

**НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**АДАМЧУК ВАЛЕРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ**

**УДК 631.333**

**МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ І ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ  
ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ  
ТА ХІММЕЛІОРАНТІВ**

**05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського  
виробництва**

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному науковому центрі „Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” Української академії аграрних наук

<b>Офіційні опоненти:</b>	<p>доктор технічних наук, професор <b>Демидко Михайло Омелянович</b>, Національний аграрний університет, професор кафедри експлуатації техніки та інженерного менеджменту</p> <p>доктор технічних наук, професор <b>Манчинський Юрій Олексійович</b>, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, професор кафедри сільськогосподарських машин</p> <p>доктор технічних наук, професор, академік АНУ, заслужений винахідник України <b>Гевко Роман Богданович</b>, Тернопільський державний економічний університет, завідувач кафедри інженерного менеджменту</p>
<b>Провідна установа:</b>	<p>Кіровоградський національний технічний університет Міністерства освіти і науки України, кафедра сільськогосподарського машинобудування, м. Кіро-воград</p>

Захист відбудеться " 03 " липня 2006 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.06 у Національному аграрному університеті за адресою: 03041, м. Київ-41, вул. Героїв оборони, 15, навчальний корпус № 3, ауд. 65

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного аграрного університету за адресою: 03041, м. Київ-41, вул. Героїв оборони, 13, навчальний корпус №4

Автореферат розісланий " 01 " червня 2006 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Войтюк Д.Г.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Основну масу мінеральних добрив та хіммеліорантів (МДХ), що застосовуються в нашій країні і передових країнах світу, вносять за технологією основного удобрення ґрунту суцільним способом по його поверхні. Аналогічно проводять і підживлення окремих сільськогосподарських культур.

Загальновідомо, що від якості внесення МДХ залежить урожайність сільськогосподарських культур. Чисельність парку машин для внесення МДХ, вартість виконання операцій транспортування добрив від сховища до поля та їх внесення, а також агрономічні строки проведення зазначених операцій значною мірою залежать від технологічної схеми внесення МДХ і продуктивності машин.

У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на розробку механіко-технологічних і технічних основ підвищення ефективності внесення МДХ, які забезпечать зменшення нерівномірності їх внесення і підвищення продуктивності машин, є актуальними як для галузі сільськогосподарського машинобудування, так і для галузі сільськогосподарського виробництва.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження проведені відповідно до „Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості”, затвердженої Кабінетом Міністрів України (Постанова № 536 від 16.09.1992 р.), „Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998-2005 рр.”, затвердженої Кабінетом Міністрів України (Постанова № 403 від 30.03.1998 р.), у рамках науково-технічних тем: „Розробити адаптивні комплекси для застосування МДХ на базі нових екологічно безпечних, ресурсозберігаючих способів диференційованого внесення елементів живлення” (ДР № 0193U034273, 1991-1995 рр.), „Розробити технологічний процес і дослідні зразки машин для підготовки та внесення мінеральних добрив” (ДР № 0197U004534, 1996-2000 рр.), „Розробити технологічний процес застосування мінеральних добрив і створити дослідні зразки машин з використанням нового способу оптимізації їх параметрів і режимів роботи” (ДР № 0101U009298, 2001-2005 рр.).

**Мета і задачі досліджень.** Метою роботи є поліпшення якості внесення МДХ і підвищення продуктивності машин.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі задачі досліджень:

1. Розробити математичні моделі і на їх основі отримати залежності, які описують закономірності перебігу процесів щодо загальних і часткових випадків:

- взаємодії прутків живильника-конвеєра з пошаровою сумішшю МДХ в умовах зміни їх об'ємної маси;

- руху МДХ по поверхнях робочих органів в оптимальному режимі щодо швидкості їх подачі на розсівальний орган (РО) і розгону останнім;

- руху МДХ від РО до поверхні поля по оптимальній траєкторії в рухомому повітряному середовищі при наявності супроводжуючого повітряного струменя, який створює робочий орган.

2. Перевірити адекватність розроблених математичних моделей.

3. Обґрунтувати фізичну модель внесення МДХ на робочій ширині захвату машин і визначення нерівномірності їх внесення.

4. З використанням отриманих результатів досліджень створити експериментальні зразки основних машин мінімально необхідного типорозмірного ряду для господарств України і перевірити їх ефективність.

5. Обґрунтувати та розробити промислові зразки машин і впровадити їх у сільськогосподарське виробництво.

*Об'єкт дослідження.* Технологічні процеси застосування твердих МДХ.

*Предмет дослідження.* Закономірності перебігу процесів, що здійснюють технічні засоби для механізації внесення МДХ.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження проводились шляхом математичного моделювання роботи машин з використанням експлуатаційно-економічної оцінки їх ефективності, а також робочих органів зазначених машин з використанням законів сипкого середовища і механіки. Експериментальні дослідження проводились за стандартними та розробленими методиками із застосуванням створених фізичних моделей та натурних зразків робочих органів, приладів і експериментальних зразків машин.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в підвищенні ефективності процесів внесення МДХ на основі розробки нових підходів до їх моделювання.

1. Шляхом розробки і дослідження просторових математичних моделей отримано залежності для визначення:

- розміру зони розповсюдження тисків у середовищі МДХ з урахуванням зміни їх початкової об'ємної маси при взаємодії прутків живильника-конвеєра як з пошаровою сумішшю МДХ, так і з одним їх видом;

- оптимальної частоти обертання РО з урахуванням швидкості надходження МДХ на РО і напрямку її вектора в процесі подачі МДХ на РО і захвату їх останнім;

- параметрів і режимів руху МДХ у момент сходження їх з відцентрового РО щодо умов регульованої зміни траєкторії руху МДХ по РО як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах у процесі розгону;

- дальності розсівання МДХ РО в умовах рухомого повітряного середовища і супроводжуючого повітряного струменя щодо загального варіанта режиму їх руху.

2. Обґрунтовано фізичну модель внесення МДХ на робочій ширині захвату машин і визначення нерівномірності їх внесення.

3. Встановлено, що, забезпечивши подачу різних видів МДХ на спільний РО у вигляді пошарової суміші, їх можна вносити диференційованими дозами без попереднього змішування за один прохід агрегату.

**Практичне значення одержаних результатів.** З використанням розроблених математичних моделей роботи машин для внесення МДХ обґрунтовано основні технологічні параметри і конструкційно-технологічні схеми машин як для внесення одного їх виду, так і для одночасного внесення кількох видів МДХ за один прохід агрегату без попереднього їх змішування, форми виконання технологічних місткостей машин, параметри та режими роботи живильників-конвеєрів, тукоспрямовувачів, корегуючих пристроїв та РО; розроблено рекомендації щодо зменшення робочої ширини захвату машин при їх роботі в умовах бокового вітру.

Отримані результати досліджень використано НВО „НДКТИМсільгоспмаш” і ННЦ „ІМЕСГ” при створенні машин і пристроїв, які успішно пройшли державні приймальні випробування і рекомендовані до серійного виробництва: МВД-0,5 і МВД-900 - серійно виробляє ВАТ „Хмільниксільмаш”; МВДТ-0,5 - на замовлення виготовляє завод ДКТБ ІМЕСГ; МВУ-5 СПРО - серійно виробляє завод „Башсельмаш” (Росія); 1-РМГ-4А - серійно виробляє Петропавловський завод важкого машинобудування (Казахстан); МД-4 - серійно виробляє ВАТ „Тернопільський комбайновий завод”; МРД-4 - серійно виробляє ВАТ „Ковельсільмаш”; МВД-9 та МВД-9А (сільськогосподарський і дорожній варіанти) - на замовлення виготовляє завод ДКТБ ІМЕСГ; УГК-4,2К-01 - підготовлено до передачі на серійне виробництво; БЗУ-5-01, БЗУ-6 - передано для серійного виробництва організаціям Міністерства внутрішніх справ України; ПМ-6, ПП-6 - передано для серійного виробництва ВАТ „Хмільниксільмаш”.

Крім того, розроблено дослідний зразок машини для комплексного внесення азотних, фосфорних і калійних добрив за один прохід агрегату, яка успішно пройшла виробничу перевірку і підготовлена до передачі на державні приймальні випробування.

Кращі із зазначених технічних засобів забезпечують зменшення нерівномірності внесення МДХ до 15 % і підвищення продуктивності в 2,9 раза.

Новизна запропонованих технічних рішень захищена 34 авторськими свідоцтвами та патентами України на винаходи.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно. Вагомі здобутки у освоєнні результатів досліджень у виробництві досягнуті у співавторстві із співробітниками ННЦ „ІМЕСГ”, НВО „НДКТИМсільгоспмаш” і працівниками підприємств сільськогосподарського машинобудування.

Всі теоретичні дослідження здобувач виконав одноосібно [1 - 4,7,14,16,17, 19,24 - 34,36].

При проведенні експериментальних досліджень здобувач розробив програму і методику досліджень, обґрунтував конструкції експериментальних установок, керував і брав участь в їх створенні, проведенні зазначених досліджень і опрацюванні отриманих результатів [8,9,12].

Здобувач розробив 34 технічні рішення, які визнано винаходами і на які видані вітчизняні охоронні документи.

Шість технічних рішень, які захищені патентами України, розроблені здобувачем одноосібно [37 - 42]. При розробленні інших 28 технічних рішень здобувач виконав: патенти №№ 52174, 54049А - розробив способи внесення добрив і конструкційні схеми технічних засобів для їх здійснення; а.с. №№ 1395174, 1459623, 1752234, 1777689, 1802987, патенти №№ 49293, 51419, 54668А, 55582А, 58647, 58772, 58991, 58995, 61181, 63703, 63796А, 66722 - розробив конструкційні схеми технічних засобів і форми виконання їх елементів; а.с. №№ 869614, 923413, 1014488, 1435177, 1544675, 1655823, патенти №№ 26861, 47045А, 66472А - розробив елементи конструкції технічних рішень.

При створенні експериментальних і дослідних зразків нових технічних засобів здобувач розробив технічні завдання, обґрунтував їх конструкційно-технологічні схеми, типи, параметри та режими роботи робочих органів зазначених засобів, керував і брав участь у розробці технічних засобів, розробив програму та методику лабораторно-польових досліджень і виробничої перевірки, керував і брав участь в їх проведенні, а також опрацюванні отриманих результатів [10,11,13,20,21].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації доповідались на 24 науково-технічних конференціях, у тому числі на: Международной конференции “Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве” (Беларусский НИИМСХ, г.Минск, 1996); Второй республиканской научно-технической конференции “Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин” (Беларусский аграрный технический университет. г. Минск, 1996); Міжнародній науково-практичній конференції “Випробування, техніка і технології для сільськогосподарського виробництва на рубежі ХХІ сторіччя” (УкрЦВТ, смт. Дослідницьке, 1998); Міжнародній науковій конференції, присвяченій 100-річчю з дня народження академіка П.М.Василенка (НАУ, м. Київ, 2000); Второй

Международной научно-практической конференции по проблеме дифференцированного применения удобрений в системе координатного земледелия (ГНУ ВНИИМС, г. Рязань, 2001); Міжнародній конференції “MOTROL 03” (НАУ, м. Київ, 2003); XI Міжнародній науково-технічній конференції “Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві” (ННЦ “ІМЕСГ”, смт. Глеваха, 2003); VI Міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій пам’яті та з нагоди 70-річчя від дня народження академіка УААН, РАСГН та АІНУ Л.В.Погорілого (УкрНДПВТ ім.Л.Погорілого, смт. Дослідницьке, 2004); V Міжнародній науково-технічній конференції “Стан і перспективи розвитку аграрної механіки”, присвяченій пам’яті академіка П.М.Василенка (Вінницький ДАУ, м. Вінниця, 2004); Международной научно-практической конференции “Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве” (РУНИП “ИМСХ НАН Беларуси”, г. Минск, 2004); XII Міжнародній науково-технічній конференції “Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві (ННЦ “ІМЕСГ”, смт. Глеваха, 2004); VII Міжнародній науково-технічній конференції „Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій”, присвяченій пам’яті академіка Л.В.Погорілого (УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, смт. Дослідницьке, 2005); XIII Міжнародній науково-технічній конференції “Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві (ННЦ “ІМЕСГ”, смт. Глеваха, 2005); VI Міжнародній науковій конференції „Сучасні проблеми землеробської механіки”, присвяченій пам’яті академіка П.М.Василенка (НАУ, м. Київ, 2005).

**Публікації.** Основний зміст і результати дисертації опубліковано в 54 наукових статтях, 36 з яких опубліковано у фахових виданнях (30 - одноосібно). Створені здобувачем і за його участю нові прилади, способи і технічні засоби для внесення МДХ захищені 34 авторськими свідоцтвами і патентами на винаходи.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 344 найменування, додатків. Повний зміст дисертації викладено в 2-х томах. Перший том, обсягом 442 сторінки, містить 141 рисунок та 13 таблиць; загальний обсяг дисертації викладено на 342 сторінках. Другий том, обсягом 329 сторінок, містить 98 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, наведено зв’язок роботи з науковими програмами, визначено об’єкт, предмет та методи досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

**У першому розділі** „Сучасний стан механізації внесення твердих МДХ і задачі досліджень” наведено результати аналізу сучасних технологій, способів і технологічних схем внесення МДХ. Встановлено, що на сучасному етапі і у найближче десятиріччя основну масу

МДХ вноситимуть шляхом їх розсівання по поверхні поля як при основному удобренні ґрунту, так і при підживленні сільськогосподарських культур. У виробництві паралельно будуть застосовувати як прямоточну, так і перевантажувальну технологічні схеми. Спеціалізовані машини для доставки МДХ від їх сховища до поля використовуватимуться в умовах великих обсягів робіт і при груповому методі роботи польових агрегатів. Внесення гранульованих видів добрив малотоннажними машинами начіпного типу буде здійснюватись виключно за перевантажувальною технологічною схемою.

Основними мобільними енергетичними засобами для формування удобрювальних агрегатів будуть трактори. В умовах господарств з великими обсягами землекористування також застосовуватимуться удобрювальні агрегати, сформовані на базі автомобілів. Парк технічних засобів для внесення МДХ буде формуватись з машин начіпного і напівпричіпного типів, які включатимуть технологічну місткість, живильник, РО і відповідні пристрої. В малотоннажних машинах начіпного типу знайдуть застосування живильники гравітаційного типу, решту машин будуть обладнувати живильниками переважно прутково-пластинчастого типу.

Для комплексного удобрення ґрунту застосовуватимуться машини для одночасного внесення азотних, фосфорних і калійних видів добрив диференційованими дозами без попереднього їх змішування за один прохід агрегату.

У машинах для внесення добрив найбільш широке застосування мають РО відцентрового типу. Машини із зазначеними РО складають до 96 % парку технічних засобів для внесення МДХ у провідних країнах світу. Ця тенденція матиме місце і в найближче десятиріччя. Застосування матимуть РО відцентрового типу, в яких зовнішні кінці лопаток виходять за межі дисків. При цьому лопатки на дисках устанавлюються з можливістю регульованого повороту відносного радіуса РО для забезпечення регулювання напрямку розсівання добрив. З метою збільшення робочої ширини захвату знайдуть застосування конусні РО та інші варіанти форм їх конструкційного виконання, в яких лопатки устанавлені під кутом до горизонтальної площини. На машинах для внесення МДХ будуть застосовуватись пристрої для регулювання зони живлення РО, корегуючі пристрої для виключення впливу відбивання добрив кромками та верхніми поверхнями лопаток на якість їх внесення, а також відбивні щитки спеціальної форми.

Існуючі машини вітчизняного виробництва не задовольняють агрономічні вимоги за показниками нерівномірності внесення МДХ, а робоча ширина їх захвату менша, ніж у машин зарубіжного виробництва. На сучасному етапі відсутні теоретичні залежності, які б адекватно описували: роботу агрегатів за прямоточною і перевантажувальною технологічними схемами; процес подачі добрив нижньою ланкою живильника-конвеєра; рух добрив від живильника до тукоспрямовувача та їх рух вздовж останнього; умови захвату добрив РО, їх



розгін останнім з урахуванням його параметрів і режимів роботи; а також рух добрив від РО до поверхні поля в умовах дії на них вітру і супроводжуючого повітряного струменя.

Відомі моделі внесення МДХ на поверхню поля не узгоджуються з реальним процесом і протирічають стандартній методиці визначення нерівномірності їх внесення на робочій ширині захвату машин.

При формуванні робочих гіпотез, завдань досліджень та проведенні безпосередньо досліджень взяті до уваги наукові праці з питань: дослідження технологічних параметрів машин - Є.В. Козловського, С.І. Назарова, В.І. Якубаускаса, Л.Ф. Кормакова, Ю.Г. Вожика та ін.; дослідження живильників - С.І. Назарова та В.В. Краснікова; дослідження РО відцентрового типу - П.М. Василенка, І.І. Піуновського, М.С. Хоменка, Є.В. Козловського, Б.А. Кушілкіна, М.Г. Догановського, М.Л. Круглякова, С.І. Назарова, Ю.І. Якімова, В.П. Михайленка, В.О. Чорновола, С.А. Тильного, А.А. Докучаєва, М.А. Кійслера та ін.; дослідження дальності розсівання добрив – В.А. Волкова, І.І. Піуновського, А.А. Кукібного, П.М. Василенка, Ю.Г. Вожика, В.І. Смаглія та ін.; моделювання внесення мінеральних добрив - І.В. Моріна, В.І. Якубаускаса, С.А. Тильного, С.Д. Полонецького та ін.; створення технічних засобів для внесення мінеральних добрив - І.В. Довгошия, О.П. Мілованова, О.А. Гординського, А.І. Радченка, В.К. Мойсеєнка, В.М. Соколова, Л.Я. Степука, М.З. Зелінського, Л.А. Щемелінського, В.О. Шмоніна, Ю.В. Іванова та ін.

У другому розділі „Теоретичні дослідження” розроблено математичні моделі, які описують закономірності перебігу процесів, що здійснюють машини для внесення МДХ і їх робочі органи з урахуванням умов експлуатації, режимів роботи і параметрів робочих органів, фізико-механічних властивостей МДХ та агрономічних вимог до операції їх внесення. На базі зазначених моделей отримано залежності щодо загальних і часткових випадків, які доцільно використовувати для визначення технологічних і конструкційних параметрів та режимів роботи машин і їх робочих органів.

Уточнено залежності для визначення продуктивності агрегатів за годину зміни на внесенні МДХ за прямоочною і перевантажувальною технологічними схемами. З використанням зазначених залежностей встановлено, що більша продуктивність агрегатів щодо прямоочної технологічної схеми забезпечується при робочій ширині захвату машин близькій відповідно: до 35 м - на внесенні мінеральних добрив (рис. 1,а), до 20 м - на внесенні хіммеліорантів (рис. 1,б). Відносно менші прямі експлуатаційні затрати досягаються при виборі робочої ширини захвату машин у межах: 25-35 м - на внесенні мінеральних добрив; 15-20 м - на внесенні хіммеліорантів.

З метою досягнення мінімальних експлуатаційних затрат і забезпечення високої продуктивності агрегатів при прямоочній технологічній схемі внесення МДХ їх робоча

швидкість повинна знаходитись у межах 3-4 м/с, а при застосуванні перевантажувальної технологічної схеми зазначена швидкість може мати і більші значення. Мінімумально необхідний для господарств України типорозмірний ряд машин для внесення МДХ повинен включати машини з масовою місткістю: 500-900 кг - начіпного типу і 3000-4000 кг, 5000-6000 кг та 10000-11000 кг - напівпричіпного типу.

Особливістю роботи машин, технологічні схеми яких були обґрунтовані з використанням живильників-конвеєрів (патенти України №№ 55582А, 61181, 63703), є те, що верхня ланка останніх здійснює дозування добрив з кузова або його відсіків (рис. 2), а нижня - тра

Розроблено просторову математичну модель взаємодії прутків живильника-конвеєра з пошаровою сумішшю МДХ з урахуванням зміни їх початкової об'ємної маси. На її базі отримано залежності для визначення параметрів живильника-конвеєра щодо подачі добрив нижньою ланкою в режимі суцільного потоку як у машинах для одночасного внесення трьох видів МДХ диференційованими дозами за один прохід агрегату без їх попереднього змішування, так і в машинах для внесення двох або одного виду добрив:

- а) щодо загального випадку, який передбачає внесення трьох видів добрив:
- б) щодо часткового випадку, який передбачає внесення одного виду добрив:

Встановлено, що збільшення кроку установки прутків живильника-конвеєра можна досягти завдяки вибору відносно більших значень висоти прутка, його довжини та висоти випускної щілини кузова. Однак найбільш суттєве зростання кроку установки прутків має місце тільки при збільшенні їх висоти. При однакових параметрах і режимах роботи живильників-конвеєрів відносно менший крок установки прутків необхідний для роботи на добривах, що мають відносно вищі показники їх фрикційних властивостей. Щодо існуючих видів добрив та конструкційних матеріалів і режимів роботи машин найбільш вигідні значення кроку установки прутків знаходяться в межах від 51,2 до 55,0 мм.

З урахуванням умов роботи машин, параметрів та режимів роботи їх робочих органів і фізико-механічних властивостей МДХ шляхом складання і розв'язання диференційних рівнянь отримано просторові математичні моделі, які наведені нижче.

*Рух добрив від живильника до тукоспрямовувача.* Встановлено, що зона надходження добрив на тукоспрямовувач обмежується двома лініями, які лежать у площині днища тукоспрямовувача і паралельні днищу живильника, їх координати можна визначити відповідно за системами рівнянь щодо:

Складові швидкості надходження добрив на верхню і нижню ділянки днища тукоспрямовувача можна визначити з використанням систем рівнянь (7) та (8) щодо:

- верхньої ділянки тукоспрямовувача:      - нижньої ділянки тукоспрямовувача:

*Рух добрив вздовж тукоспрямовувача.* Отримано залежність для визначення швидкості сходження добрив з тукоспрямовувача:

(9)

У залежності (9) знак плюс (+) перед  $\alpha_c$  відповідає варіанту руху агрегату у напрямку вершини схилу, а знак мінус (-) - вниз по схилу. Значення швидкості  $v_{LL}$  зростає при збільшенні швидкості надходження добрив на тукоспрямовувач та шляху, пройденого частинками добрив вздовж останнього.

*Рух добрив від тукоспрямовувача до РО.* Отримано залежності для визначення часу руху добрив від тукоспрямовувача до:

Оптимальна частота обертання РО  $n$ , при якій виключається надходження добрив на поверхню диска, повинна задовільняти умову:

Збільшення висоти  $H_{тл}$ , швидкості  $v_{LL}$  і зменшення кількості лопаток  $m_{л}$  та їх висоти призводить до необхідності збільшення частоти обертання РО  $n$ .

*Розгін добрив відцентровим РО.* В процесі досліджень було розглянуто загальний (просторовий) випадок руху частинки добрив по РО ( $\alpha_{л} > 0$ ,  $\alpha_{л0} > 0$ ) вздовж відрізка EN, який є спільним для днища 2 (рис. 3) і вертикальної стінки 3 лопатки. Конструкція наведеного РО захищена патентом України № 61855.

Рис. 3. Схема до визначення відносної швидкості частинки добрив у момент її сходження з РО: а,б - відповідно лопатки установлені в горизонтальній площині під кутом до радіуса РО за напрямком його обертання і проти нього; 1 - диск; 2,3 - відповідно днище і стінка лопатки

З певними припущеннями значення результуючої сили  $F_p$ , під дією якої частинка добрив рухається вздовж лопатки, запишемо:

У рівнянні (13) перед складовою  $F_{вс}$  знак плюс (+) - для лопаток, які нахилені в горизонтальній площині до радіуса РО R за напрямом його обертання (рис. 3, а), а знак мінус (-) - для лопаток, нахилених проти напрямку обертання РО (рис. 3, б).

Підставивши значення сил у рівняння (13), одержимо диференціальне рівняння руху частинки добрив вздовж лопатки для загального випадку:

З урахуванням удару частинки по лопатці, яка установлена під кутом  $\alpha_{л}$  до радіуса РО, була отримана залежність для визначення початкової швидкості руху частинки вздовж лопатки:

Після розв'язання рівняння (14) відносно  $L_{\text{л}}$  з урахуванням залежності (15) і визначення з його використанням відносної швидкості руху частинки добрив вздовж лопатки була отримана система трансцендентних рівнянь щодо сходження зазначеної частинки з РО для загального випадку:

Із отриманої системи рівнянь можна записати вирази для часткових випадків:

а) лопатки установлені під кутом  $\beta_{\text{ло}}$  до плоского горизонтального диска і:

- нахилені за напрямом обертання РО (рис. 3, а):
- радіальні ( $\beta_{\text{л}}=0$ ):
- нахилені проти напрямку обертання РО (рис. 3,б):

б) лопатки установлені горизонтально на плоскому диску ( $\beta_{\text{ло}}=0$ ) і:

- нахилені за напрямом обертання РО:
- радіальні ( $\beta_{\text{л}}=0$ ):
- нахилені проти напрямку обертання РО:

З використанням наведених систем рівнянь встановлено, що зменшення коефіцієнта тертя добрив по лопатці від 0,6 до 0,2 призводить до збільшення відносної швидкості сходження добрив з РО залежно від конструкційних форм його виконання на 31,8-118,6 %. Інтенсивність зростання відносної швидкості сходження добрив з РО збільшується по мірі зменшення коефіцієнта їх тертя по лопатці. При всіх досліджуваних положеннях лопатки РО відносно його радіуса збільшення кутової швидкості РО призводить до зростання як відносної, так і абсолютної швидкостей сходження добрив з РО. Залежність зазначених відносної і абсолютної швидкостей від радіуса РО має лінійний характер, збільшення радіуса призводить до зростання цих швидкостей. Існують певні співвідношення параметрів і режимів роботи РО, при яких рух частинок добрив в окремих зонах РО унеможлиблюється. Існування цих зон пояснюється динамічними обмеженнями руху частинок добрив і геометричними обмеженнями положення лопатки відносно радіуса РО. Збільшення радіуса подачі добрив на РО  $r_0$  призводить до зменшення відносної швидкості  $v_{\text{вс}}$  при всіх положеннях лопаток. Раціональні значення радіуса подачі добрив на РО мають відповідати умові  $r_0 \leq 0,6R$  (рис. 4). Для зручності викладення та аналізу одержаних результатів умовно приймемо позначення кута  $\alpha_{\text{л}}$  для варіанта установки лопаток похило: за напрямом обертання РО зі знаком плюс (+), проти - зі знаком мінус (-). Зменшення кута між проекціями радіуса РО і боковою стінкою лопатки на горизонтальну площину  $\alpha_{\text{л}}$  призводить до зростання швидкості  $v_{\text{вс}}$  на всьому діапазоні зміни радіуса подачі. Причому суттєвий вплив на значення названої швидкості при  $r_0 > 0,6R$  має її початкове

значення після удару по лопатці. Для досягнення більшої абсолютної швидкості сходження частинки з РО перевагу необхідно надавати тим значенням кута  $\alpha_{\text{л}}$ , які більші нуля.

Кут між вектором абсолютної швидкості сходження частинки добрив з РО і горизонтальною площиною  $\alpha_{ac}$  завжди буде мати менше значення, ніж кут між днищем лопатки і горизонтальною площиною  $\alpha_{\text{л}0}$ . Максимальні значення кута  $\alpha_{ac}$  залежать від виду добрив і знаходяться в межах  $11,9-15,7^{\circ}$ , вони досягаються при значеннях кута  $\alpha_{\text{л}0}$  в межах  $35-40^{\circ}$  (рис. 5). Базуючись на викладеному, розроблено принципово новий РО (патент України № 61855).

Результати теоретичних досліджень з визначення відносної швидкості сходження добрив з РО задовільно узгоджуються з результатами експериментальних досліджень, які були одержані вченими Кубанського СГІ щодо РО з горизонтально усталовленими лопатками.

Скориставшись відносно члена  $\exp(\lambda_2 t_{\text{лс}})$  першого рівняння системи рівнянь (16) методом елімінування, знайдемо залежність для визначення кута розгону добрив РО:

Аналізуючи залежність (23), нескладно прийти до висновку, що місце і на-прямок сходження різних видів добрив з РО можна регулювати зміною кута  $\alpha_{\text{л}}$ . Крім того, було встановлено, що названий кут має бути не меншим, ніж  $(-10^{\circ})$ .

З використанням рівняння (23) отримано залежність для визначення основних границь робочого кута РО:

*Рух добрив від РО до поверхні поля.* Для загального (просторового) випадку (рис. 6), який передбачає політ частинки добрив в умовах рухомого повітряного середовища (вітру) і супроводжувального повітряного струменя (а.с. СРСР №№ 1752234, 1802987, патент України № 23866А), кут між векторами швидкості повітряного струменя і швидкості середовища може мати одне із значень, яке знаходиться в межах від 0 до  $360^{\circ}$ .

Загальновідомо, що вектор абсолютної швидкості руху повітряного струменя (без урахування швидкості руху агрегату) можна записати:

Спроектували складові рівняння (25) на осі координат, отримаємо:

Верхній знак плюс (+) перед членами рівнянь системи (26) відповідає режиму руху повітряного струменя і частинки добрив у середовищі, що має попутний напрямок руху, а знак мінус (-) - режиму їх руху в середовищі, яке має зворотний напрямок.

Використовуючи наведену систему рівнянь, було записано значення проєкцій результуючої сили, яка діє на частинку добрив у процесі її руху, на осі координат. Після спрощень отримали систему диференціальних рівнянь руху частинки добрив щодо загального випадку:

Щодо часткових випадків система рівнянь (27) має форми запису, що будуть відносно простішими, наприклад, в умовах :

- відсутності супроводжувального повітряного струменя ( $v_n = 0$ ):
- відсутності руху повітряного середовища ( $v_c = 0$ ):
- відсутності супроводжувального повітряного струменя і руху повітряного середовища ( $v_n = v_c = 0$ ):

З урахуванням отриманої системи рівнянь було встановлено, що раціональні значення кута  $\alpha_{л\partial}$ , при яких забезпечується максимальна дальність розсівання добрив, знаходяться в межах від  $30^0$  до  $40^0$ . При цьому значення кута  $\alpha_{л\partial}$ , ближчі до  $40^0$ , відповідають видам добрив, що мають відносно менший коефіцієнт тертя по лопатці, а значення його, ближчі до  $30^0$ , відповідають видам добрив, що мають відносно більший коефіцієнт тертя.

Зміна положення лопаток відносно радіуса РО в горизонтальній площині несуттєво впливає на дальність розсівання добрив. Установка лопаток під найбільш вигідним кутом  $\alpha_{л}$  порівняно з радіальною їх установкою забезпечує приріст дальності розсівання добрив не більше, ніж на 4,3 %.

При значеннях кута  $\alpha_{л\partial}$  більших, ніж  $10^0$  кут  $\alpha_{л}$  практично не впливає на дальність розсівання частинок добрив. Базуючись на цьому, можна зробити висновок про доцільність використання зміни положення лопаток відносно радіуса РО в горизонтальній площині, тобто кута  $\alpha_{л}$ , виключно для регулювання напрямку і місця сходження добрив з РО.

Зростання кута  $\alpha_{л\partial}$  від 0 до найбільш вигідного його значення при  $\alpha_{л} = 0$  дозволяє збільшити дальність розсівання гранул домінуючих фракцій: селітри аміачної - на 85,9 %, суперфосфату гранульованого - на 104,5 %, калійної солі - на 8,8 %. Інтенсивність зростання дальності розсівання неоднакова для різних зон значення кута  $\alpha_{л\partial}$ . Найбільшою вона є при збільшенні  $\alpha_{л\partial}$  від 0 до  $10^0$ , а найменшою - при збільшенні  $\alpha_{л\partial}$  від 30 до  $40^0$ . У зв'язку з цим значення кута  $\alpha_{л\partial}$  доцільно приймати в межах 25- $30^0$ .

Загальновідомо, що для забезпечення якісного внесення МДХ в умовах вітру робочу ширину захвату машин необхідно зменшувати. Однак кількісні показники цього зменшення до цього часу не були обґрунтовані. У зв'язку з цим проведено дослідження дальності розсівання частинок добрив різного розміру від швидкості бокового вітру з використанням систем рівнянь (28) - (30). Результати досліджень щодо машин, обладнаних РО, в яких кут  $\alpha_{л\partial} = 30^0$ , наведено у вигляді графічних залежностей на рис. 7.

У третьому розділі „Програма і методика експериментальних досліджень” наведені програма експериментальних досліджень, описи конструкцій експериментальних установок, приладів і експериментальних зразків технічних засобів для проведення лабораторно-польових досліджень та виробничої перевірки, а також методика їх проведення і обробки даних досліджень.

Програма експериментальних досліджень передбачала:

- провести вивчення роботи живильника-конвеєра, в процесі якого дослідити: наявність „спливання” веденої ланки подавального механізму; вплив кроку установки прутків подавального механізму і висоти випускної щілини кузова на відносну зміну висоти шару добрив у просторі між прутками веденої ланки; вплив форми зовнішньої кромки днища жолоба на нерівномірність подачі добрив;

- провести вивчення розгону добрив РО, в процесі якого дослідити: руйнування гранул мінеральних добрив лопатками РО; відбивання гранул мінеральних добрив лопатками РО; кут розгону МДХ і характер їх сходження з РО в межах його робочої дуги; проходження гранул мінеральних добрив мимо лопаток РО; абсолютну швидкість сходження добрив з РО; кут між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з РО і горизонтальною площиною;

- провести вивчення розсівання добрив по поверхні поля, у процесі якого дослідити: дальність розсівання МДХ; характер їх розподілу на ширині захвату машин; нерівномірність внесення МДХ;

- провести лабораторно-польові дослідження і виробничу перевірку експериментальних зразків технічних засобів, у процесі яких визначити: відхилення фактичної дози внесення МДХ від заданої; діапазон доз внесення МДХ; нерівномірність їх внесення; руйнування гранул добрив; продуктивність агрегатів за годину зміни.

Для досліджень процесу подачі добрив з технологічної місткості були розроблені і виготовлені такі експериментальні установки: установка для дослідження процесу подачі одного або кількох видів добрив прутково-пластинчастим живильником-конвеєром з відсіків кузова до РО; установка для дослідження процесу подачі добрив скребково-пластинчастим живильником-конвеєром; стенд для визначення нерівномірності подачі добрив живильником-конвеєром.

Для дослідження процесу роботи РО була розроблена і виготовлена універсальна експериментальна установка зі знімними РО відцентрового і пневмодцентрового типів. Конструкція установки і РО забезпечували можливість регулювання параметрів і режимів їх роботи. Крім того, для проведення зазначених досліджень були розроблені і виготовлені

прилади для визначення напрямку вектора абсолютної швидкості сходження добрив з РО у горизонтальній і вертикальній площинах.

З метою дослідження якісних показників внесення МДХ шляхом фізичного моделювання був розроблений і виготовлений прилад для визначення нерівномірності внесення добрив на ширині захвату машин, конструкція якого захищена патентом України № 55538.

Для перевірки отриманих результатів досліджень у лабораторно-польових умовах та в умовах сільськогосподарського виробництва були розроблені і виготовлені три варіанти зразків технічних засобів: експериментальний технологічний комплекс для внесення МДХ за перевантажувальною технологічною схемою на базі машин начіпного типу, обладнаних удосконаленими серійними РО, до тракторів тягового класу 1,4 і переобладнаний причеп 2-ПТС-6 (патент України № 52174); експериментальний зразок напівпричіпної машини для внесення мінеральних добрив до тракторів тягового класу 1,4, який був обладнаний принципово новим РО, що мав раціональні параметри та режими роботи; експериментальний зразок напівпричіпної машини для одночасного внесення різних видів добрив диференційованими дозами без попереднього їх змішування до тракторів тягового класу 3,0, який був обладнаний удосконаленими серійними РО.

Дослідження проводились за стандартними методиками, а при необхідності розроблялись часткові методики, наприклад, для вивчення руйнування гранул добрив та їх відбивання лопатками РО, кута розгону добрив і характеру їх сходження в межах його робочої дуги, напрямку вектора абсолютної швидкості сходження добрив та характеру їх розподілу за напрямком розсівання.

Обробку експериментальних даних та оцінку їх адекватності здійснювали за загальноприйнятими методиками.

**У четвертому розділі** „Результати експериментальних досліджень” наведено результати досліджень роботи живильників-конвеєрів та РО; фізичного моделювання розподілу добрив на ширині захвату машин, а також результати лабораторно-польових досліджень і виробничої перевірки експериментальних зразків технічних засобів. Крім того, наведено порівняння результатів експериментальних досліджень з результатами, які були отримані теоретичним шляхом у розділі 2.

Встановлено, що створений живильник-конвеєр прутково-пластинчастого типу забезпечує виконання технологічного процесу без „спливання” його ланок. При цьому надійність транспортування добрив нижньою ланкою живильника-конвеєра близька до надійності транспортування добрив його верхньою ланкою.

Експериментальним шляхом підтверджено, що вибір кроку установки прутків за залежностями (1) і (3) дозволяє забезпечити постійну висоту шару добрив у міжпрутковому



просторі нижньої ланки живильника-конвеєра. Тобто досягається режим подачі добрив суцільним потоком.

Виконання днища жолоба з V-подібним зрізом забезпечує зниження нерівномірності подачі добрив живильником-конвеєром в 1,6-1,8 раза. При цьому її максимальне значення не перевищує 23,6 %. Рациональне значення висоти V-подібного зрізу дорівнює подвійному кроку установки прутків. Зазначене співвідношення висоти зрізу і кроку установки прутків захищено авторським свідоцтвом № 1435177.

Підвищення робочої ширини захвату, а відповідно, і продуктивності машин для внесення добрив шляхом збільшення частоти обертання РО має певні обмеження міцністю гранул добрив. Встановлено, що на внесенні селітри аміачної швидкість співударяння гранул добрив з лопатками РО не повинна перевищувати 10 м/с, а на внесенні суперфосфату гранульованого - 25 м/с (рис. 8). Тому внесення азотних видів добрив доцільно здійснювати при частоті обертання вала відбору потужності трактора  $540 \text{ хв}^{-1}$ , а фосфорних і калійних -  $1000 \text{ хв}^{-1}$ . За одержаними результатами досліджень була розроблена лопатка РО оригінальної форми, яка забезпечує зменшення руйнування гранул добрив. Її конструкція захищена патентом України № 58772.

Досліджено вплив розмірів козирка лопатки РО і частоти його обертання на частку маси добрив, що відбиваються із їх потоку за межі РО, не отримавши необхідної швидкості розгону. Ця частка добрив випадає в середній частині смуги їх внесення, утворюючи в межах колії агрегату зони з підвищеною дозою внесення добрив (піки), які обумовлюють підвищення нерівномірності внесення добрив по поверхні поля та зменшення робочої ширини захвату машин через необхідність значного перекриття удобрених суміжних смуг. Наприклад, при частоті обертання РО  $17 \text{ с}^{-1}$  лопатками відбивається приблизно третя частина суперфосфату гранульованого, четверта частина селітри аміачної і шоста частина калійної солі, які подаються на нього. Зменшення негативного впливу відбивання добрив лопатками РО на якість роботи машин можна досягти шляхом установки корегуючих пристроїв і зменшенням кількості лопаток РО. У зв'язку з цим здобувачем і за його участю створені поліпшені корегуючі пристрої, які захищені патентами України №№ 23874 А, 58991.

Експериментальним шляхом підтверджено теоретичну залежність (12) для обґрунтування параметрів і режимів роботи робочих органів машини, при яких виключається контакт частинок добрив з поверхнею диска. Таким чином, РО забезпечується спрямоване розсівання всіх добрив виключно лопатками (рис. 9).

Підтверджено теоретичну залежність для визначення кута розгону добрив (23). Збільшення кута установки лопаток  $\alpha_{\text{л}}$  від  $(-20)$  до  $(-10^0)$  характеризується, як вже зазначалось у розділі 2, найменшою інтенсивністю зростання кута розгону добрив. Отже, для

забезпечення ефективного регулювання напрямку розсівання добрив залежно від їх фрикційних властивостей доцільно створювати РО, в яких кут  $\alpha_{\text{д}}$  регулюється в діапазоні його значень, що більші, ніж  $(-10^0)$ .

У процесі досліджень характеру сходження добрив з РО в межах його робочої дуги встановлено:

- в усіх досліджуваних варіантах характер сходження добрив відповідає нормальному закону розподілу;

- зміна кутової швидкості РО від 78 до 102 рад./с не впливає на характер сходження добрив і значення вибіркового середнього кута їх розгону;

- зміна виду добрив не впливає на характер сходження добрив, але призводить до зміни вибіркового середнього кута їх розгону;

- зміна радіуса подачі добрив щодо РО, в якого  $R = 0,34$  м, від 0,07 до 0,28 м і кута між лопаткою і радіусом РО в горизонтальній площині від  $(-8)$  до  $(+8^0)$  не впливає на характер сходження добрив, але призводить до зміни вибіркового середнього кута їх розгону;

- при постійній площі поперечного перерізу потоку добрив, які подаються на РО, форма зазначеного перерізу не впливає на характер сходження добрив, але призводить до зміни вибіркового середнього кута їх розгону. Зміна довжини поперечного перерізу потоку добрив від 20 до 100 мм, який має прямокутну форму з постійною шириною, призводить до певного вирівнювання характеру сходження добрив вздовж робочої дуги РО, але вибіркоче середнє кута розгону має постійне значення (рис. 10). Враховуючи розмір робочої дуги РО (рис. 10), був розроблений принципово новий відбивний щиток ( патент України № 66722).

Встановлено, що для забезпечення можливості ефективного внесення всіх видів МДХ конструкція машин має передбачати можливість регулювання

положення робочої дуги РО. Щодо РО з найбільш вигідними параметрами поворот останньої повинен забезпечуватися не менше, ніж на  $42,6^0$ . Зазначене регулювання доцільно виконувати шляхом зміни кута між лопатками і радіусом РО в горизонтальній площині.

Експериментально підтверджена адекватність систем рівнянь (17) - (22) процесу розгону добрив РО. Їх доцільно використовувати при визначенні відносної і абсолютної швидкостей сходження добрив з РО. Збільшення кутової швидкості і зменшення радіуса подачі добрив та кута установки лопаток до плоского диска, встановленого горизонтально, призводять до зростання абсолютної швидкості сходження добрив з РО. Необхідної величини зазначеної швидкості доцільно досягати відповідним вибором кутової швидкості РО, а співвідношення між радіусами подачі добрив  $r_0$  і РО  $R$  мають відповідати умові:  $r_0 \leq 0,6R$ .

Підтверджено результати теоретичних досліджень, згідно з якими кут між днищами лопаток і плоским диском, установленим горизонтально, більший, ніж кут між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з РО і зазначеним диском. Найбільш інтенсивне зростання кута між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з РО і горизонтальною площиною відбувається при збільшенні кута між днищами лопаток і диском від 0 до  $30^{\circ}$ . Крім того, встановлено, що при розсіванні добрив дальність польоту окремих його частинок перманентно змінюється від нуля до певного максимуму (рис. 11). У зв'язку з цим добрива після сходження з РО вкривають ділянку площі поля, яка має форму сектора, обмеженого випуклою кривою, утвореною дугами, центри яких лежать на робочій дузі РО. Зона раціональних значень кута нахилу лопаток РО до плоского диска, установленого горизонтально, знаходиться в межах  $25-30^{\circ}$ .

Необхідно зазначити, що системи рівнянь (28) - (30) для визначення дальності розсівання добрив адекватні тільки розсіванню окремих частинок кожної фракції добрив (рис. 12). Основна ж їх маса має значно меншу дальність розсівання, ніж визначена теоретично, за винятком частинок завбільшки до 1 мм, окремі з них мають дальність розсівання більшу, ніж за системами рівнянь (28) - (30). Це пояснюється впливом потоку добрив на характер руху пилоподібної фракції добрив.

За результатами експериментальних досліджень можна зробити висновок, що головним показником роботи РО є не максимальна дальність розсівання окремих частинок добрив, а відстань від місця сходження добрив з РО до залікової ділянки з максимальною часткою висіяних добрив, тобто залікової ділянки з максимальною щільністю їх висівання. Крім того, важливе значення має різниця між максимальною часткою добрив, висіяних на заліковій ділянці, і частками добрив, висіяних на кожній іншій заліковій ділянці за напрямком їх розсівання.

Для визначення характеру розподілу добрив за напрямком їх розсівання РО, який має раціональні параметри, доцільно використовувати таке рівняння регресії:

Коефіцієнти рівняння (31) щодо різних видів добрив наведені в табл. 1.

Результати досліджень, проведених шляхом фізичного моделювання внесення добрив на ширині захвату машин, наведено у вигляді графічних залежностей на рис. 13. Отже, для досягнення нерівномірності внесення добрив у межах, допустимих агротехнічними вимогами (до 20 %), робоча ширина захвату

У результаті лабораторно-польових досліджень експериментальних зразків технічних засобів встановлено, що їх робоча ширина захвату залежно від типу, параметрів і режимів роботи РО знаходилась у межах: 19,0-36,0 м - на внесенні гранульованих видів добрив; 8,5-11,5 м - на внесенні дрібнокристалічних видів добрив; 19,0-21,0 м - на внесенні

хіммеліорантів. При одночасному внесенні різних видів мінеральних добрив диференційованими дозами робоча ширина захвату становила на внесенні гранульованих видів добрив - 20,0 м, а на внесенні їх дрібнокристалічних видів - 9,5 м. При цьому менші значення вказаної ширини захвату належать до машин, що були обладнані удосконаленими серійними РО, а більші - до машин, що були обладнані новим оригінальним РО, який мав раціональні параметри та режими роботи. Експериментальні зразки машин забезпечували внесення мінеральних добрив та хіммеліорантів з такими показниками якості: нерівномірність внесення на робочій ширині захвату - 14-20 %; нерівномірність внесення за напрямком руху агрегату - 5,4-9,4 %; відхилення фактичної дози внесення добрив від заданої - до  $\pm 10$  %.

Порівняння результатів лабораторно-польових досліджень і фізичного моделювання процесу внесення добрив показало, що вони задовільно узгоджуються (рис. 14).

Завдяки застосуванню на машинах для внесення МДХ нових робочих органів та допоміжних пристроїв, які мали раціональні параметри і режими роботи, робоча ширина захвату збільшилась на внесенні: гранульованих видів добрив - у 2,13-2,25 рази; дрібнокристалічних видів добрив - у 1,38-1,44 рази; хіммеліорантів - у 1,46-1,62 рази. При цьому нерівномірність внесення гранульованих і дрібнокристалічних видів добрив зменшилась відповідно у 1,70 і 1,15 рази, а хіммеліорантів - у 1,16 рази. Продуктивність агрегатів за годину змінного часу на внесенні гранульованих видів добрив збільшилась у 2,12-2,25 рази; дрібнокристалічних видів добрив - у 1,48-1,55 рази, а хіммеліорантів - у 1,46-1,62 рази. Комплексне удобрення ґрунту з використанням машини для одночасного внесення різних видів мінеральних добрив диференційованими дозами забезпечує підвищення продуктивності агрегату у 1,9 рази щодо внесення двох видів гранульованих добрив і у 2,9 рази стосовно внесення трьох їх видів.

**У п'ятому розділі** „Впровадження, апробація результатів досліджень та економічна ефективність створених технічних засобів” наведено основні дані про створення 18 найменувань технічних засобів, 15 з яких успішно пройшли державні приймальні випробування, а 12 - випускаються машинобудівними підприємствами серійно або на замовлення сільськогосподарських товаровиробників (табл. 2).

За матеріалами досліджень опубліковано 54 статті, підготовлено 5 депонованих наукових звітів, отримано 34 вітчизняних охоронних документи на винаходи.

Матеріали дисертації доповідались на 24 науково-технічних конференціях.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі вирішена проблема підвищення ефективності механізованого внесення мінеральних добрив та хіммеліорантів (МДХ) шляхом поліпшення якості їх внесення по поверхні ґрунту і підвищення продуктивності машин. На основі проведених досліджень зроблені такі основні висновки.

1. Сучасний світовий парк технічних засобів для внесення МДХ більше, ніж на 96 % сформований на базі машин, які здійснюють внесення добрив кидальним способом. Ця тенденція збережеться і в найближче десятиріччя. При цьому машини відомих моделей вносять МДХ з нерівномірністю 23 % і більше на робочій ширині захвату та 10 % і більше за напрямком руху агрегату, а також мають відносно низьку продуктивність за годину змінного часу.

2. Для забезпечення підвищення продуктивності і зменшення прямих експлуатаційних затрат робочу ширину захвату машин доцільно вибирати в таких межах: 25-35 м - щодо внесення мінеральних добрив; 15-20 м - щодо внесення хіммеліорантів; раціональні значення робочої швидкості агрегату складають 3-4 м/с. Уточнено залежності для визначення продуктивності агрегатів за годину змінного часу щодо перевантажувальної і прямої технологічних схем внесення МДХ.

3. Розроблено математичні моделі:

- подачі добрив живильником-конвеєром у режимі суцільного потоку; отримано залежності для визначення кроку установки прутків і висоти жолоба щодо внесення як кількох видів добрив, так і одного виду добрив;

- руху добрив від живильника (живильника-конвеєра) до тукоспрямовувача з урахуванням схилу поля; отримано залежності для визначення зони надходження добрив на тукоспрямовувач і складових їх швидкості;

- руху добрив вздовж тукоспрямовувача з урахуванням схилу поля; отримано залежність для визначення швидкості сходження добрив з тукоспрямовувача;

- руху добрив від тукоспрямовувача до РО; отримано залежності для визначення параметрів тукоспрямовувача і РО щодо режиму роботи, при якому виключається проходження добрив мимо лопаток на диск;

- розгону добрив відцентровим РО; отримано залежності щодо загального випадку конструкційного виконання РО, на базі яких отримано залежності щодо часткових випадків його конструкційного виконання;

- руху частинок добрив від РО до поверхні поля; отримано залежності для визначення дальності розсівання добрив щодо загального випадку, який передбачає політ добрив в умовах рухомого повітряного середовища (вітру) і супроводжуючого повітряного струменя, на їх базі отримано залежності для визначення дальності розсівання добрив щодо часткових випадків.

4. Для зменшення нерівномірності подачі добрив живильником-конвеєром (живильником) прутково-пластинчастого типу обґрунтовано оригінальну форму зовнішньої кромки днища, яка виконана V-подібною і має висоту зрізу, що дорівнює подвійному кроку

установки прутків. Таким чином досягається зменшення нерівномірності подачі добрив в 1,64-1,81 рази. При цьому її максимальне значення не перевищує 23,6 %.

5. Для зменшення руйнування гранул мінеральних добрив колова швидкість лопаток у зоні надходження добрив на РО не повинна перевищувати 10 м/с на внесенні азотних добрив і 25 м/с - на внесенні фосфорних і калійних їх видів. Необхідної абсолютної швидкості сходження добрив з РО доцільно досягти відповідним вибором його кутової швидкості, а співвідношення між радіусом подачі добрив  $r_0$  і радіусом РО  $R$  має відповідати умові:  $r_0 \leq 0,6R$ . При роботі РО традиційної конструкції до третини добрив відбивається його лопатками, не одержуючи необхідної абсолютної швидкості сходження. Зниження цього негативного явища можна досягти шляхом обладнання РО корегуючими пристроями і зменшенням кількості лопаток.

6. Раціональні значення кута між днищем лопатки і горизонтальною поверхнею диска знаходяться в межах 25-30<sup>0</sup>. Встановлено, що стосовно РО, який має раціональні параметри, зміну напрямку розсівання різних видів добрив доцільно здійснювати шляхом регулювання положення робочої дуги в межах кута, що більший, ніж 42,6<sup>0</sup>. Для забезпечення зазначеного регулювання в конструкції РО необхідно передбачати зміну положення лопаток відносно радіуса РО в межах від (-8<sup>0</sup>) до (+8<sup>0</sup>).

7. Установлено, що при сходженні добрив з РО в межах його робочої дуги зміна кутової швидкості РО від 78 до 102 рад./с, виду добрив, збільшення радіуса їх подачі від 0,07 до 0,28 м, кута між лопаткою і радіусом РО від (-8) до (+8<sup>0</sup>), а також зміна форми поперечного перерізу потоку добрив не впливають на характер їх сходження, який відповідає нормальному закону розподілу. Але вибіркове середнє кута розгону добрив залежить від виду добрив, радіуса їх подачі і кута між лопаткою і радіусом РО в горизонтальній площині.

8. Щодо внесення МДХ в умовах вітру розроблено рекомендації з вибору робочої ширини захвату машин з урахуванням швидкості вітру, його напрямку та фізико-механічних властивостей добрив.

9. З використанням розроблених математичних моделей роботи машин для внесення МДХ та результатів експериментальних досліджень їх робочих органів розроблено прилад для фізичного моделювання внесення добрив на загальній та робочій ширині захвату машин і визначення нерівномірності їх внесення згідно із стандартною методикою.

10. Створені зразки технічних засобів з використанням отриманих результатів досліджень забезпечили внесення МДХ з такими показниками якості: нерівномірність внесення на робочій ширині захвату - до 20 %; нерівномірність внесення за напрямком руху агрегату - до 10 %; відхилення фактичної дози внесення добрив від заданої - до  $\pm 10$  %. Робоча ширина захвату становила на внесенні: гранульованих видів добрив - до 36,0 м; дрібнокристалічних видів добрив - до 11,5 м; хімеліорантів - до 21,0 м. Таким чином, було досягнуто зменшення

нерівномірності внесення гранульованих і дрібнокристалічних видів добрив відповідно у 1,70 і у 1,15 раз, а хіммеліорантів - у 1,16 раз. Продуктивність агрегатів за годину змінного часу збільшилась на внесенні: гранульованих видів добрив - у 2,12-2,25 раз; дрібнокристалічних видів - у 1,48-1,55 раз; а хіммеліорантів - у 1,46-1,62 раз. Комплексне удобрення ґрунту з використанням машини для одночасного внесення різних видів мінеральних добрив диференційованими дозами забезпечує підвищення продуктивності агрегату у 1,9 раз щодо внесення двох видів гранульованих добрив і у 2,9 раз щодо внесення трьох їх видів.

11. З використанням одержаних результатів досліджень ННЦ „ІМЕСГ” і НВО „НДКТИМсільгоспмаш” були створені 18 найменувань дослідних зразків технічних засобів, які мають оригінальну конструкцію. Вперше був створений дослідний зразок машини для комплексного внесення азотних, фосфорних і калійних добрив без попереднього їх змішування диференційованими дозами за один прохід агрегату. Всі зразки технічних засобів успішно пройшли виробничу перевірку. П'ятнадцять найменувань із зазначених дослідних зразків технічних засобів успішно пройшли державні приймальні випробування, за результатами яких вони рекомендовані до серійного виробництва. Дванадцять найменувань технічних засобів на поточний період випускаються підприємствами сільськогосподарського машинобудування України і країн СНД. Кращі з розроблених технічних засобів забезпечують такий річний економічний ефект від застосування: машина МРД-4 - 15400 грн.; машина МКРД-9 - 81472 грн.; пристрої ПМ-6 і ПП-6 - 8821 грн.

## **СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Адамчук В.В. Аналіз рівнянь розгону частинки мінеральних добрив відцентровим розсівальним органом// Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого.- Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, 2004.- С. 327-333.
2. Адамчук В.В. Вплив параметрів і режимів роботи розсіювального органу на сходження з нього частинок мінеральних добрив// Вісник аграрної науки. - 2004.- № 12.- С. 42-45.
3. Адамчук В.В. Дослідження загального випадку розгону мінеральних добрив відцентровим розсівальним органом// Вісник аграрної науки.- 2003.- № 12.- С. 51-57.
4. Адамчук В.В. Дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя// Міжвідомчий тематичний наук. зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства.- Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”, 2005.-Вип. 89.- С. 27-49.

5. Адамчук В.В. Машина для одновременного внесения минеральных удобрений трех видов// Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001.- № 10. - С. 29-30.
6. Адамчук В.В. Механізація одночасного диференційованого внесення мінеральних добрив// Вісник аграрної науки.- 2001.- № 4. - С. 53-54.
7. Адамчук В.В. Модель диференційованого розсіювання мінеральних добрив// Зб. наук. праць Національного аграрного університету: Механізація сільськогосподарського виробництва. - К.: НАУ, 2002.- Т. XI.- С. 66-75.
8. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Дослідження залежності дальності польоту мінеральних добрив від кута нахилу лопаток розсіювального органу до горизонтальної площини// Міжвідомчий тематичний наук. зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства.- Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2004.- Вип. 88.- С. 23-36.
9. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Експериментальне дослідження відбиття мінеральних добрив лопатками розсіювальних органів// Міжвідомчий тематичний наук. зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства.-Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2003.- Вип. 87.- С. 32-41.
10. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Машина для розсіювання мінеральних добрив МРД-4// Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого.- Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, 2005.- Вип. 8 (22): в 2-х кн. Кн.2.- С. 209-219.
11. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Нова машина і технологія мінерального удобрення ґрунту// Вісник аграрної науки.- 2002.- № 7.- С. 52-57.
12. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Руйнування гранул мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом// Вісник аграрної науки. - 2003.- № 5.- С. 53-57.
13. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Технические средства нового поколения для рассеивания минеральных удобрений// Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2004.- № 2.- С. 7-10.
14. Адамчук В.В. Обґрунтування методики визначення параметрів відцентрового розсіювального органу// Вісник аграрної науки.- 2005.- № 2.- С. 45-48.
15. Адамчук В.В. Новые технологии и машины для возделывания зерновых на Украине// Аграрная наука.- 1998.- № 9-10.- С. 32.
16. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив// Міжвідомчий тематичний наук. зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства.- Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2002.- Вип. 86.- С. 90-99.
17. Адамчук В.В. Параметри живильників-конвеєрів машин для внесення мінеральних добрив// Вісник аграрної науки. - 2003.- № 1.- С. 62-64.



18. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімеліорантів//Техніка АПК.- 2000.- № 3.- С. 10-12.
19. Адамчук В.В. Рассев минеральных удобрений центробежным органом// Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2004. - № 7.- С. 31-33.
20. Адамчук В.В., Ратушний В.В., Онищенко В.Б. Завантажувальний пристрій до причепів// Техніка АПК.- 1997. - № 2.- С. 19-20.
21. Адамчук В.В., Ратушний В.В., Онищенко В.Б. Універсальний агрегат до самохідного шасі// Техніка АПК.- 1998.- № 2.- С. 22.
22. Адамчук В.В. Розкидач для внесення мінеральних добрив і сівби зернових//Техніка АПК.- 1994.- № 7-8.- С. 20.
23. Адамчук В.В. Сімейство кузовних машин для внесення мінеральних добрив// Міжвідомчий тематичний наук. зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. ННЦ "ІМЕСГ". - Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2000.- Вип. 83.- С. 44-48.
24. Адамчук В.В. Теоретические исследования общего случая разгона минеральных удобрений центробежным рассеивающим органом// Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. РУНИП "ИМСХ НАН Беларуси".- Минск: РУНИП "ИМСХ НАН Беларуси", 2004.- Т.1.- С. 162-175.
25. Адамчук В.В. Теоретическое исследование движения частицы удобрений по рассеивающему органу// Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2003.- № 12.- С. 28-31.
26. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження розгону мінеральних добрив конусним розсіювальним органом// Вісник Харківського державного техн. ун-ту сільського господарства: Механізація сільськогосподарського виробництва.- Х.: ХДТУСГ, 2003.- Вип. 21.- С. 290-296.
27. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження розгону мінеральних добрив розсіювальним органом// Зб. наук. праць Національного аграрного ун-ту: Механізація сільськогосподарського виробництва.- К.: НАУ, 2003.- Т. XIV.- С. 19-31.
28. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху мінеральних добрив від живильника до тукоспрямовувача// Зб. наук. праць Національного аграрного ун-ту: Механізація сільськогосподарського виробництва.- К.: НАУ, 2002.- Т. XIII.- С. 387-401.
29. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху мінеральних добрив від тукоспрямовувача до розсіювального робочого органа// Вісник аграрної науки Причорномор'я.- Миколаїв: Миколаївський державний аграрний ун-т, 2002.- Вип. 5 (19).- С. 208-217.
30. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху мінеральних добрив по тукоспрямовувачу// Зб. наук. статей. Сільськогосподарські машини.- Луцьк: Луцький державний техн. ун-т, 2002. - Вип. 10.- С. 3-7.

31. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя// Промислова гідраліка і пневматика. - 2005.- № 1(7).- С. 47-52.

32. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження технологічних параметрів машин для внесення мінеральних добрив// Зб. наук. праць Національного аграрного ун-ту: Механізація сільськогосподарського виробництва.- К.: НАУ 2003.- Т. XV.- С. 203-224.

33. Адамчук В.В. Теоретичне обґрунтування кроку прутків живильників-конвеєрів машин для внесення мінеральних добрив//Вісник аграрної науки.- 2002.- № 12.- С. 45-48.

34. Адамчук В.В. Теоретичне обґрунтування параметрів робочих органів машин для внесення добрив// Вісник аграрної науки.- 2000.- № 8.- С. 48-50.

35. Адамчук В.В. Технологічний процес і машини для диференційованого застосування мінеральних добрив// Зб. наук. праць Національного аграрного ун-ту: Механізація сільського господарства.- К.: НАУ, 2000.- Т. VIII.- С. 195-198.

36. Адамчук В.В. Уточнення теорії руху частинки матеріалу по ротаційних поверхнях// Вісник аграрної науки.- 2003.- № 9.- С. 46-52.

37. Пат. 23866 А України, МКВ А 01 С 15/00, 17/00. Пневмовідцентровий пристрій для розсівання сипких матеріалів/Адамчук В.В. (Україна); Інститут механізації та електрифікації сільського господарства (Україна).- № 95094304; Заявл. 27.09.95; Опубл. 31.08.98, Бюл. № 4.- 4 с.

38. Пат.23874 А України, МКВ А 01 С 17/00. Пристрій для розсівання сипких матеріалів/Адамчук В.В. (Україна); Інститут механізації та електрифікації сільського господарства (Україна).- № 95125235; Заявл. 12.12.95; Опубл. 31.08.98, Бюл. № 4.- 5 с.

39. Пат. 55538 України, МКВ А 01 С 15/00. Пристрій для визначення розподілу сипких матеріалів по ширині захвату відцентрових розкидачів/ Адамчук В.В. (Україна); Інститут механізації та електрифікації сільського господарства (Україна).- № 2000116755; Заявл. 28.11.2000; Опубл. 15.04.03, Бюл. № 4.-3 с.

40. Пат. 57932 України, МКВ А 01 С 7/16. Комбінована машина для внесення мінеральних добрив і висіву насіння розкидним способом/Адамчук В.В. (Україна); Інститут механізації та електрифікації сільського господарства (Україна).- № 2001010628; Заявл. 29.01.01; Опубл. 15.06.04, Бюл. № 6.-2 с.

41. Пат. 60408 України, МКВ А 01 С 15/00. Машина для внесення мінеральних добрив/Адамчук В.В. (Україна); Національний науковий центр „Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” (Україна) - № 2001053333; Заявл. 17.05.01; Опубл. 15.09.04, Бюл. № 9.-2 с.

42. Пат. 61855 України, МКВ А 01 С 17/00. Відцентровий розсівальний орган/ Адамчук В.В. (Україна); Національний науковий центр „Інститут механізації і електрифікації сільського господарства” (Україна).- № 2003098188; Заявл. 02.09.03; Опубл. 17.11.03, Бюл. № 11.-3 с.

Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів.- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.- Національний аграрний університет, Київ, 2006.

Дисертацію присвячено вирішенню проблеми підвищення ефективності механізованого внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів шляхом поліпшення якості їх внесення по поверхні ґрунту і підвищення продуктивності машин.

Розроблено наукові основи обґрунтування технологічних параметрів машин.

Шляхом математичного моделювання щодо загальних випадків отримано залежності, які описують закономірності процесів, що здійснюють машини для внесення добрив та хіммеліорантів і їх живильники-конвеєри, тукоспрямовувачі, розсівальні органи та допоміжні пристрої.

Встановлено закономірності сходження добрив з розсівальних органів і характер їх розподілу по поверхні ґрунту. Виявлені основні фактори, які мають визначальний вплив на показники роботи машин. Обґрунтовано конструкційно-технологічні схеми технічних засобів та типи, конструкційні параметри і режими роботи їх робочих органів. Створені технічні засоби, які впроваджені в серійне виробництво.

**Ключові слова:** машини, внесення, мінеральні добрива, хіммеліоранти, якість, продуктивність, параметри, режими роботи.

Адамчук В.В. Механико-технологические и технические основы повышения эффективности внесения твердых минеральных удобрений и химмелиорантов.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.11 - машины и средства механизации сельскохозяйственного производства.- Национальный аграрный университет, Киев, 2006.

Диссертация посвящена решению проблемы повышения эффективности механизированного внесения твердых минеральных удобрений и химмелиорантов путем улучшения качества их распределения по поверхности почвы и повышения производительности машин.

Уточнены зависимости для обоснования технологических параметров машин с учетом обеспечения относительно высокой их производительности на внесении удобрений при малых значениях прямых эксплуатационных затрат. Обоснованы рациональные значения рабочей ширины захвата машин, их рабочей скорости и грузопместимости.

Путем математического моделирования применительно к общим случаям получены зависимости, описывающие закономерности процессов, которые совершают машины для внесения удобрений и химмелиорантов, а также их рабочие органы, а именно:

- подачу удобрений питателем-конвейером в режиме сплошного потока как одного, так и нескольких видов удобрений без предварительного их смешивания;
- движение удобрений от питателя (питателя-конвейера) к туконаправителю с учетом угла склона поля;
- движение удобрений по туконаправителю с учетом угла склона поля;
- движение удобрений от туконаправителя к рассеивающему органу, при котором исключается прохождение гранул удобрений мимо лопаток и контакт их с поверхностью диска;
- разгон удобрений центробежным рассеивающим органом, в котором лопатки установлены под углом к горизонтальной плоскости и его радиусу;
- движение удобрений от рассеивающего органа к поверхности поля применительно к общему случаю, который предусматривает их полет в условиях подвижной воздушной среды (ветра) при наличии созданной рабочим органом сопроводительной воздушной струи; также получены частные зависимости применительно к разным значениям показателя степени относительной скорости движения частиц удобрений.

С учетом указанных зависимостей были разработаны зависимости для частных случаев и с их использованием определены рациональные параметры и режимы работы рабочих органов машин.

Кроме того, с использованием указанных зависимостей разработаны рекомендации по коррекции рабочей ширины захвата машин при их работе в условиях ветра, который имеет боковое направление по отношению к направлению движения агрегата.

Установлено, что для уменьшения неравномерности подачи удобрений питателем-конвейером прутково-пластинчатого типа необходимо внешнюю кромку днища

желоба выполнять V-образной, при этом её высота должна соответствовать двойному шагу установки прутков.

Для уменьшения разрушения гранул минеральных удобрений окружная скорость лопаток в зоне поступления удобрений на рассеивающий орган не должна превышать 10 м/с на внесении азотных и 25 м/с на внесении фосфорных и калийных удобрений.

Увеличение угловой скорости и уменьшение радиуса подачи удобрений, а также угла установки лопаток к плоскому диску, установленному горизонтально, приводят к возрастанию абсолютной скорости схождения удобрений с рассеивающего органа. Необходимое значение скорости следует достигать соответствующим выбором угловой скорости рассеивающего органа, а соотношение между радиусом подачи удобрений и радиусом рассеивающего органа не должно превышать 0,6. Угол между днищами лопаток и горизонтальной плоскостью имеет большее значение, чем угол между вектором абсолютной скорости схождения удобрений с рассеивающего органа и указанной плоскостью. Зона рациональных значений угла наклона лопаток к горизонтальной плоскости находится в пределах 25-30°.

Установлено, что при схождении удобрений с рассеивающего органа в пределах его рабочей дуги изменение угловой скорости, вида удобрений, увеличение радиуса их подачи, изменение угла между лопаткой и радиусом рассеивающего органа, а также изменение формы поперечного сечения потока удобрений не влияют на характер их схождения, который соответствует нормальному закону распределения. Однако выборочные средние угла разгона удобрений зависят от их вида, радиуса подачи и угла между лопаткой и радиусом рассеивающего органа.

Установлены закономерности схождения удобрений с рассеивающего органа в пределах его рабочей дуги и по направлению рассеивания.

Разработана оригинальная физическая модель процесса внесения удобрений, которая без создания экспериментального образца машины позволяет определять неравномерность внесения удобрений на рабочей ширине захвата. Разработаны новые способы внесения как одного вида удобрений, так и нескольких их видов без предварительного смешивания дифференцированными дозами за один проход агрегата.

С использованием результатов исследований разработано 18 наименований технических средств, из которых 15 успешно прошли государственные приемочные испытания, а 12 уже выпускаются машиностроительными заводами Украины и стран СНГ.

**Ключевые слова:** машины, внесение, минеральные удобрения, химвелиоранты, качество, производительность, режим работы.

Adamchuk V.V. Mechanical-technological and technical fundamentals of increase in effectiveness of application of solid mineral fertilizers and chemical ameliorants.- Manuscript.

The thesis on competition of a scientific degree of Dr. Sci. Tech. on a speciality 05.05.11 – machines and means of mechanization of farm production.- National agricultural university, Kyiv, 2006.

Presented in the thesis are investigations directed at solution of a problem of increase in effectiveness of mechanized application of solid mineral fertilizers and chemical ameliorants through improvement of quality of their application over the soil surface and increase in machines productivity.

Scientific fundamentals of substantiation of technological parameters of machines are developed. Obtained by mathematic modelling concerning general cases are relationships that describe the behaviour of processes, which are realized with machines for fertilizers and chemical ameliorants application and their feeder-conveyers, fertilizer guides, dispensing devices, and accessories.

Established are relationships of the movement of fertilizers from the dispensing devices and the nature of their distribution over the soil surface. Main factors are exposed, which have the defining influence upon indices of machine operation. Design-technological schemes of machines and types, design parameters and modes of operation of their end effectors were substantiated. Technical means which went into quantity production were developed.

**Key words:** machines, application, mineral fertilizers, chemical ameliorants, quality, productivity, parameters, modes of operation.