

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

**АНИКЄЄВ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ**

УДК 631.333

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ  
ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ІЗ КУП**

Спеціальність - 05. 05. 11 – машини і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) Міністерства аграрної політики України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук  
**Мельник Віктор Іванович.**  
ХНТУСГ, провідний науковий співробітник.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Морозов Іван Васильович.** ХНТУСГ, професор  
кафедри “Сільськогосподарські машини”

Кандидат технічних наук, професор  
**Пащенко Володимир Филімонович.** Харківський  
національний аграрний університет ім. В.В. Доку-  
чаєва, завідувач кафедри “Механізація і електрифі-  
кація сільськогосподарського виробництва”

**Провідна установа:** Луганський національний аграрний університет  
(м. Луганськ),  
Міністерство аграрної політики України

Захист відбудеться “2” червня 2005 року о 10 годині на засіданні спеціалізо-  
ваної вченої ради Д64.832.01 в Харківському національному технічному уні-  
верситеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою 61002, м.  
Харків, вул. Артема, 44.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного  
технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за  
адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

Автореферат розісланий “28” квітня 2005 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої  
ради Д64.832.01  
доктор технічних наук, професор

Черенков О.Д.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

### **Актуальність теми.**

Проаналізувавши природно-кліматичні зони України можна відзначити, що площі полів розміром менше 30 га складають близько 30% в східному регіоні, а також в Житомирській, Волинській, Рівненській областях. В Прикарпатських областях середній розмір польових ділянок складає і того менше (переважно 6 га), до того ж, з досить складною конфігурацією. В даний час бурхливими темпами розвиваються фермерські господарства з площею землі, яка не перевищує 100 га., тому актуальним стає питання розробки засобів механізації внесення твердих органічних добрив на дрібноплощадних полях з складною конфігурацією їх периметру. Враховуючи дрібноплощадність фермерських господарств, а також складність конфігурації полів, використання кузовних гноєрозкидачів стає менш ефективним, і зовсім не ефективно використовувати валкувачі-розкидачі.

Робота спрямована на вдосконалення технологічного процесу внесення органічних добрив безпосередньо із куп, які заздалегідь розкладено на полях малої площі і складної конфігурації, шляхом розробки засобів механізації, що забезпечують якість виконання роботи при мінімальних витратах енергії.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження по темі дисертації виконувались у 1991-1995 р.р. по темі: “Підвищення ефективності виробництва і якості сільськогосподарської продукції шляхом удосконалення технологічних процесів, підвищення рівня використання і технічного забезпечення машин при механізації і автоматизації операцій, прогресивних технологій виробництва, транспортування і підготовки до зберігання сільськогосподарської продукції”. В 1996-2000 р.р. по темі: “Підвищення рівня землеробства шляхом удосконалення машиновикористання при забезпеченні вимог екології і зменшенні енерго- і матеріаломісткості процесів виробництва і транспортування сільськогосподарської продукції”. Тема дисертаційної роботи узгоджена з Державною програмою: “Виробництво технологічних комплексів та обладнання для агропромислового комплексу на 1998-2005 р.р.”; (Розділ 3.4. Машини для внесення органічних добрив), розробленій згідно з Постановою Кабінету Міністрів від 1 грудня 1997 року №1341 “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування та забезпечення агропромислового комплексу конкурентноспроможною технікою”, а також планами науково-дослідних робіт УААН по темі “Встановити особливості формування родючості ґрунтів меліоративного фонду і розробити заходи по її стабілізації і одержанню нормативної урожайності” (ДР №0196U012532.).

**Мета і задачі досліджень.** Метою роботи є обґрунтування конструкти-

вної схеми, параметрів і режимів роботи розкидача твердих органічних добрив, що забезпечує якісний їх розподіл при русі вкругову навколо куп, розкладених на полях малої площі і складної конфігурації.

Для досягнення поставленої мети намічено вирішити наступні задачі: вибрати спосіб подачі добрив на лопатку ротора; вивчити процес руху маси добрив по лопатці ротора, встановити закономірності взаємодії маси добрив з лопаткою ротора; вивчити процес вільного польоту добрив після сходу з лопатки ротора, розробити математичну модель польоту добрив в спокійному ізотропному повітряному середовищі, оцінити відповідність експериментальних і теоретичних траєкторій польоту частинок добрив; вивчити характер розподілу добрив по дальності розкидання, обґрунтувати параметри робочих органів ротора; оцінити якість розподілу добрив по площі поля при різних схемах розкладки куп; провести польові випробування дослідного зразка розкидача і оцінити ефективність використання його на полях малої площі і складної конфігурації.

**Об'єкт досліджень:** процес внесення органічних добрив по поверхні поля з куп круговим способом напівначіпним розкидачем.

**Предмет досліджень:** сукупність конструктивних і режимних параметрів робочих органів, які призначені для здійснення процесу внесення твердих органічних добрив по полю напівначіпним розкидачем з куп круговим способом.

**Методи дослідження.** Сформульовані мета і задачі досягаються шляхом виконання теоретичних і експериментальних досліджень, розробки математичних моделей технологічних процесів, а також подальшого експериментального, повного або часткового, їх підтвердження на підставі застосування загальновідомих та авторських методик і спеціально створених технічних засобів. Розрахунки і обробка результатів експериментальних досліджень проводилися з використанням сучасних математичних методів і обчислювальної техніки.

Експериментальні дослідження виконувалися по дворівневій схемі, тобто спочатку на стаціонарній лабораторній установці, а потім в польових умовах із застосуванням дослідного зразка напівначіпного розкидача твердих органічних добрив з куп круговим способом.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержано нові функціональні зв'язки, що визначають вплив конструктивних параметрів робочого органу розкидача на кількісні і якісні показники розподілу добрив у напрямі розкидання.

На підставі уточненої математичної моделі процесу взаємодії елементарних мас добрив при умовах ковзання встановлено, що найбільшу швидкість мають ті елементарні маси у яких більша довжина шляху руху по лопа-

тці.

На підставі математичної моделі вільного польоту елементарних мас добрив в повітряному середовищі розробленої на основі аналізу фактичних траєкторій польоту, встановлено, що сила опору середовища пропорційна швидкості польоту, піднесений до ступеня, який не фіксований, а функційно пов'язаний з модулем лінійної швидкості і збільшується пропорційно його величині.

Запропонована раціональна розкладка куп добрив на полі на підставі математичної моделі розподілу добрив по полю круговим методом.

Новизна конструкції підтверджена авторськими свідоцтвами на винахід №1120931 бюл. №4 від 1983 р., №1172469 бюл. 30 від 1985 р., №1303057 бюл. 14 від 1987 р.

**Практична цінність одержаних результатів** розглядається як в теоретичному, так і в прикладному значенні.

Уточнена математична модель процесу ковзання елементарних мас добрив по робочих поверхнях робочого органу, а також запропонована математична модель вільного польоту елементарних мас добрив після їх сходу з лопаток робочого органу, може використовуватися в проектно-конструкторських організаціях при проектуванні машин для внесення добрив.

Пряме застосування розроблених і виготовлених взірців запропонованих машин продемонстрували підвищення продуктивності праці та якості роботи.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень були запроваджені в польових зразках машин для внесення органічних добрив з куп в Белгородському виробничому об'єднанні “Облсільгоспхімія”, а також проведено дослідно-виробниче впровадження у ВАТ “УкрНДІСГОМ”.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи одержані здобувачем самостійно. У наукових працях, виконаних у спів-авторстві ([2...5] – наведені результати експериментальних досліджень, [6...8] – розроблені математичні моделі фази ковзання елементарних мас добрив по лопатці ротора, фази вільного руху елементарних мас добрив у повітряному середовищі, розподілення добрив по полю) особистий внесок складає 70%. Експериментальні лабораторні та польові дослідження виконані автором самостійно [9].

**Апробація результатів дослідження.** Результати дисертаційної роботи докладалися на щорічних науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу ХІМЕСГ, ХДТУСГ (1982-2004 р.р.), на XVI конференції молодих вчених і фахівців м. Москва, ВИМ, 1984 г.), на республіканській науково-технічній конференції “Совершенствование зональных систем машин и пути повышения производительности труда в сельском хозяйстве” м. Київ, УНДІМЕСГ, 1984 р.), на Всесоюзній науково-технічній

конференції “Пути повышения уровня эксплуатации и эксплуатационной технологичности машин в новых условиях экономического развития агро-промышленного комплекса” (м. Харків, ХІМЭСГ, 1990 р.), на республіканській науково-технічній конференції ХДТУСГ “Розвиток тракторобудування України на 1999 – 2005 р.р.” (м. Харків, ХДТУСГ, 2000 р.).

Дослідний зразок розкидача демонструвався на ВДНГ СРСР в 1984 році і був удостоєний бронзової медалі.

**Публікації.** По темі дисертації опубліковано дев'ять робіт (з них одна стаття опублікована самостійно) у фахових виданнях, та одержано три авторські свідоцтва на винахід.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається з вступу, п'ятьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 194 сторінки, з них основна частина викладена на 152 сторінках, містить 44 рисунків, 20 таблиць, 23 сторінки додатків. Список використаних джерел складає 113 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, визначені мета і завдання досліджень, наведені наукова новизна та практичне значення одержаних результатів.

**У першому розділі** на основі аналізу фізико-механічних властивостей органічних добрив було встановлено, що в процесі навіть нетривалого зберігання гною в купі або штабелі, як мінімум його вологість, а значить і всі залежні від неї фізико-механічні властивості не залишаються постійними ні в часі, ні по висоті шару розміщення. З цієї причини робочі органи повинні мати властивість – стійко і належним чином розподіляти добрива по поверхні поля незалежно від їх фізико-механічних властивостей.

Питаннями механізації внесення твердих органічних добрив займалися багато вчених (Цимбал А.Г., Кліменко Н.І., Бондаренко Н.І., Марченко Н.М., Ліннік Н.К., Брик Н.І., Макєєв Н.З., Зайцев А.С. та інші).

**У другому розділі** теоретично досліджені конструктивні параметри робочого органу з використанням торцевої подачі добрив на лопатку ротора. Робочий орган (Рис. 1) являє собою диск 2 з розташованими на ньому лопатками 5 і ножами 4. По відношенню до зовнішньої кромки диска лопатки 5 розташовані на ньому з уступом на 0,1 м. Ротор має горизонтальну вісь обертання, і нижній викидний поріг 6. Поріг охоплює барабан по зовнішньому контуру в межах кута обхвату, тим самим визначає момент початку сходу добрив з лопатки. Орієнтація площин кожної лопатки і ножа, по відношенню до радіусу диска, задається кутами  $\alpha$  і  $\varepsilon$ .

Рис. 1. Робочий орган розкидача органічних добрив

Рис. 2. Схема сил, які діють на розташовану на лопатці ротора елементарну масу добрив

Робочий процес розподілу добрив по поверхні поля кожною лопаткою ротора можна умовно розділити на три фази.

Питаннями руху матеріальних мас по лопатці ротора (фаза ковзання) займалися багато вчених (Василенко П.М., Кіров В.С., Заїка П.М., Шабельник Б.П. та інші).

На елементарну масу  $m$  діють сили (рис. 2):  $mg$  - сила тяжіння,  $m\omega^2 r_x$  - відцентрова сила інерції;  $2m\omega\dot{x}$  - Коріолісова сила інерції;  $F = Nf$  - сила тертя, де  $N$  - нормальна сила реакції, а  $f = \operatorname{tg}\varphi$  - коефіцієнт тертя елементарної маси по робочій поверхні лопатки. Розкладаючи діючі сили по осях рухомої системи координат, складаємо диференціальні рівняння силового балансу

(1)

де:  $\gamma$  - кут між радіусом  $r_x$  поточного положення елементарної маси  $m$  добрив на лопатці і площиною робочої поверхні лопатки, град.;  $\xi$  - кут між нормаллю до робочої поверхні лопатки і напрямом вектора прискорення вільного падіння, град.;  $\ddot{y}$  - нормальна (по відношенню до робочої поверхні лопатки) складова відносного прискорення  $W_{omn}$ , яка у випадку безвідривного руху дорівнює нулю, а тому,  $\ddot{x} = W_{omn}$  - повне відносне прискорення.

При розв'язанні системи рівнянь одержано диференційне рівняння другого порядку. Результатами рішення якого одержані кінцеві вирази для шляху, швидкості і прискорення руху матеріальної частинки по лопатці:

$$x = \frac{g}{2\omega^2} \sin(\omega t + 2\varphi - \xi_0) - y_m \operatorname{tg}\varphi + C_1 \exp(k_1 t) + C_2 \exp(k_2 t), \quad (2)$$

$$V_{omn} = \dot{x} = \frac{g}{2\omega} \cos(\omega t + 2\varphi - \xi_0) + C_1 k_1 \exp(k_1 t) + C_2 k_2 \exp(k_2 t), \quad (3)$$

де

$$, \quad (4)$$

$C_1$  и  $C_2$  — постійні інтегрування,

(5)

Розрахунок часу руху елементарної маси добрив по лопатці виконувався по виразу (2) Після чого були визначені абсолютна швидкість і кут сходу елементарних частинок з лопатки ротора до горизонту (Рис. 3).

Дослідженням аналогічних задач займалися Волков В.А., Стеценко Т.Т., Кегелес Е.С., Назаров С.І. та інші. Рішення цієї задачі ускладнюється тим, що

рух частинок  $M$  відбувається в середовищі (повітрі), яке здійснює на розподіл добрив по поверхні поля істотний вплив. Представимо модуль сили опору газоподібного середовища, яка діє на матеріальну масу, пропорційно квадрату модуля її лінійної швидкості. В першому випадку силу опору середовища представимо через коефіцієнт опору, який залежить від числа Рейнольдса (6), а в другому випадку – через коефіцієнт парусності (7)

а

б

Рис. 3. Закономірності зміни величини кута нахилу (а) і вектора абсолютної швидкості (б) елементарної маси у момент її сходу з лопатки ротора

$$, \quad (6); \quad , \quad (7); \quad , \quad (8)$$

де  $F$  – площа проекції матеріальної маси  $m$  на площину перпендикулярну до вектора швидкості,  $k$  – коефіцієнт опору середовища, яке оточує частинку  $M$ .

Рівняння силового балансу матиме вигляд:

$$, \quad (9)$$

яке, шляхом використання заміни в залежності від вибраного варіанту (6) або (7)

$$\text{або} \quad (10),$$

матиме вигляд

$$, \quad (11)$$

а рівняння силового балансу приводиться до вигляду:

$$. \quad (12)$$

З урахуванням розкладання векторів  $\vec{\omega}$ ,  $\vec{g}$  і  $\vec{\vartheta}$  на компоненти, рівняння силового балансу (12) дає систему скалярних рівнянь:

$$(13)$$

яка містить три невідомих, і є невизначеною. Добитися її визначеності можна, застосувавши розширене представлення радіусу кривизни траєкторії  $r$ :

$$, \quad (14); \quad \text{а час} \quad . \quad (15)$$

де  $S$  – довжина дуги траєкторії від її початку до поточної координати.

Тепер, виконавши підстановку диференціала  $dt$  (15) в перше рівняння системи (13), приходимо до диференціального рівняння Бернуллі

$$. \quad (16)$$

Рішення рівняння (16) дає вираз для швидкості  $\vartheta$ , як функції кута  $\beta$

$$\vartheta(\beta) = \left\{ -2\gamma \cos^2\beta \left[ \frac{\sin\beta}{2\cos^2\beta} + \frac{1}{4} \ln\left(\frac{1+\sin\beta}{1-\sin\beta}\right) - C_\vartheta \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}. \quad (17)$$

де  $C_\vartheta$  – постійна інтегрування, яку знаходимо з цього ж рівняння (17), маючи на увазі початкові умови  $\beta_0 = \beta(t_0)$ ,  $\vartheta_0 = \vartheta(t_0)$

$$. \quad (18)$$

Довжину шляху, пройденого частинкою  $M$  від початку руху до точки її поточного положення, визначається з другого рівняння системи (13) і з ви-



користанням рівняння радіусу кривизни траєкторії  $r$

$$S = \frac{1}{2\gamma g} \ln \left| \frac{\sin \beta}{2 \cos^2 \beta} + \frac{1}{4} \ln \left( \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} \right) - C_g \right| - C_s, \quad (19)$$

де  $C_s$  - постійна інтегрування, яка визначається виходячи з  $S(\beta(t_0)) = S(\beta_0) = 0$

$$(20)$$

Координати частинки  $M$  на траєкторії польоту визначаються з виразів

$$y = \frac{1}{2\gamma\beta} \int_{u(\beta_0)}^{u(\beta)} \frac{\text{sh}(u)}{\text{sh}(u) + u - 4C_g} du, \quad x = \frac{1}{\gamma\beta} \int_{u(\beta_0)}^{u(\beta)} \frac{\text{ch}(\frac{1}{2}u)}{\text{sh}(u) + u - 4C_g} du. \quad (21)$$

У процесі теоретичного дослідження в роботі була розроблена математична модель, яка припускає, що сила опору середовища пропорційна швидкості руху, піднесений до ступеня, який не фіксований, а функціонально пов'язаний з модулем лінійної швидкості. Ступінь швидкості опору середовища змінюється із зміною модуля лінійної швидкості по всій траєкторії руху частинок добрив в середовищі, що чинить опір

$$a = C_{a0} + C_{a1} \left[ V_{cp} + D_g + K_x \arctg \left( \frac{g - V_{cp}}{K_x} \right) \right], \quad (22)$$

де  $C_{a0}$  і  $C_{a1}$  - постійні коефіцієнти,  $V_{cp}$  - середнє значення інтервалу швидкостей;  $D_g$  - зміщення кривої відносно свого лінійного аналога;  $K_x$  — коефіцієнт нелінійності.

З аналізу рис. 4 видно, що радіальна, або встановлена під невеликим кутом ( $\alpha \in [0; 10^\circ]$ ) лопатка ротора забезпечує найширший діапазон зміни дальностей  $L$  польоту грудок добрив, або, що те ж, ширину смуги розподілення добрив.

Рис. 4. Закономірність дальності польоту елементарних мас добрив від їх початкового положення на лопатці

Проте, з другого боку, чим менший кут установки лопатки ротора до його радіуса, тим більше ширина смуги розкиду грудок добрив залежить від їх фізико-механічних властивостей. При куті охоплювання викидним порогом барабану рівним  $35^\circ$  і подачею добрив на лопатку ротора в межах  $0,03 \dots 0,04$  м/с., раціональна орієнтація лопаток до радіусу ротора буде відповідати куту  $10^\circ$  і більше.

**У третьому розділі** викладено: програму та методику експериментальних досліджень.

Для визначення кількісних і якісних показників розподілу добрив по поверхні поля в залежності від положення лопатки до радіусу ротора, кута охоплювання ротора викидним порогом, величині подачі добрив на лопатку ротора були виконані досліди, результати яких наведені на рис. 5...9. При

аналізі (рис. 5...9) одержаних результатів встановлені раціональні значення параметрів робочого органу розкидача: кут охоплювання викидним порогом барабана складає  $35^{\circ}$ , положення лопаток до радіусу ротора знаходяться в межах  $10^{\circ} \dots 20^{\circ}$ , подача добрив на лопатку ротора складає  $0,03 \dots 0,04$  м/с. При таких параметрах робочого органу забезпечується дальність польоту частинок добрив до 18 метрів.

Рис. 5. Кількість добрив, що виходять з лопатки ротора під кутом до горизонту, без викидного порогу

Рис. 6. Кількість добрив, що виходять з лопатки ротора під кутом до горизонту, з викидним порогом

Рис. 7. Кількості добрив, що виходять з лопатки залежно від величини подачі добрив на лопатку

Рис. 8. Вплив величини подачі добрив на лопатку ротора на їх розподіл по дальності розподілення

Лабораторні дослідження процесу роботи 1-дискового ротора показали, що для приведення його в обертальний рух потужність електродвигуна в 5 кВт була явно надмірна. З цієї причини, щоб досягти повного завантаження двигуна трактора класу тяги 14 кН, експериментальним шляхом було скомпоновано робочий орган (барабан), який складався з 4-х дисків, на кожній стороні яких розміщувалося по шість комплектів ніж – лопатка (рис. 10).

Рис. 9. Дальність розкиду добрив залежно від кута установки лопатки

Рис. 10. Загальний вид робочого органу барабанного типу

Загальна довжина такого барабану дорівнювала 0,8 м. Окремі диски барабану, при компоновці їх до єдиного робочого органу, з'єднувалися із зміщенням на величину провороту один що до одного у  $30^{\circ}$ .

**У четвертому розділі** приведений аналіз кругового способу внесення органічних добрив із куп. Було проаналізовано два способи розподілення добрив з куп: з перекриттям (рис 11) і без перекриття (рис 12). Варіант розподілення без перекриття має зони, де немає добрив, зона  $S_0$  (Рис 12), тому цей варіант надалі не розглядався. Перший варіант розподілення добрив таких зон не має, і по цьому варіанту були проаналізовані кількісні показники розподілу добрив у напрямі осей  $Ox$  і  $Ox^*$  (рис. 11).

Результати досліджень приведені на рис. 13 і 14, по яких можна зробити висновок про те, що якщо збільшити зону перекриття, на ділянці  $E^H B_1^H B_2^H E^H$  (рис. 13) в напрямі осі  $Ox$  з перевищенням від норми до + 25%, то у напрямі осі  $Ox^*$ , на ділянці  $B_1^H GC_1^M E^H Q$  (Рис 14) кількість добрив значно збільшиться, і буде близькою до меж агротехнічних вимог.

Рис. 11. Схема розміщення трьох кругових областей розкиду з перекриттям

Рис. 12. Схема розміщення трьох кругових областей розкиду без перекриття

Це підтверджують результати, які приведені на рис. 15а і 15б, при подачах 0,03 і 0,04 м/с рівномірність розподілу добрив по поверхні поля задовольняє агротехнічним вимогам  $\pm 25\%$ . Ці ж значення подачі добрив на лопатку ротора були прийняті раціональними.

Рис. 13. Характер розподілу добрив уздовж координатної прямої  $Ox$

Рис. 14. Характер розподілу добрив уздовж координатної прямої  $Ox^*$

Рис. 15. Результуюча норма внесення добрив уздовж осей  $Ox$  (а) і  $Ox^*$  (б).

Для реалізації процесу внесення органічних добрив з куп круговим методом запропонована конструкція напівначіпного розкидача (Рис 16), який складається з рами 2, що спирається на два колеса, що самовстановлюються 3, на якій закріплений барабанний робочий орган 4 (барабан). Змонтований він таким чином, що вісь його обертання перпендикулярна напрямку руху трактора 1. При цьому барабан знаходиться від подовжньої осі симетрії трактора на відстані, що дорівнює його мінімальному радіусу повороту. Барабан 4 приводиться в обертання від валу відбору потужності трактора за допомогою подвійного карданного з'єднання 5, редуктора 6, карданного валу 7 із запобіжною муфтою, контрприводу 8 і ланцюгової передачі 9. В робоче положення барабан переводиться за допомогою механізму підйому, що складається з гідроциліндра 10, важеля 11, троса 12 і спрямовуючих блоків 19. Відстань від поверхні ґрунту до нижньої кромки барабану встановлюється шляхом використання регульовального механізму, що складається з обмежувального важеля 14, який переміщується в горизонтальній площині за допомогою гвинта 15. За допомогою цього ж механізму рама фіксується в транспортному положенні. Для забезпечення своєчасного вильоту частинок добрив під барабаном 4 встановлений викидний поріг 17.

Рис. 16. Загальний вид напівначіпного розкидача органічних добрив

Розкидач працює так. На краю поля тракторист переводить його з транспортного положення в робоче. Для цього тягу розпору 16 він під'єднує до правого лонжерона трактора. Під'їхавши до купи добрив на відстань 1...2 м, барабан 4 опускається в нижнє робоче положення до висоти 0,005...0,01 м над поверхнею ґрунту. В такому положенні барабан фіксується обмежувальним важелем 14. Далі вмикається вал відбору потужності трактора і починається робочий процес, при якому агрегат рухається навкруги купи добрив по траєкторії Архимедової спіралі, при цьому барабан 4 проникає в купу добрив і розкидає її.

Рис. 17. Схема розмітки поля

Розкладка куп 1 органічних добрив на полі (рис. 17) здійснюється так, щоб вони були розташовані у вершинах рівносторонніх трикутників, в шаховому порядку. Напрямок першого проходу агрегату, який здійснює розмітку, визначається кутом  $60^\circ$  по відношенню до однієї із сторін поля. Решта проходів першої групи виконуються паралельно першому, з відстанню між ними 14...15 м. Так розмічається вся площа поля.

Після цього агрегат міняє напрям руху на  $120^\circ$  по відношенню до проходів першої групи і, з тією ж відстанню 14...15 метрів між проходами на всій площі поля, виконує розмічальні борозни другої групи. Місця перетину розмічальних борозенок 2 обох груп указують місця укладання куп 1 добрив.

Для польових випробувань був виготовлений дослідний зразок розкидача (рис. 18 а, б). Дослідження проводилися на дослідному полі учгоспу ім. Першого Травня ХІМЕСГ.

Параметри робочого органу мають такі значення: кутова швидкість барабану –  $42,92 \text{ рад}^{-1}$ , положення лопаток до радіусу барабана –  $10^\circ \dots 20^\circ$ , кут обхвату барабана викидним порогом –  $35^\circ$ . Подача добрив на лопатку барабана складала 0,03...0,04 м/с, що відповідає швидкості руху трактора в межах 1,47...1,97 м/с.

Рис. 18. Напівначіпний розкидач твердих органічних добрив

Рис. 19. Дослідні значення щільності розподілення органічних добрив в залежності від радіусу розкидання для чотирьох норм внесення

Дослідження виконувались на напівперепрілому перегної з вологістю 64...78%, солонистістю 10...15%, при нормах внесення добрив – 20; 30; 40;

50 т/га, а вага куп відповідно складала 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 т. Радіус розкидання склав 18 м. Шляхом хронометражних спостережень було встановлено, що за годину змінного часу продуктивність розкидача склала 40 т/год, при цьому нерівномірність внесення добрив в межах кругової області розкиду була в межах 22%. Результати випробувань, які приведені на рис. 19, підтверджують вище приведені якісні показники його роботи.

У п'ятому розділі приведено економічне обґрунтування використання напівначіпного розкидача органічних добрив з куп круговим способом. Економічний ефект, за рахунок підвищення продуктивності на процесі розкидання, склав 62685 гривень. Розкидач експонувався на ВДНГ і був нагороджений бронзовою медаллю.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Органічні добрива є важливим фактором інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та поліпшення родючості ґрунтів.

На підставі аналізу структури площ сільгоспугідь України встановлено, що значну їх частину складають поля малої площі (менше 30 га) та складної конфігурації. З урахуванням приведеного і поточної тенденції розвитку фермерських господарств на Україні, а також з причини не ефективного (через низьку якість роботи) використання в зазначених умовах кузовних розкидачів, актуальним є питання розробки і виробництва засобів механізації внесення твердих органічних добрив, здатних ефективно виконувати цю операцію на ділянках малої площі, складної конфігурації і рельєфу.

2. На підставі аналізу відомих інженерних рішень механізації технологічного процесу розкидання твердих органічних добрив в позначених вище умовах, показано, що перспективним рішенням є круговий метод внесення добрив з куп без утворення валка.

3. На підставі аналізу технологічного процесу розподілу добрив по поверхні поля робочим органом роторного типу встановлено, що з точки зору математичного моделювання цього процесу, його слід розділити на декілька фаз: перша — фаза забору добрив на лопатку ротора; друга — фаза ковзання добрив по робочій поверхні лопатки; третя — вільний політ елементарних мас добрив в повітряному середовищі.

4. Сумісне застосування уточненої математичної моделі, яка відноситься до фази ковзання, і вперше розробленої автором математичної моделі фази вільного польоту елементарних мас у повітряному середовищі, дозволило зробити висновок відносно застосування викидного порогу, раціональної орієнтації лопаток ротора і величини подачі добрив на ротор. Показано, що, якщо застосовувати радіально встановлені лопатки, то, з одного боку, у та-

кому разі досягається найширша смуга розподілу добрив, що безумовно позитивно, а, з другого боку, така орієнтація лопаток приводить до зв'язку параметрів розподілу добрив по полю з їх фізико-механічними властивостями, що вкрай небажано. Таким чином, для вибраної подачі добрив 0,03...0,04 м/с. було обґрунтовано раціональне значення кута установки лопаток більше  $10^0$ .

5. На підставі проведених експериментів були підтверджені теоретичні передумови відносно кута охоплювання ротора викидним порогом, який склав  $35^0$ , орієнтації лопаток ротора до його радіусу в межах  $10...20^0$ , і значення раціональної подачі добрив на лопатку ротора в межах 0,03 ... 0,04 м/с

6. На основі опрацювання математичної моделі розподілу добрив по полю круговим методом розроблена схема розкладки куп добрив, і визначені раціональні значення розташування їх на полі. Так встановлено, що купи повинні розташовуватися у вершинах рівносторонніх трикутників або, що те ж саме, в загальних точках перетину розміточних борозен під кутом  $60$ , віддалених одна від однієї на відстані 14...15 м. Норму внесення добрив передбачається встановлювати за рахунок вибору відповідної загальної маси купи.

7. Запропонований розкидач і його робочий орган, а також метод його використання, забезпечує необхідну рівномірність розподілення добрив по поверхні поля, при цьому на найбільшій площі області розкидання нерівномірність складає близько 22%. При проведенні польових досліджень розкидача була встановлена достатньо висока ефективність його роботи. Напівначипний розкидач експонувався на ВДНГ і був нагороджений бронзовою медаллю. Економічна ефективність застосування такого розкидача досягається за рахунок підвищення продуктивності і складає 62685 гривень за рік.

8. Розроблені математичні моделі, що відносяться до фаз ковзання добрив по лопатках ротора, а також вільного польоту мас добрив в повітряному середовищі, мають ширше застосування, ніж загальновідомі задачі і не тільки в області механізації сільського господарства

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

1. Аникеев А.И. Сравнительный анализ различных типов разбрасывателей органических удобрений из куч. //Совершенствование средств механизации поверхностного и внутрипочвенного внесения удобрений: Сб. н. тр. МИИСП, М.: 1983. - С. 43-45.

2. Аникеев А.И., Макеев Н.З., Красноруцкий А.Н. Распределение твердых органических удобрений по полю из куч полунавесным разбрасывателем. //Механизация работ в полеводстве: Сб. н. тр. МИИСП, М.: 1986. - С. 81-85.

3. Аникеев А.И., Макеев Н.З., Красноруцкий А.Н. Влияние величины подачи органических удобрений на угол их схода с лопастей роторного раз-

брасывателя. // Механизация внесения удобрений на орошаемых землях: Сб. н. тр. МИИСП, М., - 1987. С. 109-112.

4. Аникеев А.И., Макеев Н.З. Распределение органических удобрений по ширине захвата роторным разбрасывателем. // Механизация внесения удобрений: Сб. н. тр. УСХА, - Киев, 1990. С. 62-64.

5. Аникеев А.И., Макеев Н.З., Красноручский А.Н., Романашенко А.А. Оценка характера распределения частиц органических удобрений по углу их выхода с лопатки ротора к горизонту и их парусности. //Тракторная энергетика в растениеводстве: Сб. н. тр. ХГТУСХ, Харьков, 2000. С. 199-203.

6. Аникеев А.И., Мельник В.И., Заика П.М.. Свободное движение материальной точки в спокойной изотропной газообразной среде // Динамика и прочность машин: Вестник НТУ “ХПИ”. Выпуск 25, ХГПУ, Харьков, 2001. С.153 – 164.

7. Аникеев А.И., Мельник В.И., Заика П.М. Оценка параметров закона движения комков органических удобрений в процессе их полёта после выброса роторным рабочим органом // Динамика и прочность машин: Вестник НТУ “ХПИ”. Выпуск 10 т.2 ХГПУ, Харьков, 2002. С.43 - 55.

8. Аникеев А.И., Мельник В.И. О равномерности распределения органических удобрений по поверхности внесения // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХДТУСГ, Выпуск 12, Харків, 2002. С. 179 – 193.

9. Аникеев А.И., Мельник В.И. Результаты полевых исследований полунавесного разбрасывателя органических удобрений из куч вкруговую // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХДТУСГ, Выпуск 29, Харків: 2004 С. 291 – 296.

10. Разбрасыватель органических удобрений из куч: А.с.1120931. СССР, МКИ А 01 С 3/06; /Аникеев А.И., Макеев Н.З.,(СССР).-№3611996/30-15; Заявлено 29.03.83.; Опубл. 30.10.84., Бюл. №40, - 3с. (доля изобретателя –70% разработка новой конструкции разкидача і постановка задач досліджень).

11. Рабочий орган к разбрасывателю органических удобрений. А.с. 1172469. СССР, МКИ А 01 С 3/06; /Аникеев А.И., Макеев Н.З., (СССР).-№3718871/30-15; Заявлено 29.03.84.; Опубл. 15.08.85., Бюл. №30, - 2с. (доля изобретателя – 70% разработка новой конструкции разкидача і постановка задач досліджень).

12. Разбрасыватель органических удобрений из куч. А.с. 1303057 СССР, МКИ А 01 С 3/06; /Аникеев А.И., Макеев Н.З., Красноручский А.Н., Зайцев А.С. (СССР).-№3854382/30-15; Заявлено 14.02.85.; Опубл.15.04.87., Бюл. №14, - 3 с. (доля изобретателя – 60% разработка новой конструкции разкидача і постановка задач досліджень).

**ABSTRAKT**

Anikyeyev O.I. Parameters Grounds of Applying Process of Organic Fertilizers from Hills. – Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences, speciality 05.05.11 –Machinery and Means of Mechanization in Agricultural Production. – Kharkiv Vasylenko National Technical University of Agriculture. – Kharkiv, 2005.

The paper presents the process development of organic fertilizers application from hills by circular method. Obtained data of theoretical research of organic fertilizers motion along the rotor blade and in air flow resulted in mathematic models which are used for evaluation of rational values of parameters of working organic fertilizers sprayer. Allocation of organic fertilizers hills in the field is determined by both mathematic models and experimentally.

Equal organic fertilizer distribution through the field according to standard application of organic fertilizers by circular method is gained. Rational values of parameters of working unit and sprayer due to geometry parameters are determined.

The working unit and sprayer are introduced into production; efficiency estimation of their application is presented. The sample of semi-mounted sprayer of organic fertilizers was exhibited at the Exhibition of Economy Achievements, its inventor was awarded the bronze medal. Investigation results are introduced into Byelgorod region.

Key words: blade, exhaust threshold, working unit, semi-mounted sprayer, circular method of organic fertilizers application from hills, equal distribution of organic fertilizers.