

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

КІЯШКО Валентин Миколайович

УДК 631.319

**ОБГРУНТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОЇ
ГРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ**

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 аграрному університеті ім. В.В.Докучаєва Міністерства аграрної політики України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
КІМ Віталій Володимирович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, член-кореспондент УААН, професор Кушнар'юв Артур Сергійович, Таврійська державна агротехнічна академія, завідувач кафедри теоретичної механіки і ТММ;

кандидат технічних наук, доцент Довжик Михайло Якович, Сумський національний аграрний університет, завідувач кафедри.

Провідна установа: Луганський національний аграрний університет, кафедра сільськогосподарських машин, Міністерство аграрної політики, м. Луганськ.

Захист відбудеться 03.11.2005 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розісланий 03.10.2005 року

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

О.Д. Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. В умовах ринкових відносин головним показником успіху є запровадження енерго-, ресурсо- і вологозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, які дають можливість отримати конкурентоспроможну продукцію. Але з ряду причин у державі домінують високозатратні технології вирощування сільськогосподарських культур, які гальмують поставки вирощеної продукції на внутрішні й зовнішні ринки.

Дана проблема може бути вирішена шляхом упровадження у виробництво ресурсозберігаючих технологій, які передбачають використання комбінованих ґрунтообробних машин.

Актуальність теми. Наукові дослідження і практика показують, що є різні за ефективністю форми залучення до виробництва сільськогосподарської техніки. Ринкові підходи з цього приводу не допускають використання малопродуктивної або енергозатратної техніки. Аналіз застосування засобів механізації при дотриманні умов агротехніки показує, що для вирощування зернових і просапних культур потрібні індивідуальні підходи. Виробництво зерна – ключове державне завдання, і в кожному господарстві площі озимих становлять не менше 55 % у структурі всіх зернових культур. На перше місце виходять технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на мінімальному обробітку ґрунту без обертання скиби, проведення підвищення родючості ґрунту не тільки шляхом внесення органічних добрив, а й внесення в ґрунт нетоварної частини врожаю, добрив, біостимуляторів росту і розвитку рослин. Запровадження таких технологій дає можливість знизити витрати паливно-мастильних матеріалів у два-чотири рази, мінеральних добрив – у 10 разів (компенсується тільки азотна недостатність – 10 кг діючої речовини азоту на 1 т залишеної в полі соломи та інших післяжнивних залишків). Тому створення високопродуктивних ґрунтообробних комбінованих машин є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до Державної програми “Виробництво технологічних комплексів машин і обладнання для агропромислового комплексу на 1998-2005 роки”, розробленої згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 1 грудня 1997 р. (ДР № 1341) “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування та забезпечення агропромислового комплексу конкурентноспроможною технікою”, а також планами науково-дослідних робіт УААН на тему: “Встановити особливості формування родючості ґрунтів меліоративного фонду і розробити заходи щодо її стабілізації і отримання нормативної урожайності” (ДР № 0196U012532).

Дослідження проводилися у рамках держбюджетної тематики кафедри механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва з 1999 р. „Розробити ґрунтозахисну, ресурсозберігаючу систему основного обробітку ґрунту в сівозмінах Лівобережного Лісостепу”, спрямовану на збереження родючості ґрунтів, номер держреєстрації 0197U008168. Тематика проблемна і затверджена в планах науково-дослідних робіт Харківського національного аграрного університету ім. В.В.Докучаєва.

Мета і задачі досліджень – підвищення ефективності вирощування зернових культур шляхом зменшення витрат на підготовку ґрунту до сівби.

Для досягнення поставленої мети намічено вирішити наступні задачі:

- проведення теоретичних досліджень для обґрунтування параметрів робочих органів комбінованої ґрунтообробної машини;
- побудова математичних моделей для опису динаміки функціонування комбінованої машини;
- проведення комплексу експериментальних досліджень з перевірки достовірності результатів теоретичних досліджень;
- розробка конструкції експериментальної комбінованої машини;
- визначення якісних та енергетичних показників роботи експериментальної машини;
- проведення порівняльних випробувань комбінованої машини в системі мінімального обробітку ґрунту під зернові культури.

Об’єкт дослідження: процес обробітку ґрунту і параметри комбінованої машини для підготовки його під посів зернових культур.

Предмет дослідження: обґрунтування технологічного процесу комбінованої ґрунтообробної машини.

Методи дослідження: використовували основні положення вищої математики і теоретичної механіки, методи прямого варіаційного числення, метод кінцевих елементів, методи математичного планування експериментальних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. Компонентами наукової новизни є:

- вперше розроблені математичні моделі процесу взаємодії чизельних робочих органів з ґрунтом, які дозволили теоретичним шляхом описати раціональний профіль наральника в тримірному просторі;
- набуло подальшого розвитку теоретичне обґрунтування динаміки функціонування комбінованих ґрунтообробних машини.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретично та експериментально обґрунтовані параметри чизельних робочих органів комбінованої машини, забезпечене зниження її енергоємності на 18–36% відносно серійних робочих органів. У цілому впровадження у виробництво модернізо-

ваної комбінованої машини забезпечує зниження енергетичних затрат приблизно на 40 % із збереженням якості обробітку ґрунту у порівнянні із серійними машинами АГРО–3.

Запропоновані експериментальні робочі органи комбінованої машини і конструкція рами прийняті до впровадження ВАТ “Галещина, машзавод” Полтавської області.

Особистий внесок здобувача. У наукових працях, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає:

- у роботі [2] автором складені математичні моделі процесу взаємодії чизельних лап з ґрунтом і проведені експериментальні дослідження;
- у роботі [3] автором складені математичні моделі динаміки функціонування комбінованої ґрунтообробної машини та проведені експериментальні дослідження;
- у роботі [4] автором проведені польові експерименти і визначені показники роботи комбінованої ґрунтообробної машини.

Апробація результатів дисертації. Основні положення проведених досліджень доповідалися і одержали схвалення на конференціях професорсько-викладацького складу ХНАУ ім. В.В.Докучаєва (Харків, 1999-2005); наукових конференціях ХНТУСГ імені Петра Василенка (Харків, 2002, 2004); Технічній раді ВАТ Харківського тракторного заводу (Харків, 2002); науковій конференції УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого (Глеваха, 2004); Технічній раді Галещинського машзаводу (Галещина, 2004, 2005).

Публікації. Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені в чотирьох друкованих працях, з яких одна – без співавторів.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел інформування та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 138 сторінок. Основний зміст дисертації викладений на 105 сторінках та містить 51 рисунок на 38 с., 16 таблиць на 13 с. Список використаних літературних джерел включає 135 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі “Механіко-технологічні передумови зниження енергоємності обробітку ґрунту під зернові культури” зазначено, що наукові дослідження проблем, пов’язаних із засобами механізації обробітку ґрунту, викладені у роботах В.П. Горячкіна, П.М. Василенка, В.О. Желіговського, А.С. Кушнарєва, Я.С. Гукова, І.П. Дубровіна, А.Ф. Бабицького, І.А. Шевченка, В.Ф. Пащенко та ін.

Проведено аналіз передумов підготовки ґрунту для сівби зернових ку-

льтур, існуючих засобів механізації у системах обробітку ґрунту, технологічних процесів роботи комбінованих ґрунтообробних машин, їх переваг та недоліків.

Використання традиційних засобів механізації у системі підготовки ґрунту до сівби зернових культур сприяє відносно великим втратам пального, проведенню великої кількості технологічних операцій, прискоренню руйнування структури та переуцільненню ґрунту.

В нашій країні та на заході створена велика кількість комбінованих ґрунтообробних машин, які забезпечують зменшення кількості проходів агрегатів по полю та скорочення строків проведення технологічних операцій, що в цілому позитивно впливає на підвищення урожайності сільськогосподарських культур, зменшення переуцільнення ґрунту та витрат палива на обробіток ґрунт.

Установлено, що серед існуючих комбінованих ґрунтообробних машин на теперішній час однією з найбільш перспективних є машина АГРО–3, яка за один прохід забезпечує виконання всього комплексу робіт з підготовки ґрунту до сівби зернових культур – чизелювання на глибину до 20 см, плоскорізний обробіток та подрібнення посівного прошарку. Недоліком комбінованої машини є відносно велика її енергоємність, що не дає змоги агрегатувати її з трактором класу 3.

На основі проведення аналізу результатів наукових розробок сформульовані мета і завдання досліджень.

У другому розділі “Теоретичні дослідження з обґрунтування параметрів робочих органів комбінованої машини” приведені результати теоретичних досліджень з обґрунтування профілю наральника чизельних робочих органів, розроблені математичні моделі динаміки функціонування серійної та експериментальної комбінованих машин.

Для обґрунтування геометричного профілю наральника чизельної лапи використовували прямий метод варіаційного числення. Варіаційна задача формулюється таким чином. Серед багатьох кривих, які проходять через фіксовані точки і виходять з початкової під заданим кутом, знайти таку криву, яка б відповідала профільній лінії чизельного долота мінімального тягового опору.

Енергетичний функціонал, який визначає тяговий опір чизельної лапи, набуває вигляду:

$$R_x = v \cdot \rho \cdot v^2 \int_{x_0}^{x_K} \left[1 - \frac{Z - H_0}{Z_K} \right] \frac{(Z')^3 (f + Z^1)}{1 + (Z')^2} dx, \quad (1)$$

де v – ширина захвату робочого органу машини; ρ – щільність ґрунту; v – швидкість руху сільськогосподарської машини; f – коефіцієнт тертя; H_0 –

постійна величина, яка визначає тиск ґрунту в точці $Z=Z_k$.

Форму чизельного долота шукали у вигляді рівняння, яке б задовольняло задану постановку задачі:

$$Z = -C_1 \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\} + Z'_0 X + \frac{X^2 (Z_k - X_k \cdot Z'_0)}{X_k^2}, \quad (2)$$

де C_1, C_2 – шукані коефіцієнти.

Тоді:

$$Z' = -2XC_1C_2 \left(X_k - \frac{3}{2}X \right) \left\{ \exp[C_2 X^2 (X_k - X)] - 1 \right\} + Z'_0 + \frac{2X(Z_k - X_k Z'_0)}{X_k^2}. \quad (3)$$

Після введення у рівняння (1) виразів формул (2) та (3), задача зводиться до визначення коефіцієнтів C_1 і C_2 . Для цього необхідно взяти похідні від отриманих рівнянь за коефіцієнтами і прирівняти їх до нуля:

$$\frac{dR_X}{\partial C_i} = b\rho v^2 \int_{X_0}^{X_k} \left\{ \frac{(f + Z^1) \cdot Z^1}{Z_k (f + Z^2)} \cdot \frac{dZ}{\partial C_i} + \left[1 - \frac{Z - H_0}{Z_k} \right] \left[\frac{(3 + Z'^2)(f + Z^1)}{(1 + Z'^2)^2} + \frac{Z^1}{1 + Z'^2} \right] \cdot \frac{dZ^1}{\partial C_i} \right\} \times \\ \times Z'^2 dx = 0; \quad (4)$$

де $i = 1; 2$.

У результаті розв'язання на персональному комп'ютері системи рівнянь (4) при $H_0 = 0$; $X_k = 0,5$ м; $Z = 0,3$ м; $f = 0,5$, $Z'_0 = 0,57$ м; $X_0 = 0$; $Z_0 = 0$, отримаємо значення коефіцієнтів C_1 і C_2 , які відповідно дорівнюють 1,160 та 1,298.

Тоді шуканий профіль долота можна представити рівнянням (рис.1):

$$Z = -1,16 \left\{ \exp[1,298 X^2 (0,5 - X)] - 1 \right\} + 0,57 X + 0,06 X^2. \quad (5)$$

Рис. 1. Рациональний профіль долота чизельного робочого органу

Наральник чизельного робочого органу складається з двох симетричних крил, які працюють у рівних умовах. Тому для визначення профілю наральника достатньо розглянути одне крило. При цьому профіль долота, розташованого на продовженні осі наральника, збережено таким, яким він був обґрунтований при розв'язанні варіаційної задачі в двовірному просторі.

Енергетичний функціонал для визначення тягового опору крила наральника має вигляд:

$$R_x = \int_0^{X_A} \int_0^{Y_{ci}} (q_x + F_x) \cdot dx \cdot dy; \quad (6)$$

При цьому:

$$q_x = \rho g^2 \left[1 - \frac{Z}{H} \right] \frac{(Z'_x)^4}{(1 + (Z'_x)^2) \cdot (1 + (Z'_x)^2 + (Z'_y)^2)^{\frac{1}{2}}}; \quad (7)$$

$$F_x = f \rho g^2 \left[1 - \frac{Z}{H} \right] \frac{(Z'_x)^3}{(1 + (Z'_x)^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (8)$$

де q_x – проекція на вісь OX тиску ґрунту; F_x – проекція на вісь OX сили тертя.

Спроекуємо шукану поверхню на площину XOY . Рівняння ліній, які обмежують проекцію поверхні крила, набудуть такого вигляду:

$$y = 0; y = y_{ci}; x = x_a; x = 0. \quad (9)$$

Кусково-лінійну апроксимацію шуканої поверхні представляємо у вигляді:

$$Z = \sum_{k=1}^N c_k \varphi_k; \quad (10)$$

де $N = 20$; c_k – шукані коефіцієнти; φ_k – базисні функції.

Базисні функції є лінійними, кусково-безперервними, дорівнюють одиниці у вузлах і нулю поза областю визначення. Базисні функції визначаються для всіх елементів n , які мають зв'язки з вузлом K

$$\varphi_k = \sum_{j=1}^m \varphi_k^{ej}, \quad (11)$$

де φ_k^{ej} - функції форми.

Для знаходження коефіцієнтів C_k , які забезпечили б функціоналу (6) мінімальне значення, диференціюємо його за C_k і отримані рівняння прирівнюємо до нуля:

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_k} = \int_0^{X_a} \int_0^{Y_{ci}} \frac{\partial (q_x + F_x)}{\partial C_k} dx dy = 0, \quad (12)$$

де $k = \overline{1;20}$.

Розв'язання виконувалися на персональному комп'ютері при $X_a = 0,33$ м; $Y_{ci} = 0,14$ м; $f = 0,5$; $d_x = 0,065$; $d_y = 0,035$; $Z_1 = 0,08$ м; $Z_4 = 0$; $Z_2 = 0,03$ м; $Z_3 = 0,05$ м; $Z_{17} = 0,08$ м; $Z_{20} = 0,08$; $H = 0,16$ м; $Z_5 = 0$; $Z_{12} = 0$; $Z_{13} = 0$.

У результаті розв'язання системи рівнянь (12) знаходимо значення шуканих коефіцієнтів і визначаємо профіль наральника (рис.2).

Рис. 2. Профіль наральника чизельного робочого органу

У комбінованій ґрунтообробній машині АГРО-3 в результаті взаємодії робочих органів з ґрунтом виникають сили опору, які впливають на положення поверхні рами. У зв'язку з тим, що робочі органи жорстко зв'язані з основою рами, то зміна її положення приведе до зміни глибини ходу та їх опору. Тому коливання рами комбінованої

машини під час роботи будуть сприяти погіршенню якості обробітку ґрунту і підвищення тягового опору машини в цілому. Для визначення впливу параметрів машини та її конструкції на величину коливань рами складено розрахункову модель функціонування серійної комбінованої машини.

У результаті розв'язання диференційного рівняння отримані залежності кута коливання системи при різних положеннях центрів мас і маси системи. Аналіз залежностей показав, що зменшення маси системи та приближення її центра до трактора сприяє зменшенню максимального кута коливання системи.

Зменшення маси машини та зміщення її центра в бік трактора може бути досягнуто за рахунок заміни жорсткої рами на шарнірно з'єднану.

Еквівалентна схема запропонованої експериментальної комбінованої машини показана на рис. 3. Система складається із чотирьох частин. Перша частина має раму, на якій послідовно кріпляться чизельні лапи та дискові робочі органи. Другою і третьою складовими системами є робочі органи культиватора, закріплені на коротких і довгих гряділях, четверта включає батарею дисків.

Приймаємо, що трактор, який агрегатує машину, переміщується прямолінійно з постійною швидкістю, а комбінована машина переміщується прямолінійно в горизонтальній площині. Конструкція з'єднання комбінованої

машини з трактором забезпечує її коливання у вертикальній площині відносно точки O_I – точки з'єднання причепа машини та нижніх тяг механізму навіски трактора. Комбіновану машину розглядаємо як систему твердих тіл. На еквівалентній схемі наводимо місця розміщення центрів мас складових твердих тіл і точки прикладання наведених рівнодіючих сил опору ґрунту робочим органам машини.

Вибираємо нерухому систему координат XOZ , в якій горизонтальна вісь збігається з віссю основної рами в той час, коли вона розташована паралельно поверхні ґрунту, що обробляється. Для спрощення перетворень під час складання розрахункової моделі приймаємо додаткову рухому декартову систему координат $X_I O_I Z_I$, центр якої розташований у точці з'єднання причепа машини з трактором і горизонтальна вісь якої пов'язана з рамою машини.

Рис. 3. Еквівалентна схема комбінованої машини

Система рівнянь динаміки запропонованої конструкції машини має вигляд:

$$\begin{aligned}
 & \ddot{\varphi}_1 [M_{c1}(X_{1c1}^2 + Z_{1c1}^2) + M_{c2}(X_{1c2}^2 + Z_{1c2}^2) + M_{c3}(X_{1c3}^2 + Z_{1c3}^2) + M_{c4}(X_{1c4}^2 + Z_{1c4}^2) + \\
 & + I_{oc1}] + l_2 M_{c2}(X_{1c2} \sin \varphi_1 + Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cdot \left[\ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) - \left(\dot{\varphi}_2 \right)^2 \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) \right] + \\
 & + l_3 M_{c3}(X_{1c3} \sin \varphi_1 - Z_{1c3} \cos \varphi_1) \cdot \left[\ddot{\varphi}_3 \cos(\varphi_{c3} - \varphi_3) - \left(\dot{\varphi}_3 \right)^2 \sin(\varphi_{c3} - \varphi_3) \right] + \\
 & + l_4 M_{c4}(X_{1c4} \sin \varphi_1 - Z_{1c4} \cos \varphi_1) \cdot \left[\ddot{\varphi}_4 \cos(\varphi_{c4} - \varphi_4) - \left(\dot{\varphi}_4 \right)^2 \sin(\varphi_{c4} - \varphi_4) \right] = \\
 & = -P_{x1} Z_{1a1} + P_{z1} X_{1a1} - P_{x2} Z_{1a2} + P_{z2} X_{1a2} - P_{x5} Z_{1a5} - P_{z5} X_{1a5} + M_{c1} g \times \\
 & \times (X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1) - P_{c2} \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) X_{1c2} - P_{c2} Z_{1c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) - \\
 & - P_{c3} \cos(\varphi_{c3} - \varphi_3) X_{1c3} + P_{c3} \sin(\varphi_{c3} - \varphi_3) Z_{1c3} - P_{c4} \cos(\varphi_{c4} - \varphi_4) X_{1c4} + \\
 & + P_{c4} \sin(\varphi_{c4} - \varphi_4) Z_{1c4} - C_{np} \varphi_1 \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2} (1 + f_n); \tag{13}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& l_2 M_{c2} \{ \ddot{\varphi}_1 [(-X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) + (-X_{1c2} \cos \varphi_1 - \\
& - Z_{1c2} \sin \varphi_1) \times \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2)] + (\dot{\varphi}_1)^2 [(-X_{1c2} \cos \varphi_1 + Z_{1c2} \sin \varphi_1) \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) + \\
& + (X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1) \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2)] \} + \ddot{\varphi}_2 (M_{c2} l_2^2 + I_{0c2}) = \\
& - P_{x7} l_{a7} \cos(\varphi_{a7} - \varphi_2) - P_{z7} l_{a7} \times \sin(\varphi_{a7} - \varphi_2) - P_{x8} l_{a8} \cos(\varphi_{a8} - \varphi_2) - \\
& - P_{z8} l_{a8} \sin(\varphi_{a8} - \varphi_2) + M_{c2} g l_{c2} \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2);
\end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}
& l_3 M_{c3} \{ \ddot{\varphi}_1 [(-X_{1c3} \sin \varphi_1 - Z_{1c3} \cos \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c3} - \varphi_3) + (-X_{1c3} \cos \varphi_1 - \\
& - Z_{1c3} \sin \varphi_1) \cdot \sin(\varphi_{c3} - \varphi_3)] + (\dot{\varphi}_1)^2 [(-X_{1c3} \cos \varphi_1 + Z_{1c3} \sin \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c3} - \varphi_3) + \\
& + (X_{1c3} \sin \varphi_1 - Z_{1c3} \cos \varphi_1) \cdot \sin(\varphi_{c3} - \varphi_3)] \} + \ddot{\varphi}_3 (M_{c3} l_3^2 + I_{0c3}) = \\
& = -P_{x3} l_{a3} \cos(\varphi_{a3} - \varphi_3) + P_{z3} l_{a3} \sin(\varphi_{a3} - \varphi_3) + M_{c3} g l_{c3} \sin(\varphi_{c3} - \varphi_3) + \\
& + C_{np} l_{u.k.} [\cos(\varphi_{a3} - \varphi_3) - \cos \varphi_{a3}] \cos \beta;
\end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
& l_4 M_{c4} \{ \ddot{\varphi}_1 [(-X_{1c4} \sin \varphi_1 - Z_{1c4} \cos \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c4} - \varphi_4) + (-X_{1c4} \cos \varphi_1 - Z_{1c4} \sin \varphi_1) \times \\
& \times \sin(\varphi_{c4} - \varphi_4)] + (\dot{\varphi}_1)^2 [(-X_{1c4} \cos \varphi_1 + Z_{1c4} \sin \varphi_1) \cdot \cos(\varphi_{c4} - \varphi_4) + (X_{1c4} \sin \varphi_1 - \\
& - Z_{1c4} \cos \varphi_1) \cdot \sin(\varphi_{c4} - \varphi_4)] \} + \ddot{\varphi}_4 (M_{c4} l_4^2 + I_{0c4}) = -P_{x4} l_{a4} \cos(\varphi_{a4} - \varphi_4) + \\
& P_{z4} l_{a4} \sin(\varphi_{a4} - \varphi_4) + M_{c4} g l_{c4} \times \sin(\varphi_{c4} - \varphi_4) + C_{np} l_{u\delta} [\cos(\varphi_{a4} - \varphi_4) - \cos \varphi_{a4}] \cdot \cos \beta,
\end{aligned} \tag{16}$$

де $\varphi_{a1} \dots \varphi_{a8}$; $\varphi_{c2} \dots \varphi_{c4}$ – кути, які визначають положення відповідних точок прикладання рівнодіючих сил; β – кут між гряділем і напрямком дії сили натяжної пружини; C_{np} – жорсткість пружини; $\varphi_1 \dots \varphi_4$ – узагальнені координати

системи твердих тіл; $l_{c2}...l_{c4}$; $l_{a1}...l_{a8}$; $Z_{1c1}...Z_{1c4}$; $Z_{1a1}...Z_{1a5}$; $X_{1c1}...X_{1c4}$; $X_{1a1}...X_{1a5}$; X_c ; Z_c – величини, які визначають конструктивні параметри машини; f – коефіцієнт кочення $M_{c1}...M_{c4}$; $I_{0c1}...I_{0c4}$ – маса та моменти інерції складових системи твердих тіл; $P_{x1}...P_{x8}$; $P_{z1}...P_{z8}$ – проекції сил опору на вісі координат.

Система диференційних рівнянь вирішувалася чисельним методом з допомогою персонального комп'ютера, у результаті чого були знайдені залежності зміни кутів коливання чотирьох систем твердих тіл у часі (рис. 4).

Максимальне значення тягового опору машини запропонованої конструкції склало 25079,36 Н, що на 34 % менше у порівнянні із серійною машиною.

Рис. 4. Графік зміни коливань чотирьох систем твердих тіл запропонованої експериментальної машини:

1 – основна рама з дисками та чизельними робочими органами; 2 – короткі гряділі; 3 – довгі гряділі; 4 - батарея шарнірно з'єднаних з рамою дисків

У третьому розділі “Методика експериментальних досліджень” наведена програма експериментальних досліджень, описані лабораторні та польові експериментальні установки, методики визначення фізико-механічних властивостей ґрунту, проведення лабораторних та польових експериментальних досліджень.

Вивчення процесу взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів проводилося в лабораторно-польових умовах з використанням спеціально виготовленої для дослідів установки (рис.5). Визначалися залежності розповсюдження деформації у ґрунті від ширини чизельних наральників та глибини обробітку.

Енергетичні та якісні показники роботи робочих органів комбінованої машини визначалися в ґрунтовому каналі та польових умовах і оцінювалися відповідно тяговим опором та коефіцієнтом структурності ґрунту.

Порівняльні польові експерименти проводилися під час вирощування озимого жита після кукурудзи на силос за традиційною технологією підготовки ґрунту до сівби, з використанням сівалки прямої сівби АПП-6 і експериментальної комбінованої машини.

У четвертому розділі “Результати експериментальних досліджень” вивчалася розповсюдження деформації у ґрунті в залежності від ширини захвату наральника при різних глибинах обробітку ґрунту (рис. 6).

Аналіз даних графіка показує, що при збільшенні ширини захвату наральника та глибини його ходу кут нахилу стінки борозни зменшується і змінюється в межах $45...75^{\circ}$. Результати досліджень були використані у теоре-

тичних дослідженнях при визначенні схеми розташування робочих органів на рамі експериментальної машини та відстані між ними.

Залежність тягового опору чизельного робочого органу від ширини наральника при різній глибині обробітку ґрунту показано на рис.7.

Дані графіка показують, що найбільший вплив на тяговий опір чизельного робочого органу має глибина обробітку, частка якої становить 70, 17 % і в меншій мірі – ширина наральника (26 %). Питомий опір наральника зростає при зменшенні ширини його захвату (рис. 8), а при його заглибленні сила цього впливу збільшується. Це пояснюється тим, що при зменшенні ширини наральника збільшується кількість робочих органів на одиницю ширини захвату і зростає сила тертя.

При збільшенні глибини обробітку ґрунту чизельними робочими органами ширина оброблюваної смуги і його тяговий опір зростають, а тому для розширення універсальності знарядь з погляду діапазону регулювання глибини обробітку (0,16...0,70 м) доцільно використовувати змінні по ширині наральники. Результати досліджень показали, що при збільшенні глибини обробітку ґрунту ширину наральника доцільно зменшувати. Збільшення кількості змінних за шириною комплектів наральників чизельних плугів сприятиме зменшенню їх енергоємності.

У комбінованій ґрунтообробній машині АГРО-3 глибина ходу чизельних робочих органів не перевищує 0,2 м і тому з погляду економії енергії доцільно використовувати наральники з більшою шириною захвату.

Якісні показники роботи серійних і експериментальних робочих органів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Структурний склад ґрунту після обробітку серійними та експериментальними наральниками

Фракції ґрунту, мм	Тип робочого органу			
	Серійне долото	Експериментальне долото	Серійний наральник	Експериментальний наральник
> 30	23,25	17,64	13,30	11,50
30 - 20	13,90	17,57	11,85	11,10
20 - 10	12,70	15,75	11,90	14,85
10 - 0,25	48,90	52,28	62,55	62,10
< 0,25	1,21	0,64	0,35	0,29
Коеф. структурності	0,95	1,07	1,64	1,71

Аналіз даних табл. 1 показує, що коефіцієнт структурності ґрунту після його обробітку чизельними органами серійними та експериментальними наральниками має майже однакове значення. Тоді на основі отриманих результатів можна зробити висновок, що удосконалення профілів наральників чизельних органів з погляду енергетичних параметрів їх роботи не привело до

погіршення якості обробітку ґрунту. Чизельні робочі органи з експериментальними долотами у порівнянні із серійними мають на 18 % менший опір, а удосконалений профіль наральника забезпечує зниження тягового опору чизельного робочого органу на 36 %.

З метою обґрунтування послідовності установки на рамі комбінованої машини різних типів ґрунтообробних органів у лабораторно-польових умовах оброблявся ґрунт послідовно різними типами знарядь. При цьому вологість ґрунту була 22,5 %, щільність – 1,25 г/см³, швидкість руху агрегату – 8,4 км/год.

Результати досліджень показують, що найменший питомий опір має комбінована машина, у якій розташовані робочі органи у такій послідовності: диски, чизельні лапи, культиваторні лапи. При цьому загальний опір комбінованої машини становить близько 30000 Н, що дозволяє її агрегування з тракторами класу 30 кН. Найбільше значення питомого опору має серійна комбінована машина, загальний опір якої досягає 50000 Н, і відповідно потрібно комплектувати агрегат з трактором класу 50 кН.

Крім того, на комбінованій машині доцільно застосовувати різні варіанти типів робочих органів та послідовності їх розташування у залежності від умов роботи машини. Так, енергетичні показники експериментальної машини, які визначалися в польових умовах на стерні у порівнянні із серійною машиною АГРО-3, показують, що середній тяговий опір серійної машини склав 38701 Н, експериментальної – 27865 Н, що у порівнянні з першим нижче приблизно на 28 %. При цьому на рамі експериментальної машини послідовно кріпилися: чизельні робочі органи, одна пара дисків-подрібнювачів, секції культиватора зі стрільчатими лапами та друга пара дисків-подрібнювачів.

У порівняльних польових експериментах обробіток ґрунту експериментальною комбінованою машиною було проведено при його підготовці до сівби озимих культур після попередника кукурудзи на силос (табл. 2). У цьому варіанті відносно підготовки ґрунту традиційною системою машин, а також з допомогою сівалки прямої сівби АПП–6 коефіцієнт структурності ґрунту вищий відповідно на 9,5 % і 13,5 %. Кількість грудок розміром більше 30 мм у експериментальному варіанті зменшилася відповідно у 1,6 і 2,4 рази, поліпшення якості підготовки ґрунту до посіву озимого жита сприяло підвищенню його врожайності.

Таблиця 2

**Урожайність і структурний склад ґрунту
у варіантах його обробітку до посіву**

№ вар	Варіант	Урожайність, ц/га	% до традиційного обробітку ґрунту	Структурний склад посівного прошарку ґрунту у варіантах підготовки до сівби, %					Коефіц. структурності
				Фракції, мм					
				> 30	30-20	20-10	10-0,25	< 0,25	
1	Традиційна система мінімального обробітку ґрунту	18,19	100	30,3	16,0	15,0	37,6	1,1	0,63
2	Прямий посів	14,88	82	45,0	9,6	10,0	34,3	1,1	0,51
3	Обробіток ґрунту експериментальною комбінованою машиною	29,23	161	18,6	20,5	18,6	41,3	1,0	0,69

У п'ятому розділі “Економічна ефективність упровадження у виробництво експериментальної комбінованої машини” на основі розроблених вихідних даних та економічних розрахунків розроблені технологічні карти вирощування озимого жита за традиційною технологією, використання сівалки прямого посіву АПП–6 і використання експериментальної комбінованої ґрунтообробної машини. Так, при вирощуванні озимого жита на площі 100 га з використанням експериментальної комбінованої машини прибуток склав 39,9 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена проблема зниження витрат енергії на обробіток ґрунту комбінованою машиною з одночасним покращенням якості виконання технологічного процесу.

1. Аналіз конструкцій та технологічних процесів роботи комбінованих машин показав, що однією з найбільш перспективних є ґрунтообробна машина АГРО-3, яка відрізняється від своїх аналогів високою якістю обробітку ґрунту, технічною і технологічною надійністю. Але ж висока її енергоємність не дозволяє трактору класу 3 т розвивати швидкість 10...12 км/год, що сприяє погіршенню якості обробітку ґрунту і зниженню продуктивності агрегату.

2. Зменшення тягового опору долота чизельної лапи на 18 % та її наральника на 35 % досягається шляхом удосконалення їх профілів з допомогою методів прямого варіаційного числення. Раціональний профіль долота визначається за формулою (5), а наральника – (10) і (11).

3. Зниження на 34 % тягового опору серійної машини АГРО-3 забезпечується заміною жорсткої рами на шарнірно з'єднану конструкцію, що сприяє зменшенню маси та відстані від трактора до її центру, а також, як по-

казали результати досліджень математичної моделі, і коливань машини у вертикальному просторі.

4. Необхідна якість обробітку ґрунту чизельними робочими органами на глибину до 0,16 м досягається з допомогою наральників шириною захвату 0,285 м, стояки яких розміщені на відстані 0,455 м.

5. Найменший тяговий опір (до 30 кН) має комбінована машина АГРО-3, у якій робочі органи встановлені в послідовності: диски, чизельні або плоскоріжучі лапи, культиваторні лапи та диски. Чизельні або плоско ріжучі лапи доцільно використовувати в залежності від щільності ґрунту, що обробляється.

Для отримання високої якості обробітку ґрунту при одночасному зменшенні затрат енергії в ґрунтообробній машині достатньо застосувати одну пару дисків, другу доцільно використовувати тільки при наявності на поверхні поля рослинних решток.

6. Збільшення продуктивності праці на 31 % з одночасним зменшенням витрат палива на 18 % при підготовці ґрунту до посіву зернових культур по відношенню до традиційної техніки забезпечується використанням запропонованої комбінованої машини.

7. Результати досліджень передані ВАТ „Галещина, машзавод”, де вони використані для модернізації серійної комбінованої ґрунтообробної машини АГРО-3. При використанні машини в дослідному господарстві Інституту тваринництва імені Чапаєва в 2003-2004 рр. на площі 130 га в технології вирощування ячменя отримано збільшення урожайності на 12 % та економічний ефект у розмірі 78 грн/га.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. *Кіяшко В.М.* Обґрунтування технологічної схеми комбінованої машини // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісн. Харк. держ. техн. ун-ту с. г. – Вип. 24. – Х., 2004. – С. 11-15.

2. *Пащенко В.Ф., Кім В.В., Кіяшко В.М.* Обґрунтування параметрів чизельних робочих органів комбінованої машини АГРО-3 // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Вип. 7(21). – Дослідницьке, 2004. – С. 353-358.

3. *Пащенко В.Ф., Кім В.В., Кіяшко В.М.* Динаміка функціонування комбінованої ґрунтообробної машини // Вібрації в техніці та технологіях /ВГАУ: Всеукр. наук. техн. журн. – № 4(36). – Вінниця, 2004. – С. 114-116.

4. *Пащенко В.Ф., Кім В.В., Дорошко І.М., Кіяшко В.М.* Результати польових випробувань модернізованої комбінованої ґрунтообробної машини

АГРО-3 // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісн. Харк. держ. техн. ун-ту с. г. – Вип. 29. – Х., 2004. – С. 166-169.

АНОТАЦІЯ

Кіяшко В.М. Обґрунтування технологічного процесу комбінованої ґрунтообробної машини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, Харків, 2005.

Дисертаційна робота направлена на пошук технічних можливостей зниження енергоємності і поліпшення якості обробітку ґрунту комбінованої ґрунтообробної машини АГРО-3.

Складені математичні моделі взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів та динамічного функціонування ґрунтообробної машини.

Обґрунтовані відповідно в дво- і тримірних просторах профілі долота і наральника, отримані залежності коливань рами машини від її маси та відстані від точки причепа до центра мас.

Визначені якісні та енергетичні показники роботи комбінованої ґрунтообробної машини із запропонованими змінами технологічного процесу.

Ключові слова: комбінована ґрунтообробна машина, чизельні робочі органи, долото, наральник, функціонування, система твердих тіл.

АННОТАЦИЯ

Кияшко В.Н. Обоснование технологического процесса комбинированной почвообрабатывающей машины. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. ХНАУ им. В.В. Докучаева, Харьков, 2005.

Диссертационная работа направлена на поиск технических возможностей снижения энергоемкости и улучшения качества обработки почвы комбинированной почвообрабатывающей машиной АГРО-3.

Составлены математические модели взаимодействия с почвой чизельных рабочих органов, в результате решения которых обоснованы в двух- и трехмерном пространственном измерении соответственно профили долота и наральника.

Составлена динамическая модель функционирования серийной комбинированной машины АГРО-3. Решение дифференциального уравнения позволило получить закономерности колебаний рамы машины от массы и расположения ее центра по отношению к трактору. Исследования показали, что с уменьшением массы комбинированной машины и приближением ее

центра до трактора амплитуда колебаний рамы снижается. Поэтому предложено заменить жесткую раму на шарнирно-соединенную. Составлены уравнения динамики функционирования предложенной конструкции комбинированной машины, решения которых показали, что она обеспечивает снижение энергоемкости обработки почвы не менее чем на 30 %.

Определены качественные и энергетические показатели работы комбинированной машины с предложенными изменениями технологического процесса.

Для определения качественных показателей работы экспериментальной комбинированной машины после стерневых предшественников были проведены исследования на предмет определения структурного состава почвы до и после обработки. Полученные результаты показали, что коэффициент структурности после обработки комбинированной машиной увеличился примерно в 4,5 раза, его значение достигает 2,06, что подтверждает высокое качество обработки за один проход агрегата.

Ключевые слова: комбинированная почвообрабатывающая машина, чизельные рабочие органы, долото, наральник, функционирование, система твердых тел.

SUMMARY

Kiyashko V.M. Background of technological process of combined soil-cultivating machine. - Written by hands.

Science papers for gaining the level of doctor of philosophy in technical science for specialization 05.05.11.-machines and meanings of mechanization of agricultural production. KhNAU named after V.V Dokuchaev, Kharkiv, 2005.

Scientific papers are goaled to searching technical possibilities of decreasing using of power and improving the quality of soil cultivation with combined soil-cultivation machine AGRO-3.

Proposed methods of making mathematics models contacting with soil of different chisel working parts and dynamic functions of soil-cultivating machines.

Based in double and triple spaces of ruling according to propel of chisel and gauge were got low dependence of hesitation of machine from its weight and distance from point of tie till centre of mass.

Qualities and powerful signs of work are determined by technical process of combined soil-cultivating machine.

Key words: combined soil-cultivating machine, chisel work parts, chisel, gauge, function system of solid parts

Комп'ютерний набір і верстка Марута Г.В.

Підписано до друку 21.09.2005. Формат 60x84/16. Гарнітура Таймс.
Друк офсетний. Обсяг 0,9 ум.-друк. арк., 0,9 обл.-вид. арк. Тираж 100.
Замовлення

Редакційно-видавничий відділ Харківського національного аграрного
університету ім. В.В.Докучаєва. 62483, Харківська обл., п/в „Комуніст-1”,
навчальне містечко, тел. 99-72-70; e-mail: admin @ agrouniver. Kharkov. com.

Дільниця оперативного друку ХНАУ, тел. 99-77-80.