтервалу;

$$\bar{x} = \frac{2 + 2 + 2 + 1,5 + 1,5 + 2 + 1,5}{7} = 1,785 \text{ cm}$$

Величина середнього квадратичного відхилення величин інтервалів:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(2 - 1,785)^2 + (2 - 1,785)^2 + (2 - 1,785)^2 + (2 - 1,785)^2 + (1,5 - 1,785)^2 + (1,5 - 1,785)^2}{6}} = 0,2672 \text{ cm}$$

Коефіцієнта варіацій:

$$v = \frac{\frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \%}{1,785} = \frac{0,2672}{1,785} = 14,97\%$$

Норма висіву насіння:

$$Q = \frac{100}{\bar{x}} \frac{\text{шт}}{\text{м}^2}$$

$$Q = \frac{100}{1,785} = 56, \frac{\text{шт}}{\text{м}^2}$$

3.2.1. Лабораторне дослідження рівномірності розподілу насіння між висівними секціями сівалки для технології ТЗ.

Під час лабораторного дослідження визначають рівномірність розподілу насіння між висівними секціями. Проводили дослід на лабораторно-польовій експериментальній установці (рис.3.3), рухомі елементи котрої приводилась в рух від електродвигуна через варіатор разом з використанням насіння ячменю.



Рис. 3.3 Загальний вигляд лабораторної установки для проведення досліджень пневматичної висівної системи

Щоб проаналізувати процес сівби розробленою системою була використана картограма. За першим етапом реалізації даної технології була сформована картограма сівби. В основному, ця картограма базується на інформації про врожайність культури минулого року сільськогосподарських робіт й даних моніторингу фізико-механічних й агрохімічних параметрів ґрунту. За даною інформацією й на базі агрономічних знань алгоритмів взаємозв'язку між місцевизначених параметрами поля при відповідного програмного забезпечення була розроблена електронна картограма сівби та історичних відомостей про поле (рельєф, сівоzmіни, як і чим ореється тощо).

Так як дослідження проводились у лабораторних умовах, й виникла необхідність імітації руху МТА по поверхні поля. Метою було розробити програмне забезпечення AgroSim, що дозволяє імітувати траєкторією руху агрегату застосовуючи для цього попередньо записані й збережені у файл дані. Напередодні було складено електронну картограму завдання сівби. Залежно від заданої картограми сівби, бортовий комп'ютер викрацьовував керуючу дію в умовах забезпечення потрібних значень показників усталеності й якості перехідних процесів у слідкуючій системі, тож обраного рівня помилки процесу слідкування. Наприклад, картограма завдання на сівбу для дослідної ділянки рис. 3.4

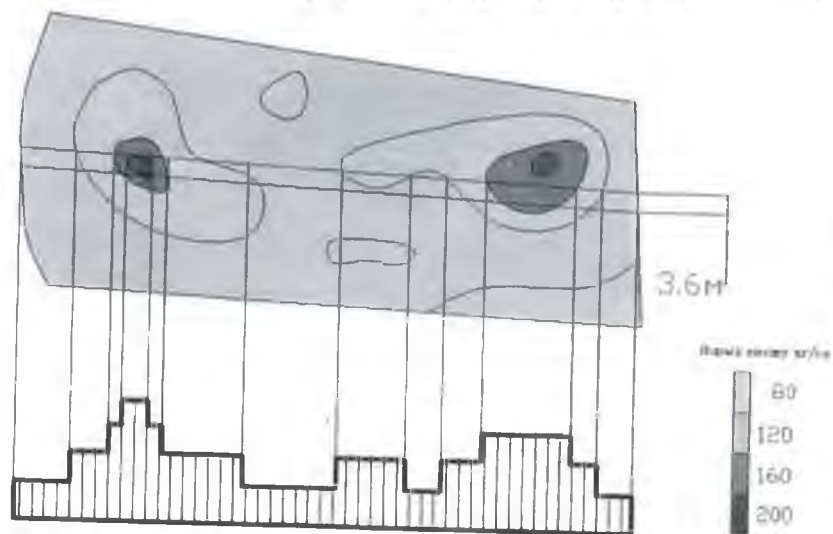


Рис. 3.4 Картограма завдання на проведення місцевизначеної сівби.

Тоді ж визначали вплив частоти обертання вентилятора (30, 38, 45, 80 об/хв) і величини вихідного вікна (20, 40, 50, 60 мм) на рівномірність розподілу насіння між висівними секціями. Рівномірність розподілу насіння між висівними секціями визначався шляхом забору висіяного насіння окремою секцією протягом інтервалу часу 30с в окрему ємність, зважуванню його та визначенням коефіцієнту варіації:

$$V = \frac{1}{\bar{m}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{m} - m_i)^2}{k-1}} 100\%$$

$\bar{m} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k m_i$ - середня вага зерна

Приклад результатів експериментальних досліджень на рис. 3.5

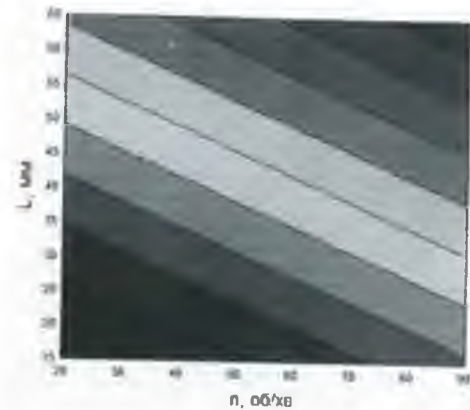
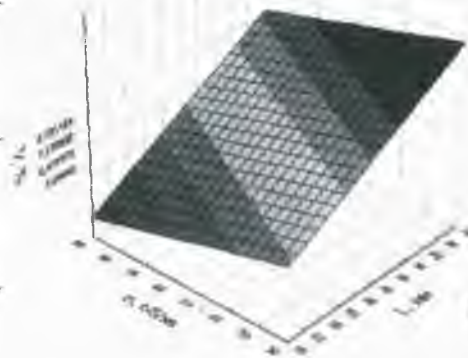


Рис. 3.5 Поверхня відгуку (а) й двомірний переріз (б) залежності коефіцієнту варіації від частоти обертання вентилятора та величини вихідного отвору.

Коефіцієнт варіації $V\%$ залежить від величини вихідного отвору L мм та частоти обертання вентилятора n об/хв показано у виразі:

$$V = 114,7773 - 0,0503 * n - 0,1377 * L$$

Спираючись на дослідження приходимо до висновку, а саме із зростанням частоти обертання вала вентилятора та величини вихідного отвору коефіцієнт варіації нерівномірності висіву насіння між висівними секціями зменшується. За допомогою експерименту виявлено, що коефіцієнт варіації змінювався від 7,7399 до 0,1012%.

Отже, при проведенні експериментальних досліджень виявлявся час збору проб ($t=30\text{с}$), а це дозволило виявити вплив частоти обертання вентилятора n (об/хв) та величини вихідного отвору L (мм) на масу насіння, яке висівалося протягом 1с Q (г/с). Інтерпретація по графіку зазначеної залежності наведена на рис. 3.6.

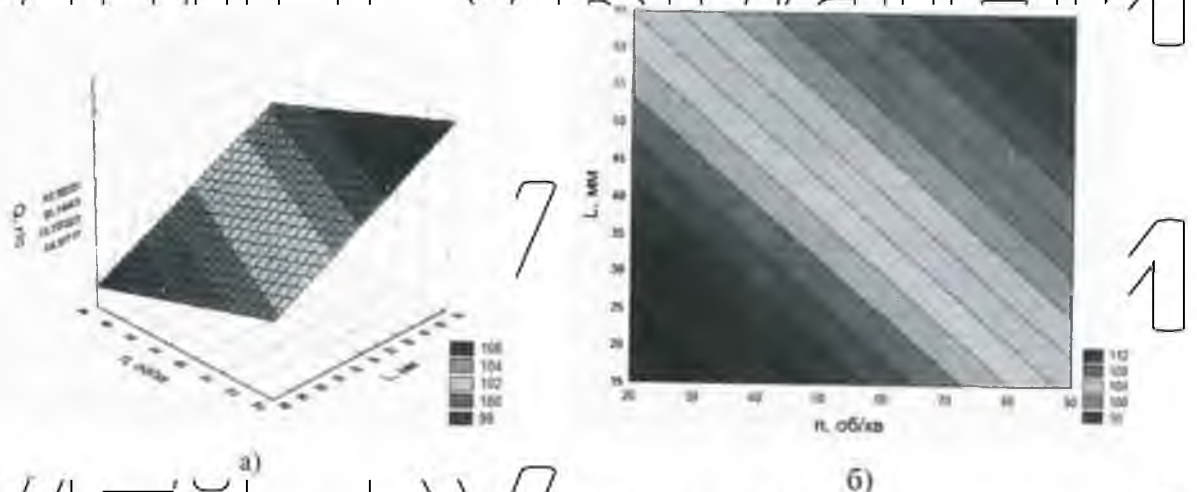


Рис. 3.6 Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз (б) в залежності секундної маси, яку висіває висівна секція від частоти обертання вентилятора та величини вихідного отвору.

Залежність маси насіння, котре висівають висівною секцією пневматичної системи за 1с , від частоти обертання вентилятора та величини вихідного отвору обприскуватиметься кореляційною залежністю:

$$Q = 110,7773 - 0,0503 * n - 0,1377 * L$$

Наведені залежності показують, як із зростанням частоти обертання вала вентилятора та величини вихідного отвору секундний висів насіння висівними секціями теж стає меншим.

3.2.2 Аналіз моделі дії пневматичної системи розподілу насіння та розподілу.

З'ясування математичної моделі процесу процесом дозування та розподілу насіння проводять шляхом імітаційного (комп'ютерного) моделювання в середовищі SimuLink програмного продукту Matlab 6.5.

Середовищем Matlab подано функціональну схему процесу управління й розподілу насіння сівалкою (рис. 3.7), котра показує всі елементи системи потрібні для зміни норми внесення насіння по ширині захвату сівалки. Вкінці маємо задану норму внесення насіння по ширині захвату.

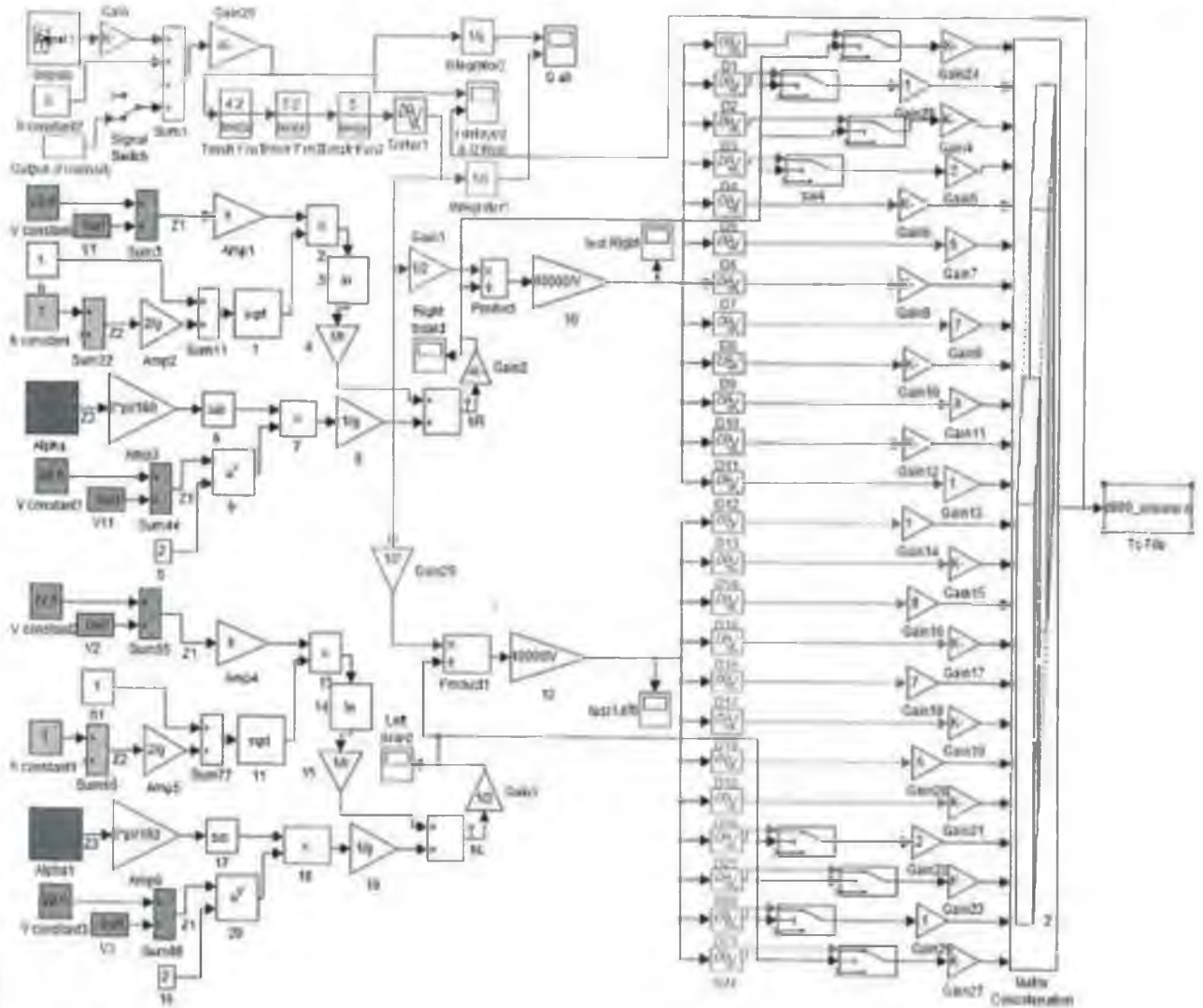


Рис. 3.7 Функціональна схема проведення імітаційного (комп'ютерного) моделювання

Рис. 3.8 Висновки імігаційного моделювання технологічного процесу в середовищі Matlab

Рис. 3.9 Показує картограму-завдання на сівбу по ділянці сільськогосподарського поля. За рис. 3.9 зрозуміло те, що поле має три ділянки з різним рівнем потрібної норми сівби: Q_1 , Q_2 , Q_3 . Якщо розбити площу ділянки поля на технологічні проходи машини стає зрозумілим що в межах ширини захвату норма сівби відрізняється показниками.

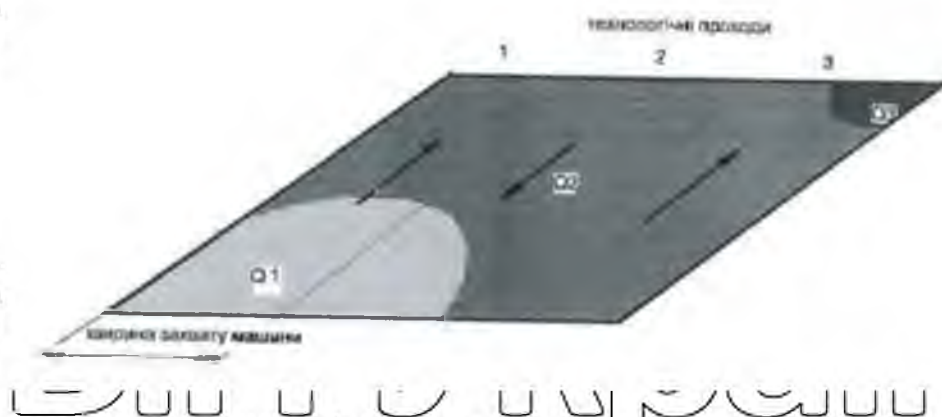


Рис. 3.9 Картограма ділянки поля за змінною нормою внесення мінеральних добрив.

Щоб застосувати цю картограму машиною зі змінними нормами сівби тільки за напрямком руху МТА (ри. 3.10), то норма внесення по ширині захвату машини залежатиме від положення центральної осі машини, на котрій кріплять приймальну антену системи навігації та буде незмінною величиною.



Рис. 3.10 Картограма ділянки поля після технологічного проходу

машини зі змінною нормою внесення технологічного матеріалу тільки за напрямком руху МТД.

В Україні та у світі в цілому проведені дослідження, котрі доводять економічну результативність застосування машин зі змінною нормою внесення технологічного матеріалу по напрямленню переміщення, у порівнянні з класичною машиною із точною нормою внесення є 20-25%.

На рис. 3.9 зазначено, що здійснення картограми висівки даними апаратами рівна планованій картограмі тільки на 60%, а це має значний вплив для спаду рівня економічної ефективності культури, що вирощують на конкретній території поля і як результат, надлишкової норми висіву насіння, а також знижує показник запланованого врожаю на тих територіях, котрі мали меншу норму висіву, ніж потрібно.

В результаті, доречно допускати варіативність норми висіву насіння не тільки по напрямленню руху сільськогосподарської машини та її по ширині захвату, а саме виконати місцевизначний розподіл насіння по технологічним смугам по ширині захвату машини. Ширина технологічної смуги машини має дорівнювати розміру самої меншої частини поля із різним вмістом поживних речовин, які становлять 3-4м.

Імітаційна модель використання картограми машиною зі змінними нормами сівби по чотирьом технологічним смугам ширини захвату, показує

те, що отримана енора розподілу насіння по площі поля, як зображено на рис.

3.11 відповідає планованій на 95% і в цей час насіння має практичну площу живлення що за напрямком руху машини, що за шириною захвату.



Рис. 3.11 Площа поля після технологічного проходу машини зі

змінною нормою внесення матеріалу, що за напрямком руху машини, що за шириною захвату.

Наслідок підвищення, а в конкретному прикладі в 4р, перерозподільної здатності машини – це ріст % відповідності застосованої картограми висіву зернових культур за технологічними смугами ширини захвату МТА до планованої.

Тож, перерозподільна здатність машини-реалізатора у системі ТЗ і є показником конкретної здійсненності поставлених цілей місцевизначного розподілу насіння. На даний час, головна задача - це вдосконалення вже діючого парку посівних машин, покращення перерозподільної можливості шляхом використання технологій змінної норми посіву по технологічним смугам ширини захвату машини.

На рис. 3.12 зображене вивчення результату розв'язки моделі, яке через нестачу часу на роботу механізму дозатора й переміщення подільника дільної головки фінішна щільність розподілу насіння поступово змінюється з рівня на рівень. Щоб добре здійснити процес перерозподілу насіння у базу

інформації бортового комп'ютера слід допускати виправлення на час роботи виконуючих механізмів, а саме бортовий комп'ютер має почати формувати сигнал реалізації раніше ніж до потрібного моменту, та у величину часу потрібного щоб працювали виконуючі механізми.



Рис. 3.12 діаграма кінцевої щільності ($b_k(x)$) розподілу насіння по чотирьох технологічним смугам ширини захвату й напрямку руху машини: 1, 2, 3, 4 – це технологічні смуги.

Під час виконання технологічного процесу висіву насіння більше часу займає доставка технологічного матеріалу до периферійних сошників робочого органу машини, більш конкретно, сошник, котрий розташований поблизу діляльної головки має першим потік насіння, пізніше надходить насіння до сошників віддалених.

База даних бортового комп'ютера необхідна для внесення інформації часу запізнення доставки технологічного матеріалу до віддалених сошників органу роботи механізму.

Для висівної системи пневматичної сівалки з робочим регулюванням положення дільника густини потоку, задаючи оптимальні параметри розвантаження та розв'язуючи систему диференціальних рівнянь 2-го порядку, отримуємо закон реалізації. Поширення кластера (шляхом імпульсних переходів) заданої щільності потоку заправки відбувається задовільно за амплітудою потоку заправки, але є затримка переходу від

одного рівня інтенсивності до іншого протягом 1-2 с. Результати імітаційного моделювання зображені на рис 3.13



Рис. 3.13 Результат виконання задач при сівбі зернових культур

Фактично графік показує дуже якісний процес посіву, працездатність системи автоматичного регулювання й постійність потрібного робочого режиму. Слід звернути увагу на допустиме відхилення від заданої норми сівби, яке зумовлене випадковим збуренням у системі живлення електродвигуна приводу й недоліками механізму приводу. Відхилення від заданої норми сівби складає менше 3% і допустиме в цих межах.

Отже, щоб здійснити місцевизначний посів слід відтворити такі різні: створити картограму – задача для посіву (робота виконується в офісі); контроль інтенсивності вихідного потоку насіння; вирахувати координати місцерозташування посівного МТА у полі; визначити кінематичні режими роботи агрегату (курс, магнітний азимут, швидкість руху тощо); зміна положення заслінки дозатора, розрахувати раціональні керуючі дії механізму приводу дозувальної системи.

3.3 Економічна ефективність застосування змінних норм сівби насіння.

У таблиці 3.1 подана порівняльна оцінка здійснення технологічних операцій сівби насіння розподільниками із сталою змінною тільки за напрямком переміщення нормами внесення насіння й розробленого прикладу.

Таблиця 3.1 Порівняльна оцінка здійснення технологічних операцій сівби насіння різними сівалками по їх типу

Марка сівалки	Характер норми внесення	Сівба насіння	Ціна насіння, грн/кг	Сума затрат, 0 грн	Економічний ефект, грн/га
СУ-12	стала	200	12	2400	-
Accord	Змінна за напрямком руху	170	12	2040	360
Розроблений зразок	Змінна за напрямком руху та по ширині захвату	150	12	1800	600

Сума затрат на посіяне насіння:

$$Q1 = 200 * 12 = 2400 \text{ грн}$$

$$Q2 = 170 * 12 = 2040 \text{ грн}$$

$$Q3 = 150 * 12 = 1800 \text{ грн}$$

Залежно від пропорцій виявлено затрати насіння на 1 га, у порядку 2400 грн, 2040 грн, 1800 грн.

Економічний ефект застосування цієї технології:

$$\text{Accord } 2400 - 2040 = 360 \text{ грн}$$

Розроблений зразок:

$$2400 - 1800 = 600 \text{ грн/га}$$

Можемо зробити висновок, що для господарств України та агропромислового комплексу посів насіння екологічно й економічно варто

здійснювати розподільниками насіння, котрі працюють по технології ЗНВ у режимі 2D.

Економічний ефект досягається завдяки раціональному поділу насіння по всій площі поля. Таким чином ми ще й не допускаємо перевитрат та направляємо рослину до оптимального росту, дотримуючись правильного розрахунку площі живлення індивідуально кожній рослині.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. ОХОРОНА ПРАЦІ МЕХАНІЗОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ (ТЗ).

4.1 Загальні поняття

Охорона праці – це система законодавчих актів, технічних, соціально-економічних, гігієнічних, організаційних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, направлених для того, щоб створити безпечні умови, зберегти здоров'я та працездатність у процесі праці. Законодавство про працю, безпека застосування різних технічних засобів на виробничих процесах у сільськогосподарській діяльності, враховуючи особливу безпеку та виробничу санітарія – це компоненти охорони праці [19].

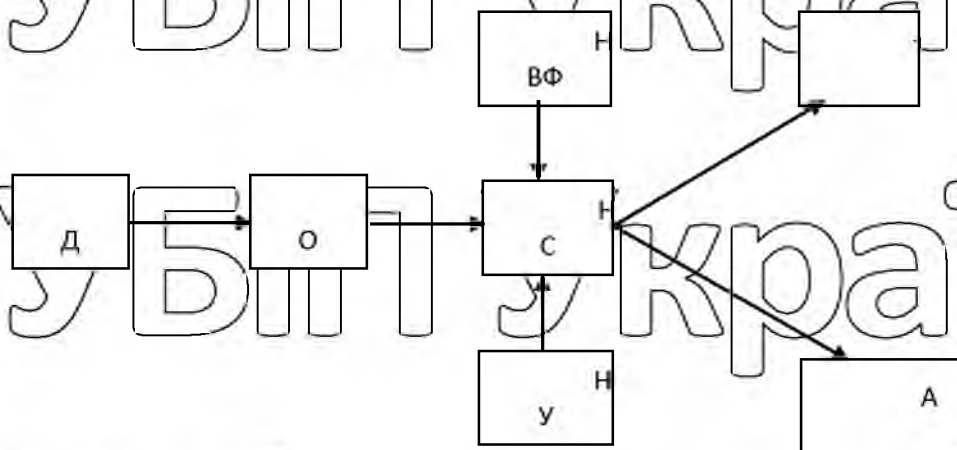


Рис. 4.1. Блок-схема процесу формування та виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій: НД – небезпечні дії; НО – небезпечні обставини; НВФ – небезпечний виробничий фактор; НС – небезпечна ситуація; НУ – небезпечні умови; Т – травма; А – аварія

Травма, аварія, катастрофа мають подібні механізми формування та виникнення під час дії людино-машинних систем, тому ці явища надалі описуватимуться паралельно. (рис. 4.1)

За схемою, можна зробити висновок, коли працюючий допускає небезпечну дію (НД) чи потрапляє в небезпечні обставини (НО), при дії

небезпечного фактору (НФ) чи небезпечні умови (НУ). В такій взаємодії виникає небезпечна ситуація (НС) [19].

Умови для НС залежать один від одного, тобто НУ, НД, НС та наслідки цих ситуацій : аварія (А), травма (Т) та сприятлива подія (дія без А і Т) відносять до випадкових явищ.

Вимоги безпеки до організації робіт сільського господарства технологічним процесом, виробничим приміщенням, майданчиками й полем мають відповідати ГОСТ 12.3.002-75.

НФ виробничого процесу [19].

НФ для людини:

- захват не закритими частинами рухомими машинами й механізмами;
- травмування від наїзду рухомими машинами;
- шкідливі фактори виробничого середовища;
- придушення навісними машинами;
- підвищена температура та вологість робочої зони;
- підвищена запиленість та загазованість, забруднення робочої зони;
- високий рівень мінеральних добрив та пестицидів на робочому місці.

Слід розробити заходи охорони праці для здійснення посіву із змінними нормами, що сприяли б безпечними для проведення цього процесу.

4.2 Аналіз виробничих небезпек та розробка заходів по їх відхилення

За ГОСТ 12 003-74 перерозподіл шкідливих та небезпечних виробничих факторів по способу дії на наступні групи: хімічні, біологічні, фізичні та психофізіологічні. Під час посіву із змінними нормами внесення в групу НФ фізичних входить: висока запиленість та забрудненість повітря робочої зони, матеріалів та обладнання; високий рівень руху; рухомий пристрій, механізми та їх незахищені рухомі частини.

Група небезпечних, фізичних та шкідливих факторів виробництва розділяються на наступні групи за характером впливу на людський організм:

- загальні токсичні, що мають вплив на репродуктивну функцію;
- на шляху проникнення в організм людини: які впливають на дихальні шляхи, шкіряний покрив,

При посіві, повітря робочої зони засмічується ґрунтовим пилом. Цей пил

має вплив на легені, шкіру, очі, шляхи дихання. Під час дихання, біля гурту пилу, яке вигає в повітрі затримується слизистою оболонкою та альвеолами легень, котрі подразнюються та призведе до хвороб дихальних органів.

До біологічно-небезпечних явищ виробництва відносяться макро- і мікроорганізми, які можуть викликати травми чи захворювання у персоналу. Це гриби, віруси, бактерії, прості рослини та тварини, спіростети.

4.3 вимоги до технологічного процесу

Під час сівби із змінними нормами варто дотримуватись вимог технологічного процесу, тобто:

- перед виконанням польових робіт поле напередодні оглядає агроном. При потребі його підготовляють, засипають рови, ями, яри та інші проблеми, видаляють велике каміння, котрі не під силу видалити віхами, табличками з попереджувальними написами. Потім поле розділяють в залежності до операційної карти.
- рух агрегату здійснюватися залежно до прийнятої та утвердженної операційної карти;
- працюють тільки на технічно справних машинах і знаряддях, які

відповідають нормам безпеки. Відремонтовані, нові та непрацюючі машини протягом довгого часу, залучають до роботи тільки коли їх ретельно перевірили.

Другорядні особи, котрі не беруть участь у робочому процесі не допускаються до робочого місця агрегату. Рух агрегатів та механізовані роботи повинні бути розроблені та утверджені агрономом чи керівником технологічного господарства й маршрутами руху агрегатів.

4.4 Вимоги до технічного стану пристрою

За санітарними правилами №4282-87 та державним стандартом ГОСТ 12.2.019-86 установлені загальні вимоги до машин сільського господарства й самохідних (машини обладнані приладами безпеки, спеціальними пристроями, сигналізацією, документами чи інструментами) до тракторних конструкцій, до статичної стійкості машин, робочого місця оператора, пневмо- й гідро- проводів, органів керування й елементів конструкцій, котрі впливають на умови праці та безпеки оператора від час робочого процесу.

МТА зобов'язаний мати безпечний доступ до робочого місця, бути безпечним й комфортним при технічному обслуговуванні. Кожен параметр мікроклімату повинен відповідати встановленим нормам стандарту.

4.5 Безпечне комплектування й використання МТА

МТА при посіві повинен мати набір справного інструменту.

Використовувати пристрій без захисних огорожень рухомих частин, червоного чи жовтого кольорів – ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ.

Агрегування посівної техніки варто здійснювати з класом трактора (1, 4). Оператор відповідає за комплектацію посівного агрегату, якщо це необхідно, залучаючи допоміжних працівників, роботу яких контролює агроном чи бригадир.

Без дозволу бригадира чи агронома заміна робочих елементів складеного агрегату не можлива. За комплектування, технічний стан й безпечне застосування приватних машин відповідальний лише його власник.

Повністю робочі, без поломок, відремонтовані та перевірені пристрої та вузли, обкатані, навіть якщо це й нова машина – тільки тоді вони допускаються до виробництва. Кожен працівник на виробництві має прослухати інструктаж по техніці безпеки зазначеній у ГОСТ 120.004-79 [19].

В той час, коли трактор наближається до посівної техніки, допоміжний робітник має стояти не ближче 2м справа від трактора, а значить знаходитись у межах безпечної зони [19,20,21].

Всі машини сільського господарства мають дуже значний недолік – їх робочі органи не можуть здійснювати самоочищення.

Оператори (допоміжні працівники) хочуть почистити робочі органи у працюючому стані МТА чи в процесі дії машини, що і є поширеною причиною травм на даному виробництві. Подібні дії суворо забороняються. Як зазначено у правилах, очищувальні роботи слід проводити чистиками, пристроєм яке для цього назначений, у призупиненому агрегаті, є машини, які вимагають очищення тільки після вимкнення двигуна.

ВИСНОВКИ

1.) Аналітично доведено, що для отримання якісного врожаю та зниження витрати насіння необхідно використовувати технології зі змінною нормою внесення насіння.

2.) Ефективним методом перевірки агробіологічного потенціалу поля є використання сівалки для проведення посівної операції зі змінною шириною норми висіву.

3.) Технологію змінних норм внесення насіння в ширину сівалки можна застосовувати за допомогою паралельних і послідовних систем транспортування та висіву.

4.) Системи послідовної доставки насіння та висіву мають переваги перед паралельними системами завдяки конструкції механізму та спрощенню електронного керування.

5.) Використання технології змінних норм для проникнення нації в технологічні смуги дозволяє збільшити близько 95% розподілу норм висіву насіння, встановлених на площі поля.

6.) Теоретично доведено, що контроль висіву за допомогою дозуючого пристрою краще досягати шляхом обертання котушки, а не переміщення запірної клапана, що забезпечить змінні норми внесення насіння в діапазоні 30-300 кг/га.

7.) Економічна ефективність використання машин зі змінними нормами внесення насіння на ширину захвату та напрямки руху насіння, порівняно з машинами зі змінними нормами тільки в напрямку руху насіння, приблизно 360 грн./га, а в порівнянні з автомобілі з встановленими нормами посіву - 500 грн./га.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аніскевич Л.В. Адамчук / Науковий вісник Національного аграрного університету. землеробства / Л.В. Аніскевич, точного К. 2006. - № 101.-С. 8-27.
2. Аніскевич Л.В. Аналіз місцевизначеної інформації в системі точного землеробства. Збірник наукових праць Національного аграрного університету "Механізація сільськогосподарського виробництва" т. 33.- Київ, НАУ, 2000.
3. Войтюк Д. Г. Системи точного землеробства - новий індустріальний підхід у сільському господарстві / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, Г.Р. Гаврилук, М.С. Волянський // Сільськогосподарська техніка України. -1998.- № 26. -С. 32-33. В.
4. 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.
5. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення виконання технологічних процесів у рослинництві: [монографія] / Мироненко В.Г. Київ, 2005.- 202 с. Аніскевич Л.В., Гаврилук Г.Р. До впровадження точного системи землеробства. Збірник наукових праць Національного аграрного університету "Механізація сільськогосподарського виробництва", т. IX. Київ, НАУ, 2000, с. 128-130.
6. Броварець С.О. Засоби та методи моніторингу стану сільськогосподарських угідь, використовуються точному землеробстві /О.О. Броварець // Науковий вісник Національного аграрного університету.- К., 2007. № 117.-С. 346-349.
7. Аніскевич Л.В., Гаврилук Г.Р., Ямков О.В. Система точного землеробства: ефективність і веління часу. Пропозиція, № 6, 2000, р. 97.

8. Створення засобів моніторингу агробіологічних параметрів для новітніх технологій виробництва продукції рослинництва: звіт про наук.-дослід. роботу / [Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, С.О. Маранда та ін.]. -Київ, 2005.- С. 142. - Не держреєстрації 0103U004814.

9. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Адамчук В.І. Сучасні технології керування енергетичним потенціалом с.-г. поля / Науковий вісник НАУ - К., 2004.-№ 73, ч. 1, -С. 222-229.

10. Основи методології моніторингу агроресурсів прогнозування та врожайності сільськогосподарських культур проектом MARS/ за В. Крапчук, Н. Сердюченко, О. Ковтуненко (та ін.) // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць. - Дослідницьке, 2009.- № 13(27). - С.3-

11. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Гаврилюк Г.Р., Волянський М.С. Терміни точного землеробства. Техніка АПК, № 5, 1999, с. 29-30.

12. Масло І.П. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване хімпрепаратів В.Г. Мироненко // Вісник сільськогосподарської науки. використання І.П. Масло, 1998. - № 5. - С. 56-58.

13. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Ковбаса В.П., Зелінський М.З., Розробка спеціалізованого обладнання сільськогосподарських машин для технологій точного землеробства (рекомендації). Київ 2003.- 58 с.

14. Системи точного землеробства новий індустріальний підхід у сільському господарстві / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, Г.Р. Гаврилюк, М.С. Волянський // Сільськогосподарська техніка України. - 1998.- № 26. - С. 32-33.

15. Эйнштейн А., Сущность теории относительности, М.: Иностранная литература, 1955

16. Місцевизначені технології системі землеробства В.І. Кравчук, Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, Г.Л. Баранов // Науковий журнал точного вісник Національного аграрного університету, Київ, 2000. № 29.-С. 194-201.

17. Кальбус Г.Л., Гидропривод и навесные устройства тракторов: В вопросах и ответах, -2-е изд. доп. и перераб. - К. «Урожай», 1982, - 200с., ил.

18. Сільськогосподарські та меліоративні машини: [підручник] / Войтюк Д.Г., Дуоровін В.О., Тщенко Т.Д. та ін. / В за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. -544 с.

19. Карлусь О.Т., Аніскевич Л.В., Баранов Г.Л. Шляхи покращення рівномірності розподілу ріднини при роботі мобільних обприскувачів за технологіями точного землеробства / Механізація, промисл. пром. і аграрних підприємств, - Керч: КМТИ.- 2003.-В. 5.-С. 111-117.

20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: [підручник] / Войтюк Д.Г., Барабановський В.М., Булгаков В.М. та ін. / за ред. Д.Г. Войтюка.-К.: Вища освіта, 2005.-444 с.

21. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.Г. Руольов, Б.І. Рябцев. -К.: Урожай, 1993.- 272 с.

22. Діденко М.К. Експлуатація машинно-тракторного парку / Діденко М.К. - [5-е видання перероблене і доповнене]. Київ: Гол. вид. видав. об'єд. «Вища школа», 1983.-447 с. 13. Мацибора В.І. Мацибора В.І., Збарський В.К.

23. Лісовал А.П. та ін. Агрохімія: Лабораторний практикум.- К.: Вища школа, 1994.- 335 с.

24. Мацибора Т.В.-К.: Каравела, 2008.-312 с. Економіка сільського господарства: навч. посібник 14. Болотова Т.М. Економічна ефективність точних агротехнологій у рослинництві / Т.М.

25. Погорілий Л. та ін. Аналіз та агромоніторинг сільськогосподарських угідь. - Техніка АГПЗК. 1998.- №3.- С. 18-20.

26. Мацібора Г.В.-К.: Каравела, 2008.-312 с. Економіка сільськогосподарства: навч. посібник / 14. Болотова Т.М. Економічна ефективність точних агротехнологій у рослинництві / Т.М.

27. Dixon K. Satellite Positioning Systems // Efficiencies, Performance and Trends. European Journal of Navigation. -2005.-Vol. 3, N 3.- P 58-63.

28. Болотова, М.П. Лісовий, В.. Макаров // Вісник аграрної науки. 2005.- No 1.-С.16-20.

29. Хаспін А.М. Черченко/ Блюкока А.В. - [издание третье, переработаное и дополненное]. -Киев:Гл. издательство объедин. «Вища школа», 1980.-с. 440.

30. Анискевич Л.В., Броварець О.О. Обґрунтування параметрів польової інформаційної машини для моніторингу стану сільськогосподарських культур: монографія. Київ, 2011- с.232.

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

32. Lapucha D., Barker R., Zwaan H. Wide Area Carrier Phase Positioning European Journal of Navigation. -2005.-Vol. 3, N 3.- P.10-15

33. Moran, M.S., Inoue, Y., Barnes., E.M. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. Remote Sensing of the Environment, 61, 1997, p. 319-346.

34. Іщенко Т.Д, Бендера ЛМ. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах мінагрополітики України: навчально-методичний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2006.- с. 256

35. Методичні вказівки по виконанню дипломних проектів для студентів факультету механізації сільськогосподарства. Київ «Вища школа» - 2008- с.32

36. Гряник Г.М., Лехман С.Д. Охорона праці.-Київ: Урожай, 1994.-272 с.

37. Грунтознавство. М.В. Капшик, Д.Р. Петренко, С.В. Вітвицький. - К.:
Оранта, 2005. - 648 с. основами геології: навч. посіб. / С.Ф. Гнатенко, І.
Порицький Г.О. Геодезія: [підручник]

38. Порицький Г.О., Новак Б.І., Рафальська Л.П. К.: «Арістей», 2007. - 260

с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України