

РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-6366-7772>e-mail: [v\\_rut@ukr.net](mailto:v_rut@ukr.net)

ОСТАПЕНКО ВАЛЕРІЙ

Вінницький національний аграрний університет

e-mail: [Ostapenko@ukr.net](mailto:Ostapenko@ukr.net)

## РОЗРОБЛЕННЯ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ ПОСІВНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВНУТРІШНЬО-ГРУНТОВОГО ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ З ОДНОЧАСНОЮ СІВБОЮ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Розглядається питання підвищення ефективності припосівного внутрішньо-грунтового диференційованого внесення основної та стартової дози гранульованих мінеральних добрив у системі точного землеробства. Зазначено необхідність використання диференційованого внесення гранульованого мінерального добрива та машин, що забезпечують якісне виконання даного технологічного процесу із врахуванням неоднорідності вмісту поживних елементів у ґрунті на певні ділянки поля. Також зазначено необхідність розробки та впровадження у виробництво високоточних автоматизованих інформаційних технологій, що базуються на використанні високопродуктивних засобів механізації.

Зазначені недоліки сучасних посівних машин: непристосованість для одночасного диференційованого внесення основної та стартової дози, внаслідок чого відсутність високоадаптованих дозаторів, відповідних систем контролю та керування.

Запропоновано конструктивну-технологічну схему посівного комплексу та розроблено пневматичну висівну систему даного комплексу для припосівного внутрішньо-грунтового диференційованого внесення основної та стартової дози гранульованих мінеральних добрив у системі точного землеробства. Запропонований посівний комплекс дозволить усунути надмірне внесення мінеральних добрив, що може викликати зростання активізації мікробіологічних процесів у ґрунті та мати негативні екологічні наслідки, приводячи до погіршення фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунту.

Використання в агропромисловому комплексі України ресурсозберігаючих технологій точного землеробства дозволить забезпечити керування виробничими процесами за рахунок інформаційних технологій, роботизованих та автоматизованих систем, що дозволить вивести вітчизняні сільськогосподарські підприємства на більш новий рівень.

Ключові слова: точне землеробство, мінеральні добрива, диференційоване внесення добрив, система позиціонування, геоінформаційні системи, висівна система, карта задач, посівний комплекс.

RUTKEVYCH VOLODYMYR, OSTAPENKO VALERIY

Vinnytsia National Agrarian University

## DEVELOPMENT OF THE SOWING SYSTEM OF THE SOWING COMPLEX FOR INTERNAL-SOIL DIFFERENTIATED MINERAL FERTILIZER WITH SIMULTANEOUS SOWING OF CEREAL CROPS

The issue of increasing the effectiveness of post-sowing intra-soil differentiated application of the main and starting dose of granular mineral fertilizers in the system of precision agriculture is considered. The need to use differential application of granular mineral fertilizer and machines that ensure high-quality performance of this technological process, taking into account the heterogeneity of the content of nutrients in the soil in certain areas of the field, is indicated. It is also indicated the need to develop and introduce into production highly accurate automated information technologies based on the use of high-performance means of mechanization.

The indicated shortcomings of modern seeding machines: lack of adaptability for simultaneous differentiated introduction of the main and starting dose, as a result of which they lack highly adapted dispensers, appropriate control and management systems.

The construction and technological scheme of the seeding complex is proposed and the pneumatic seeding system of this unit is developed for post-sowing intra-soil differentiated application of the main and starting dose of granular mineral fertilizers in the precision farming system. The proposed seeding complex will make it possible to eliminate the excessive application of mineral fertilizers, which can cause an increase in the activation of microbiological processes in the soil and have negative ecological consequences, leading to the deterioration of the physico-chemical and biological properties of the soil.

The use of resource-saving technologies of precision agriculture in the agro-industrial complex of Ukraine will allow to ensure the management of production processes at the expense of information technologies, robotic and automated systems, which will allow to bring domestic agricultural enterprises to a new level.

Key words: precision farming, mineral fertilizers, differentiated application of fertilizers, positioning system, geo-information systems, sowing system, task map, sowing complex.

### Постановка проблеми

Розвиток і конкурентоспроможність вітчизняного АПК України у значній мірі залежать від ефективності виробництва сільськогосподарських підприємств. Вона визначає результати виробничо-комерційної діяльності, основна задача якої полягає в максимально можливому виробництві і реалізації продукції з найменшими витратами різного роду ресурсів [1]. Вирішення даної задачі можливе шляхом використання інноваційних технологій, розроблених на основі сучасних досягнень науково-технічного прогресу в областях селекції, насінництва, агротехніки, механізації та автоматизації виробництва.

Технології виробництва продукції рослинництва формуються з урахуванням його виду, ресурсного потенціалу зони підприємства, особливостей розміщення, рівня розвитку і використання інноваційної складової та інших факторів.

Використання твердих мінеральних добрив сприяє істотному підвищенню урожайності зернових культур і підвищенню родючості ґрунту. Існуюча система застосування твердих мінеральних добрив в Україні здійснюється по середній дозі і без урахування внутрішньо-ґрунтової неоднорідності вмісту поживних речовин у ґрунті. Проведені дослідження показують, що збільшення урожайності і віддачі від використання добрив можна отримати при умові, якщо їх вносити диференційовано в залежності від неоднорідності поля по агрохімічному і видовому складі [2].

Сучасні посівні машини, як правило, не пристосовані для одночасного диференційованого внесення основної та стартової дози, внаслідок чого відсутність у них високо адаптованих дозаторів, відповідних систем контролю і керування. Перспективними є посівні комплекси з пневматичною системою та можливістю часткового розташування робочих органів на передній навісці трактора [3].

Серед недоліків пневматичних сівалок є нездатність їх диференційовано вносити основну і стартову дозу, нестійка якість розподілу насіння і добрив по ширині захвату, обумовлена недостатньою обґрунтованістю конструктивних і технологічних параметрів.

Тому створення машин і робочих органів, їх теоретичне обґрунтування та експериментальне дослідження направлене на удосконалення і створення ресурсозберігаючих технологій є однією з найважливіших задач в сільськогосподарському виробництві.

#### Аналіз останніх джерел

Вміст поживних речовин у ґрунті далеко не завжди однаковий навіть у межах одного поля [4, 5]. Дослідження вчених показують, що існує висока різниця поживних речовин у ґрунті, навіть на невеликій ділянці поля, що зумовлені неоднорідністю ґрунтових умов, забезпеченості ґрунту поживними речовинами та іншими факторами кожної елементарної ділянки поля (рис. 1).

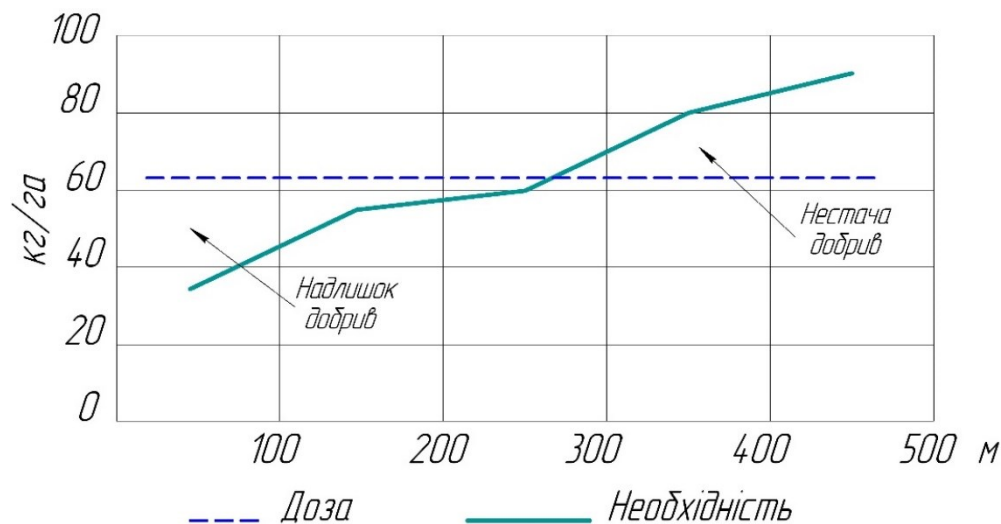


Рис. 1. Різниця між внесеною дозою добрив та реальною потребою на кожній ділянці поля

В результаті внесення добрив створюється надлишок добрив на одних ділянках поля і нестача на інших, що відповідно впливає на кількість і якість врожаю, а також на родючість та екологічну ситуацію на цих ділянках.

Слід зазначити, що станом на 2023 рік Україна є лідером у Європі за обсягами добрив [6]. На його частку припадає приблизно 25 % усіх мінеральних добрив, що виробляються на континенті. Ціна за 1 тону мінерального добрива:

- аміачна селітра – 7200 грн;
- карбамід – 8000 грн;
- подвійний суперфосфат – 13700 грн.

Наразі у аграріїв немає проблем з можливістю купити добрива, а їх споживання росте набагато швидше, ніж очікувалось.

Традиційний метод внесення добрив полягає в розподілі добрив по всій поверхні поля відповідно до середньої потреби визначеної культури [4, 5]. Постійна норма внесення добрив без точного аналізу поля є низько ефективною, так як не задовольняє фактичні потреби в поживних речовинах окремих ділянок поля. Збільшення норми внесення, прийнятих в цілому, збільшує урожайність до оптимального рівня, але зверх норми – покращення використовується неефективно. На основі аналізу інформації про стан поля спосіб внесення добрив може бути різним. Технологія диференційованого внесення мінерального добрива у гранульованій формі – це метод підвищення ефективності економічного використання ресурсів, а також зниження екологічного навантаження на агроєкосистему сільськогосподарського підприємства в цілому [5, 7]. Використання системи диференційованого внесення для конкретного поля може допомогти підвищити ефективність використання техніки, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище із-за надмірного застосування мінеральних добрив та проходів техніки по полю.

Зниження внесеної дози добрив в рослинництві є серйозною проблемою в сучасному сільському господарстві [2]. До цього часу спосіб диференційованого внесення добрив не набув широкого поширення із-за додаткових капітальних вкладень, пов'язаних з модернізацією та удосконаленням існуючої сільськогосподарської техніки і відсутністю недорогого комплектуючого обладнання. Крім того, надмірне внесення добрив може викликати зростання активності мікробіологічних процесів у ґрунті та мати негативні екологічні наслідки, що призводить до погіршення фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту.

В сільському господарстві розрізняють три основні способи внесення добрив: основне (допосівне); припосівне (рядкове) і припосадочне, а за способом заробляння добрив: розкидний; локальний – в рядки, гнізда або лунки; локально-стрічковий [3, 8].

Для кожного способу розміщення добрив відносно поверхні ґрунту існують свої машини. Для поверхневого внесення, як правило застосовуються розкидачі відцентрового типу з дводисковими розкидаючими органами [8].

Незважаючи на те, що відцентрові розкидачі мінеральних добрив характеризуються високою продуктивністю, простотою конструкції і надійністю, їм властивий суттєвий недолік, а саме нерівномірність розподілу мінеральних добрив по ширині захвату машини.

Для внутрішньо-ґрунтового внесення добрив використовуються механічні дискові і пневматичні сівалки.

У нашій країні вже протягом 20 років широко використовуються зерно-тукові сівалки сімейства СЗ-3.6 і СЗП-3.6 [3].

Основними зарубіжними виробниками механічних зерно-тукових сівалок є фірми Gaspardo (Італія), Vaderstad (Швеція) та інші [8].

Пневматичні висівні системи забезпечують необхідну для прийнятої ширини захвату продуктивність, стійкий висів без пошкодження насіння і рівномірний їх розподіл. Забезпечення для захоплення повітрям дозованого потоку насіння – необхідна умова синхронності подачі їх висівним апаратом і пневмосистемою.

Пневматичні посівні машини можна розділити на два види [3, 8]:

- пневматичні сівалки;
- пневматичні комбіновані комплекси.

На цих посівних машинах використовуються пневмомеханічні висівні апарати. Як дозатори використовується одна або кілька катушок або інші пристрої, а розподільником служить головка різної конструкції, на яку подається насіння або добрива в повітряному потоці. Дана маса, що подається від низу доверху, рівномірно розподіляється зворотним конусом по його основі і звідти надходить через горловини в насіннепроводи, а від них в сошники.

За вище описаною схемою виконано більшість пневматичних сівалок як вітчизняних, так і зарубіжних компаній Accord, Amazone, Overum, Kuhn, Horsch, John Deere та інших. На рис. 2 представлені найбільш поширені пневматичні сівалки у сільськогосподарських підприємствах України.

Всі ці способи основані на прийнятті рішення для отримання максимальної урожайності культури з визначеним початковим норм внесення добрив, диференційований спосіб використовується в поєднанні з системою позиціонування, є звичайною практикою, застосовування лише тими сільськогосподарськими підприємствами, які використовують GPS моніторинг і контроль палива для сільськогосподарської техніки.

Точне землеробство передбачає два режими внесення агрохімікатів – off-line та on-line [4, 5, 9].

Режим off-line передбачає попередню підготовку на стаціонарному комп'ютері картки-завдання, в якій містяться просторово прив'язані за допомогою GPS дози агрохімікатів для кожної елементарної ділянки поля.

Режим реального часу (on-line) передбачає заздалегідь визначити агровигоди на виконання операції з внесення добрив та меліорантів, а відповідна доза визначається безпосередньо під час виконання операції.

Режим off-line є дещо простішим, оскільки не передбачає наявності датчиків, що працюють в режимі реального часу, але є більш трудомістким процесом. Першим етапом для розвитку система диференційованого внесення добрив є визначенням поживних речовин на конкретному полі, розбитим на сектори або ділянки. Це може бути досягнуто за допомогою дистанційного зондування поля, спектроскопії, вимірювання врожаю та ґрунту в режимі реального часу. В результаті аналізу даних попередньо на стаціонарному комп'ютері утворюється карта-завдання в спеціальні програми. В даній карті-завдання містяться, просторово прив'язанні за допомогою навігатора, дози добрив для кожної елементарної ділянки поля. Наступним етапом є перенесення даної інформації на чіп-карті (носія інформації) на бортовий комп'ютер сільськогосподарської техніки, оснащеною GPS-приймачем. Трактор оснащений бортовим комп'ютером, рухаючись полем, за допомогою GPS визначає своє місцезнаходження. Комп'ютер зчитує з чіп-картки дозу агрохімікатів, відповідно місцезнаходженню, і посилає сигнал на контролер розподільника твердих мінеральних добрив. Контролер же, отримавши сигнал, виставляє необхідну дозу.

Мета роботи – розроблення пневматичної висівної системи посівного комплексу для припосівного внутрішньо-ґрунтового диференційованого внесення основної та стартової дози гранульованих мінеральних добрив у системі точного землеробства.



а



б



в



г

а – посівний комплекс Horsch , б – посівний комплексу John Deere 1890,  
в – посівний комплекс Amazone, г – посівний комплекс Accord

Рис. 2. Огляд пневматичних сівалок найбільш поширених у сільськогосподарських підприємствах України

### Виклад основного матеріалу

На рис. 3 представлено посівний комплекс з розробленою пневматичною висівною системою для припосівного внутрішньо-грунтового диференційованого внесення основної та стартової дози гранульованих мінеральних добрив у системі точного землеробства. Посівний комплекс агрегується на основі трактора третього класу.

Найбільш суттєвими факторами обробітку ґрунту даним посівним комплексом є глибоке рихлення ґрунту з одночасним внесенням добрив (основної та стартової дози) та якісне формування насінневого ложа. Даний посівний комплекс працює за технологією смугового обробітку ґрунту, що набуває широкого поширення останнім часом в Україні на основі аналізу закордонного досвіду.

До складу посівного комплексу входить розкидач мінеральних добрив та посівний агрегат, що працює за технологією смугового обробітку ґрунту. Механізм для внесення мінеральних добрив встановлюється на передню навіску трактора, який обладнано гідравлічною системою та з'єднується тукопроводом 7 з посівним агрегатом.

Основні компоненти механізму для внесення мінеральних добрив: металевий бункер 6, місткістю до 680 л, що кріпиться на триточковій навісці, блок керування Performer 530, датчик швидкості руху (кабель, індуктивні датчики, GPS антена), електродвигун 12 В, який під'єднується до блока керування Performer 530, допоміжна система для горизонтального транспортування добрив (циклон), вентилятор, повітряний сепаратор, гідравлічний привод, розподільник, розподільні шланги зі системою STOP/START.

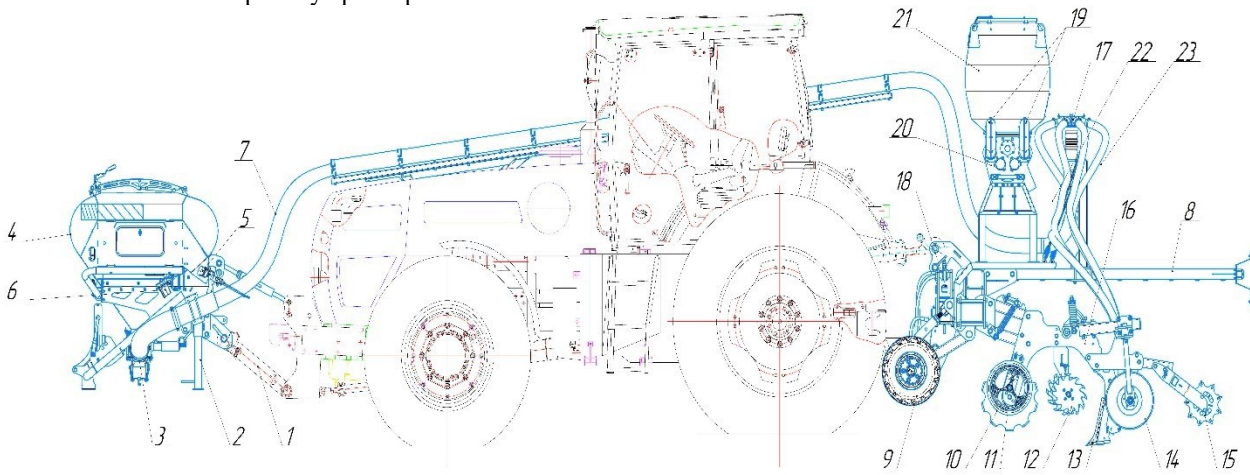
Блок керування Performer 530 встановлюється в кабіні трактора і потребує напруги 12 В. Блок керування Performer 530 дозволяє проводити точне і автоматичне дозування добрив та дрібного насіння, відповідно до швидкості руху і ширини механізму для внесення добрив, а також дозволяє постійно корегувати витрату і дозу добрив для рівномірного розподілу під час сівби. Механізм для внесення мінеральних добрив на основі передньої навіски трактора обладнано гідравлічним приводом. Підняття та опускання якого відбувається за допомогою поршневих гідроциліндрів, керування якими здійснюється джойстиком з кабіні трактора [10, 11].

Механізм для внесення мінеральних добрив встановлюється на передній частині трактора та під'єднується до сівалки точного висіву [12].

Використання навісного механізму у складі МТА на базі тракторів тягового класу 3 дозволяє:

- знизити витрати пального при виконанні певних сільськогосподарських робіт (внесення мінеральних добрив), за рахунок зменшення кількості проходів та витрат палива при переїздах до місця роботи;
- знизити негативний вплив ущільнення ґрунту за рахунок об'єднання 2 операцій у складі одного комбінованого МТА;
- довантажити передню вісь трактора, що дозволяє більш ефективно його використовувати та

покращити щеплення передніх коліс;  
- полегшити роботу тракториста.



- 1 – передня навіска; 2 – стоянкові опори; 3 – вентилятор; 4 – бункер мінеральних добрив;
- 5 – розетки системи електронного дозування; 6 – електродвигун приводу заслінки;
- 7 – тукопровід; 8 – рама; 9 – опорні колеса; 10 – дисковий робочий орган; 11– опорне колесо дискового ножа; 12 – культер; 13 – сошник для насіння і добрив; 14 – прикочувальне колесо;
- 15 – коток; 16 – плаваюча рама; 17 – розподільник мінеральних добрив; 18 – механізм навіски;
- 19 – пневмовентилятори насіннєвого бункера; 20 – система дозування насіння;
- 21 – насіннєвий бункер; 22 – насіннєпровід; 23 – тукопровід

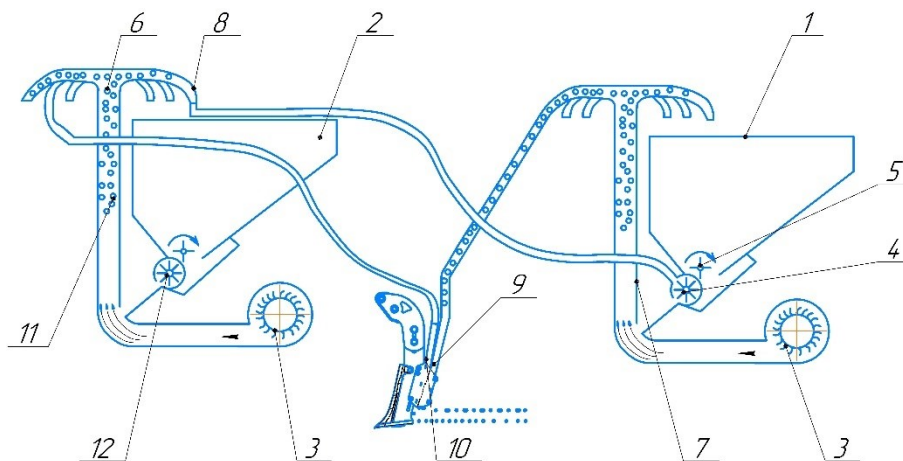
**Рис.3. Конструктивно-технологічна схема посівного комплексу для припосівного диференційованого внесення мінеральних добрив**

На рис. 4 представлено технологічну схему розробленої пневматичної висівної системи посівного комплексу для припосівного внутрішньо-грунтового диференційованого внесення основної та стартової дози гранульованих мінеральних добрив у систему точного землеробства.

Пневматична висівна система посівного комплексу має бункери для насіння 1 (рис. 3) і добрив 2, вентилятори 3, дозатор 4 для насіння, дифузор камери змішувача 5, розподільники 6, канали суміші 7, магнітні клапани 8, сошник 14 з тукопроводом 10 та насіннепроводом 9 для внесення суміші насіння з мінеральним добривом, тукопроводи для мінеральних добрив 11, високо адаптивний дозатор 12. Тукопроводи для стартових добрив 13, канал 14 для скидання добрив в бункер. Магнітні клапани 8 дозволяють регулювати величину стартової дози за допомогою зміни кількості поданих добрив в потік висіваємого насіння. Керування високо адаптивним дозатором 12 добрив і магнітними клапанами 8 здійснюється за допомогою мікропроцесора відповідно до електронної карти потреб добрив на кожному ділянці поля. Принцип роботи посівного комплексу наступний.

Насіння і добрива завантажуються в бункери. Включають в роботу вентилятори 3. При русі агрегату по полю з бортового комп'ютера автоматично подаються сигнали відповідної частоти і амплітуди на виконавчий механізм дозатора добрив 12. Під дією потоків повітря вони транспортуються до розподільних головок 6 і далі по тукопроводах і насіннепроводах до сошників 9, а добрива до 10.

При роботі посівного комплексу за технологією «точного землеробства», диференціація основної дози внесених добрив здійснюється відповідно до електронної карти внесення добрив. Місце положення агрегату на полі визначається при допомозі приймача сигналів глобальної системи позиціонування.



**Рис. 4. Технологічна схема розробленої пневматичної висівної системи посівного комплексу для припосівного внутрішньо-грунтового диференційованого внесення основної та стартової дози гранульованих мінеральних добрив у систему точного землеробства**

Контроль і керування технологічним процесом диференційованого внесення добрив здійснюється бортовим комп'ютером. На комп'ютері встановлено відповідне програмне забезпечення. При переході агрегату з однієї ділянки поля на інший відбувається зміна основної дози внесених добрив.

Потік добрив, що надходить з бункера в розподільну головку розділяється в ній на два потоки. Один потік добрив подається по тукопроводам до сошників і призначений для забезпечення основної дози внесення. Інший потік добрив надходить в інші тукопроводи, з'єднані з ежектором в якому вони змішуються з насінням і надходять разом з ними в якості стартової дози. Величина стартової дози, що вноситься на конкретну ділянку залежить від величини основної дози на цю ділянку.

Добрива, призначені для забезпечення стартової дози, подаються в ежектор по одному або декільком тукопроводам. Приймаючи до уваги, що по агротехнічним вимогам стартова доза повинна перебувати у визначених межах, її диференціація здійснюється за допомогою зміни кількості тукопроводів, за якими добрива подаються в ежектор за допомогою автоматичного перемикачів магнітних клапанів. Магнітні клапани дозволяють направляти потік добрив стартової дози різної інтенсивності, в потік насіння надходять в розподільну систему висіву насіння і звідти, в суміші з насінням до робочих органів, або в бункер з добривами. Величина стартової дози добрив визначається кількістю закритих (відкритих) клапанів. Керування магнітними клапанами відбувається бортовим комп'ютером у відповідність з електронною картою – завданням диференційованого внесення добрив. У разі, коли буде потрібно збільшення стартової дози (при малих значеннях основної дози), конструкція машини дозволяє збільшити число тукопроводів, за якими добрива подаватимуться в ежектор для змішування з насінням і формування стартової дози.

При цьому стартова доза змінюється в межах від 8 до 15 % від основної дози.

Використання в агропромисловому комплексі АПК України ресурсозберігаючих технологій точного землеробства дозволить забезпечити керування виробничими процесами за рахунок інформаційних технологій, роботизованих та автоматизованих систем, що дозволить вивести вітчизняні сільськогосподарські підприємства на більш новий рівень [13, 14].

### Висновки та пропозиції

Важливі проблеми висіву та удобрення зернових культур можна вирішити шляхом розробки та застосування сучасних посівних комплексів, які працюють за технологією точного землеробства, яка базується на диференційованому внесенні добрив на різних ділянках поля, які ідентифіковані за допомогою GPS-приймачів. При цьому відкриваються реальні можливості виробництва якісної продукції та збереження навколишнього середовища.

Розроблено нову висівну систему посівного комплексу для внутрішньо-грунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур.

Складовими ефекту від впровадження інновацій у техніко-технологічну підсистему рослинництва є зростання виробництва в галузі, зниження питомих експлуатаційних витрат на виконання польових механізованих робіт, зниження витрат на внесення добрив за рахунок їх диференційованого та адресного застосування, а також підвищення середньої врожайності оброблюваних сільськогосподарських культур. Автоматизована система керування робочими органами має бути добре налагодженою, щоб відбувалася відповідна зміна дози внесення добрив. Від точності та надійності техніки такого роду залежить успіх реалізації технології точного землеробства.

### Література

1. Шмат С. І. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом [Електронний Ресурс] / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, С. В. Колісник // КНТУ. – 2010. – <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
2. Думич В. Пристрої для диференційного внесення мінеральних добрив / В. Думич, Р. Лейко, В. Лев // Агробізнес Сьогодні. – 2017. – № 7. – С. 96–100.
3. Думич В. Машини для внесення твердих мінодобрив / В. Думич, М. Мазурак, В. Наріз // Агробізнес Сьогодні. – 2019. – № 8. – С. 126.
4. Концепція розвитку точного землеробства в Україні / [Колектив авторів] / Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського". – Харків : Видав. Міськдруку, 2010. – 36 с.
5. Аніскевич Л.В. Система точного землеробства : навч. посіб. / Л.В. Аніскевич, М.О. Свірень, М.М. Коваленко та ін. – Кропивницький : Лисенко В.Ф. 2016. – 104 с.
6. Ціни на мінеральні добрива в 2023 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ukragroconsult.com/fertilizers-price/>
7. Холодюк О.В. Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства / О.В. Холодюк // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2020. – № 2 (109). – С. 71–87.
8. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. – Київ : Агроосвіта, 2015. – С. 166–185.
9. Аніскевич Л.В. Система точного землеробства / Л.В. Аніскевич, Д.Г. Войтюк, Ф.М. Захарін, С.О. Пономаренко. – К. : НУБіП України, 2018. – 566 с.
10. Іванов М.І. Гідравліка : навч. посіб. / Іванов М.І., Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. – Вінниця : ВНАУ, 2019. 222 с.

11. Руткевич В.С. Математичне моделювання роботи гідравлічного привода секцій широкозахватного культиватора з послідовним спрацюванням гідроциліндрів / В.С. Руткевич // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2018. – № 2 (101). – С. 37 – 47.
12. Панченко А.І. Перспективи гідрофікації мобільної сільськогосподарської техніки / А.І. Панченко, О.Ю. Золотарьов, А.А. Волошина, Д.С. Тітов // Промислова гідравліка і пневматика. – 2003. – № 1 – С. 71-74.
13. Кравчук В. Інтегрована система керування землеробства – необхідний засіб новітніх технологій / В. Кравчук, С. Любченко, В. Войновський // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 7(10). – С. 14–16.
14. Shargorodskiy S. Modeling of Working Processes of an Adjustable APN Type PVC 1.85 Taking Into Account Parametric Oscillations / S. Shargorodskiy, V. Rutkevych, V. Zakrevskiy // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – 2021. – Вип. 4 (35). – С. 33–43.

### References

1. Shmat S. I. Tendentsii staloho rozvytku suchasnoho silskohospodarskoho mashynobuduvannya v Ukraini i za rubezhem [Elektronnyi Resurs] / S. I. Shmat, P. H. Luzan, S. V. Kolisnyk // KNTU. – 2010. – <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
2. Dumych V. Prystroi dlia dyferentsiinoho vnesennia mineralnykh dobryv / V. Dumych, R. Leiko, V. Lev // Ahrobiznes Sohodni. – 2017. – № 7. – С. 96–100.
3. Dumych V. Mashyny dlia vnesennia tverdykh mindobryv / V. Dumych, M. Mazurak, V. Nariz // Ahrobiznes Sohodni. – 2019. – № 8. – С. 126.
4. Kontseptsiiia rozvytku tochnoho zemlerobstva v Ukraini [Kolektyv avtoriv] / Natsionalnyi naukovyi tsentr "Instytut gruntoznastva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho". – Kharkiv : Vydav. Miskdruk, 2010. – 36 s.
5. Aniskevych L.V. Systema tochnoho zemlerobstva : navch. posib. / L.V. Aniskevych, M.O. Sviren, M.M. Kovalenko ta in. – Kropyvnytskyi : Lysenko V.F. 2016. – 104 s.
6. Tsiny na mineralni dobryva v 2023 rotsi [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://ukragroconsult.com/fertilizers-price/>
7. Kholodiuk O.V. Hlobalni navihatsiini sputnykovi systemy ta yikh rol u tekhnolohiiakh tochnoho zemlerobstva / O.V. Kholodiuk // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. – 2020. – № 2 (109). – С. 71–87.
8. Voitiuk D.H. Silskohospodarski mashyny : pidruchnyk / D. H. Voitiuk, L. V. Aniskevych, V. V. Ishchenko ta in. ; za red. D. H. Voitiuka. – Kyiv : Ahrosvita, 2015. – С. 166–185.
9. Aniskevych L.V. Systema tochnoho zemlerobstva / L.V. Aniskevych, D.H. Voitiuk, F.M. Zakharin, S.O. Ponomarenko. – K. : NUBiP Ukrainy, 2018. – 566 s.
10. Ivanov M.I. Hidravlika : navch. posib. / Ivanov M.I., Veselovska N.R., Rutkevych V.S., Sharhorodskiy S.A. – Vinnytsia : VNAU, 2019. 222 c.
11. Rutkevych V.S. Matematyчне modeliuвання roboty hidravlichnoho pryvoda sektsii shyrokozakhvatnoho kultyvatora z poslidovnym spratsiuванням hidrotsylindriv / V.S. Rutkevych // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. – 2018. – № 2 (101). – С. 37 – 47.
12. Panchenko A.I. Perspektyvy hidrofikatsii mobilnoi silskohospodarskoi tekhniki / A.I. Panchenko, O.Iu. Zolotarov, A.A. Voloshyna, D.S. Titov // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2003. – № 1 – С. 71-74.
13. Kravchuk V. Intehrovana systema kerovanoho zemlerobstva – neobkhidnyi zasib novitnikh tekhnolohii / V. Kravchuk, S. Liubchenko, V. Voinovskiy // Tekhnika i tekhnolohii APK. – 2010. – № 7(10). – С. 14–16.
14. Shargorodskiy S. Modeling of Working Processes of an Adjustable APN Type PVC 1.85 Taking Into Account Parametric Oscillations / S. Shargorodskiy, V. Rutkevych, V. Zakrevskiy // Tsentralnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky. – 2021. – Vyp. 4 (35). – С. 33–43.