

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

**МОРОЗ АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ**

УДК 631.333

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНО-ДИСКОВОГО  
КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО МІЛКОГО  
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

**Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук**

**Харків – 2007**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному аграрному університеті  
Кабінету Міністрів України

Науковий керівник  
кандидат технічних наук, доцент  
**Мельник Іван Іванович,**  
Національний аграрний університет,  
завідувач кафедри експлуатації техніки та інженерного менеджменту

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор

**Морозов Іван Васильович,**

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства аграрної політики України,  
професор кафедри сільськогосподарських машин;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**Шустік Леонід Прокопович,**

Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого Міністерства аграрної політики України,  
завідувач лабораторії наукових досліджень, випробування і прогнозування нових машин для рослинництва.

**Провідна установа** Львівський державний аграрний університет Міністерства аграрної політики України,  
кафедра управління проектами та безпеки виробництва в АПК, м. Дубляни Жовківського району Львівської області.

Захист відбудеться 5 квітня 2007 року о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.64.832.01 у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44

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

Автореферат розісланий 4 березня 2007 року

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
докт. техн. наук, професор

О.Д. Черенков

## SUMMARY

**Anatoly Moroz. The Parameters of Chisel-Disk Cultivator for the Combined Shallow Soil Tillage.** – Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences in speciality number 05.05.11 – Farm Mechanization of Agricultural Production. – National Agricultural University, Kyiv, 2006.

Dissertation is devoted to the questions of theoretical and experimental research of parameters of the mutual placing of working organs of chisel-disk cultivator at shallow soil tillage. It is proved as a result of the conducted researches, that at application of the combined chisel-disk cultivator, in which properly neat groups of working organs which have the oppositely directed reactions and moving, it is possible to realize an effective technological chart which allows substantially to improve qualities of soil tillage and to decrease the specific process due to mutual indemnification of the oppositely directed efforts and soil moving. It is set that replacement of 3-4 aggregates is above all advantages of the combined cultivator, cutback of spending of fuel, labor, terms of implementation of works, saving of moisture in soil, and also creation of sowing layer homogeneous after closeness. It is set that minimum value of soil tillage is achieved at the depth of setting of disks in the distance from 2 to 4 sm. Thus, the specific expenditure of fuel account for from 9,5 to 13 kg/he at the change of corner of paw from 4 to 12 degrees. The combined chisel-disk cultivator KSN-3 comparatively with the base aggregate PSN-2,5 provides decreasing specific running expenses on a size from 10 to 11 % and at the prognosis annual load about 1000 hours, the term of his decampment will not exceed 2 years.

**Keywords:** shallow soil tillage, cultivator, parameters of working parts, chisel working part, mutual placing of working tools.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Однією із головних і вирішальних умов збільшення виробництва продовольства в Україні є широке впровадження нових технологій вирощування сільськогосподарських культур у рослинництві, підвищення продуктивності праці, що базуються на розробці та освоєнні нових засобів механізації в агропромисловому комплексі.

Мінімалізацію механізованого обробітку ґрунту можна застосовувати лише за певних умов. Порівняльною оцінкою традиційних та ресурсощадних технологій вирощування культур суцільного посіву і просапних встановлено високий рівень придатності сільськогосподарських культур до мінімалізації антропогенних впливів на ґрунт. Численні дослідження, проведені в НАУ та агротехнічних інститутах УААН, засвідчують, що мілкий обробіток ґрунту може служити реальною альтернативою традиційному. Прогнози розвитку механізації основного обробітку ґрунту в Україні припускають широке освоєння до 2010 року технологій мінімалізації і відповідного технічного забезпечення. У собівартості виробництва

зернових і олійних культур суцільної сівби частка, що припадає на технічне забезпечення, найближчими роками знизиться до рівня 11-26%. Водночас, у зоні Полісся України розповсюдження технологій мілкового (на глибину від 8 до 16 см) механізованого обробітку ґрунту стримується через відсутність відповідних ґрунтообробних машин.

Враховуючи подібність технологій вирощування зернових колосових та олійних культур суцільного посіву, їх значні посівні площі сьогодні й у прогнозованому майбутньому, актуальним питанням сучасного розвитку технологій в Україні є розробка ресурсощадних технологічних операцій механізованого обробітку ґрунту й обґрунтування параметрів технічних засобів для реалізації мілкового основного обробітку ґрунту на базі комбінованих багатоопераційних машин.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана в 2000–2006 роках у відповідності з Державною тематикою науково-дослідних робіт, що проводились в Національному аграрному університеті, за темою № 110/87-пр “Розробити ресурсозберігаючі технології і технічні засоби виробництва сільськогосподарської продукції для нехарчових цілей” (ДР № 0102U006205, 2001-2006 рр.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності мілкового обробітку ґрунту комбінованим чизельно-дисковим культиватором шляхом встановлення раціональної взаємодії окремих груп його робочих органів.

Для досягнення мети сформовані наступні завдання дослідження:

- провести аналіз технологій та технічних засобів основного мілкового обробітку ґрунту під зернові та олійні культури, зокрема для енергетичних потреб;
- обґрунтувати основні конструктивно-технологічні параметри робочих органів комбінованого чизельно-дискового культиватора та визначити їх взаємне розміщення;
- експериментально визначити вплив параметрів та режимів роботи комбінованого чизельно-дискового культиватора на показники якості та енергомісткості обробітку ґрунту;
- виконати техніко-економічну оцінку ефективності роботи комбінованого чизельно-дискового культиватора.

**Об'єкт досліджень** – процес та технічні засоби комбінованого мілкового обробітку ґрунту чизельно-дисковим культиватором під зернові та олійні культури, зокрема для енергетичних потреб.

**Предмет досліджень** – залежності показників якості процесу мілкового обробітку ґрунту від конструктивно-технологічних параметрів чизельно-дискового культиватора та режимів його роботи.

**Методи досліджень.** Механіко-технологічні дослідження виконані з використанням основних положень землеробської механіки, параметри культиваторної лапи та долота визначені з використанням графоаналітичних методів і силового аналізу. Експериментальні лабораторно-польові дослідження проведено з використанням методики планування експериментів на макетному

зразку чизельно-дискового культиватора при агрегуванні з трактором Т-150К, обладнаним тензометричною станцією, спеціальної фотозйомки варіантів поперечних перерізів обробленого ґрунту. Обробка результатів експериментальних досліджень виконана на основі положень математичної статистики із застосуванням ПЕОМ. Науково-виробничу перевірку чизельно-дискового культиватора в агрегаті з Т-150К здійснено у типовому господарстві зони Полісся України з використанням методик випробування ґрунтообробних машин для поверхневого і мілкового обробітку ґрунту.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- дістало подальший розвиток обґрунтування основних параметрів робочої поверхні лапи та долота для забезпечення необхідних агротехнічних показників якості обробітку ґрунту з використанням комбінованого чизельно-дискового культиватора;

- розроблено математичні моделі процесів послідовної взаємодії чизельних і дискових робочих органів із ґрунтом для розрахунку конструктивно-технологічних параметрів чизельно-дискового культиватора;

- вперше отримано емпіричні залежності впливу режимів роботи і параметрів взаємного розміщення чизельних і дискових робочих органів комбінованого культиватора на показники якості та енергомісткості мілкового обробітку ґрунту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Обґрунтовано конструктивно-технологічні параметри чизельно-дискового культиватора для комбінованого мілкового обробітку ґрунту під зернові та олійні культури, зокрема для енергетичних потреб. Результати досліджень передано ВАТ “Галещина. Машзавод” та ГСКБ “Ґрунтоташ” (м. Одеса). Основні конструктивно-компонувальні рішення нового чизельно-дискового культиватора захищені патентами України № 39011А, 19785 та 13360А.

Розроблені методики оцінки впливу різних груп робочих органів чизельно-дискового культиватора і окремих режимів його роботи на якість і енергомісткість обробітку ґрунту з використанням методів тензометрування й спеціальної фотозйомки варіантів поперечних перерізів обробленого ґрунту, які можуть бути використані при проведенні аналогічних досліджень.

Річний економічний ефект від використання комбінованого чизельно-дискового культиватора в процесі науково-виробничої перевірки при виконанні механізованого мілкового обробітку ґрунту в типових умовах Полісся України складає біля 12 тис. грн.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати роботи отримані автором особисто. У наукових працях, що виконані у співавторстві, особистий внесок наступний: [2-5, 7] – визначені концептуальні шляхи вирішення поставленої задачі; [8] – виконані планування експериментальних досліджень, їх послідовна реалізація й обробка результатів.

Здобувач приймав безпосередню участь у розробці нової конструкції чизельно-дискового культиватора й впровадженні [1, 6] одержаних результатів

досліджень в виробництво.

У технічних рішеннях [10-12], що захищені патентами України, частка участі кожного зі співавторів однакова.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях (2002-2006 рр.): “Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві” ( смт. Глеваха, ННЦ “ІМЕСГ”, 2002 р.); “Проблеми інтенсифікації використання техніки і технологій в сільськогосподарському виробництві” (м. Мелітополь, ТДАТА, 2003 р.); “Екобіотехнології і біопалива в АПК” (м. Київ, НАУ, 2004 та 2006 рр.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 друкованих праць, з них 3 – патенти України на нові технічні рішення.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 117 найменувань та додатків. Обсяг роботи становить 145 сторінок, містить 51 рисунок, 19 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** сформульовано актуальність теми, мету і завдання дослідження, подано наукову новизну й практичну цінність результатів виконаної роботи.

У **першому розділі** “Стан питання та завдання досліджень” зроблено характеристику тенденцій розвитку механізованих технологій основного обробітку ґрунту, огляд сучасних механізованих технологій.

Актуальним питанням розвитку ресурсощадних технологій в Україні є розробка технологічних операцій мінімалізації процесів механізованого обробітку ґрунту й технічних засобів для реалізації мілкового основного обробітку ґрунту на базі комбінованих багатоопераційних машин.

Мінімалізацією основного обробітку ґрунту детально займались вчені П.М. Василенко, М.Н. Нагорний, Я.С. Гуков, М.К. Лінник, П.М. Бурченко, Л.В. Погорілий, А.С. Кушнар'юв, В.С. Глуховський, І.А. Шевченко, Л.Ф. Бабіцький, В.М. Булгаков, В.Ф. Пащенко та інші. Питаннями дослідження механіко-математичних моделей взаємодії робочих органів з ґрунтом займалися вчені: В.П. Горячкін, В.А. Желіговський, П.М. Заїка, Г.М. Синєоков, І.В. Морозов, О.В. Сидорчук, А.Н. Панченко, П.В. Сисолін, А.Т. Лебедєв, В.О. Дубровін, В.І. Корабельський, В.М. Сало та інші. Основою для визначення агротехнічних вимог до мілкового обробітку ґрунту є наукові праці відомих вчених – В.В. Медведєва, А.А. Собка, М.К. Шикули, М.С. Хоменка, В.Ф. Сайка та інших.

Нами, на основі раніше виконаних науковцями УААН, зокрема академіком В.В. Медведєвим, розробок, проведено формалізацію умов роботи і вимог до ґрунтообробних знарядь для мілкового основного обробітку ґрунту під вирощування зернових і олійних культур суцільного посіву. При обробці даних узагальнено результати багаторічних досліджень, проведених технологічними інститутами УААН, які засвідчують необхідність диференціації та можливості мінімалізації основного обробітку ґрунту під певні культури. Ці дані дозволяють розширити можливості впровадження диференційованої системи засобів механізації

основного обробітку ґрунту для умов Полісся України. Так само кожен робочий орган по різному здійснює механічне переміщення ґрунту: – суцільне - корпус плуга, місцеве – диск, локальне – лапа і навіть ультра локальне – коток. Таким чином, в комбінованому чизельно-дисковому культиваторі можна використати лапи, диски та котки для одержання кінцевого результату, а саме – підвищення якості обробітку ґрунту і зменшення енергомісткості. В результаті реалізації наукової гіпотези можна досягти підвищення ефективності мілкої обробітку ґрунту комбінованим чизельно-дисковим культиватором шляхом встановлення раціональної взаємодії окремих груп його робочих органів.

У другому розділі “Обґрунтування процесу роботи та параметрів чизельно-дискового культиватора” сформульовані основні механіко-математичні передумови розробки нового комбінованого культиватора. Проаналізувавши схему рихлення пласта ґрунту (рис. 1 а) побачимо, що лапа зняряддя працює в режимі блокованого різання. Перед лезом утворюється тіло підвищеного тиску, позначене на схемі рихлення  $AOD$ . Загальновідомо, що це тіло, в якому переважають пластичні деформації, досягає значних розмірів. Так, воно охоплює повністю лезо  $AD$ , маючи максимальну довжину в носку лапи, яка становить від 100 до 145 мм по нормалі від площини лапи. Створення тіла підвищеного тиску вимагає значної сили для його руйнування. Відомо, що одним із методів зниження опору різанню є перехід від блокованого різання до напіввільного, коли з однієї сторони робочого органу є відкрита стінка.

Для переходу від блокованого різання до напіввільного необхідно лапу оснастити долотом. Розглянемо схему розпушення ґрунту лапою, яка оснащена долотом (рис. 1 б). Приймемо, що долото має більшу глибину ходу, яка однак не перевищує критичну глибину. Наявність долота приводить до двох бокових розширень розпушування  $M'E'W'$  і  $N'F'V'$ , обумовлених тріщинами  $M'W'$  і  $N'V'$ . Наявність вільних стінок  $N'F'$  і  $M'E'$ , залишених долотом, приводить до суттєвого зниження площі лобової проекції розпушування ґрунту крилами  $N'F'C'D'$  і  $M'E'B'A'$ . Поряд із цим значно зменшується “тіло підвищеного тиску”, яке в даному випадку розбивається на три частини. Перша частина розташовується перед долотом, а друга і третя – перед крилами. Вираз для визначення сили розпушування ґрунту лапою з долотом має вигляд:

$$P_{рд} = \sigma_{ст} (S_{лд} + S_{лк}) + \sigma_{рас} (S_{бд} + S_{бк}) = \\ = \sigma_{ст} [h_d b_d + (b - b_d)h - h(2h_d - h)] + \sigma_{рлс} (h_d^2 + h^2)$$

де  $\sigma_{ст}$  і  $\sigma_{рас}$  – відповідно межі міцності ґрунту на стискання і розтягування, Н/м<sup>2</sup>;  $b_d$  – ширина долота, м;  $h_d$  – глибина ходу долота, м;  $h$  – глибина обробітку, м;  $b$  – ширина захвату лапи, м;  $S_{лк}$ ,  $S_{бк}$  – відповідно площі лобового і бокового розпушування крил, м<sup>2</sup>;  $S_{лд}$ ,  $S_{бд}$  – відповідно площі лобового і бокового розпушування долота, м<sup>2</sup>.

Отримана функція являється функцією трьох змінних  $b_d$ ,  $b$  і  $h$  із яких домінуючою є ширина долота  $b_d$ , так як вона забезпечує перехід від блокованого різання до напіввільного. Умова, при якій сила розпушування ґрунту лапою з долотом буде дорівнювати силі розпушування ґрунту без долота має вигляд:

$$\sigma_{cr} b_d (h_d - h) = \sigma_{cr} h (2h_d - h) - \sigma_{плс} h_d^2$$

Тоді ширина долота повинна мати значення, яке не перевищує величину:

$$b_d < \frac{\sigma_{cr} h (2h_d - h) - \sigma_{плс} h_d^2}{\sigma_{cr} (h_d - h)}$$

Як видно із графіка (рис. 2), починаючи з  $b_d = 0,23$  м лобовий опір долота перекриває боковий опір розпушування. Зменшення опору розпушування пласта пояснюється різницею межі міцності на стискання і розтягування, яка прийнята рівною 0,021 МПа. Звичайно, що зі зменшенням цієї різниці, опір розпушування шару ґрунту буде зменшуватися. Із збільшенням ширини долота, що працює в режимі блокованого різання, опір блокованого різання переважає над силою розпушування ґрунту долотом в режимі напіввільного рихлення. Таким чином, щоб досягнути зниження опору розпушування ґрунту в межах від 5 до 7% (рис. 3), ширину долота можна рекомендувати в межах від  $0,1b$  до  $0,2b$ .



Загальновідомо, що долото з прямокутним носком (рис. 4 а, епюра I) має два концентратори напруги, які розташовані в точках  $M$  та  $N$  і з теоретичної точки зору, досягають безконечно великої величини, а долото трикутної форми, має один концентратор напруги (рис. 4 а, епюра II), при незмінній глибині носка долота  $h_0$ . Попри виключення одного із концентраторів напруги трикутний носок долота збільшує площу поглинання вологи.

Із геометричних співвідношень та з урахуванням забезпечення уникнення затримання ґрунту при підйомі по поверхні долота необхідно дещо зменшити кут загострення. Тоді вираз для визначення кута загострення матиме вигляд:

$$\gamma_1 = \arctg(\sin \alpha_0) - \Delta,$$

де  $\alpha_0$  – кут нахилу долота до горизонтальної площини, град.;

$\Delta = 2-5^\circ$  – величина зменшення кута загострення.

Для забезпечення спускування ґрунту у момент сколювання напрямна долота повинна бути увігнута у напрямку руху лапи, тому в якості напрямної доцільно прийняти дугу кола. Найбільш простою кривою поверхнею є поверхня прямого кругового циліндра, основним параметром якого буде радіус кривизни  $R$ . Радіус кривизни поверхні долота можна обґрунтувати на основі рихлення ґрунту та руху ґрунту по поверхні долота. При цьому, важливою характеристикою руху потоку ґрунту по поверхні лапи є його швидкість. Для визначення величини швидкості (рис. 5) в залежності від кута установки леза до горизонту скористаємося загальновідомим рівнянням рівноваги структурного агрегату ґрунту на поверхні лапи:

$$m \frac{dV_R}{dt} = - f_1 Q - f_1 P \cos \alpha - P \sin \alpha,$$

де  $m$  – маса структурного агрегату ґрунту на поверхні лапи, кг;  $V_R$  – швидкість руху структурного агрегату ґрунту на поверхні лапи, м/с;  $t$  – час руху структурного агрегату ґрунту на поверхні лапи, с;  $f_1$  – коефіцієнт тертя ґрунту по матеріалу поверхні лапи, відносних од.;  $Q$  – відцентрова сила інерції, що діє на структурний агрегат ґрунту при русі по поверхні лапи, Н;  $P$  – вага структурного агрегату ґрунту, Н;  $\alpha$  – кут установки леза до горизонту, град.

Увівши загальновідомі значення відцентрової сили інерції та ваги структурного агрегату ґрунту, запишемо рівняння рівноваги структурного агрегату ґрунту на поверхні лапи в наступному вигляді:

$$\frac{dV_R}{d\alpha} = -f_1 V_R - \frac{Rg}{V_R} (f_1 \cos \alpha + \sin \alpha),$$

де  $g$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>;  $R$  – радіус напрямної поверхні лапи, м.

Розв'язуючи одержане рівняння методом підстановки, отримаємо загальне рішення даного диференційного рівняння:

$$V_R^2 = \left( -\frac{2Rg \exp(2f_1\alpha)}{4f_1^2 + 1} [(2f_1^2 - 1)\cos \alpha + 3f_1 \sin \alpha] + C \right) \exp(-2f_1\alpha)$$

Постійну інтегрування визначимо скориставшись умовою, що для початкового моменту часу  $t = 0$ , швидкість руху структурного агрегату ґрунту на поверхні лапи дорівнює швидкості руху лапи  $V$ , а кут установки леза лапи до горизонту дорівнює початковому куту  $\alpha_0$ . В цьому випадку

$$C = V^2 \exp(2f_1\alpha_0) + \frac{2Rg \exp(2f_1\alpha_0)}{4f_1^2 + 1} [(2f_1^2 - 1)\cos \alpha_0 + 3f_1 \sin \alpha_0]$$

Підставляючи одержане значення постійної інтегрування отримаємо наступний вираз для визначення швидкості руху ґрунту у функції кута підйому:

$$V_R = \left\{ V^2 \exp[2f_1(\alpha_0 - \alpha)] - \frac{2Rg \sqrt{4f_1^4 + 5f_1^2 + 1}}{4f_1^2 + 1} \left[ \sin \left( \alpha + \operatorname{arctg} \frac{2f_1^2 - 1}{3f_1} \right) - \exp[2f_1(\alpha_0 - \alpha)] \sin \left( \alpha_0 + \operatorname{arctg} \frac{2f_1^2 - 1}{3f_1} \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

На рис. 6 представлені залежності швидкості руху ґрунту по поверхні долота  $V_R$  у функції кута підйому  $\alpha$  і при значеннях радіуса долота  $R = 0,2$  м і  $0,5$  м та середньому значенні коефіцієнта тертя  $f_1 = 0,58$ , що відповідає куту тертя ґрунту по сталі  $\varphi_1 = 30^\circ$ . Із графіків видно, що зі зростанням кута підйому та радіусу швидкість знижується. При розрахунках графіків початковий кут установки леза долота до горизонту прийнято  $10^\circ$  та  $20^\circ$ .

Визначимо умови, коли швидкість руху ґрунту по поверхні долота на рівні глибини обробітку дорівнює нулю. Ця умова визначає границю між двома режимами роботи долота. Якщо швидкість руху ґрунту по поверхні долота на рівні глибини обробітку менше нуля, то долото працює в режимі розпушування. В протилежному випадку – в режимі розпушування і перемішування ґрунту з тими речовинами, які лежать на поверхні ґрунту (наприклад, соломою).

Із формули для визначення швидкості руху ґрунту по поверхні долота отримаємо значення радіуса при умові  $V_R = 0$ :

$$R = \frac{V^2 \exp[2 f_1(\alpha_0 - \alpha)](4 f_1^2 + 1)}{2g\sqrt{4 f_1^4 + 5 f_1^2 + 1}} \left[ \sin\left(\alpha + \operatorname{arctg} \frac{2 f_1^2 - 1}{3 f_1}\right) - \exp[2 f_1(\alpha_0 - \alpha)] \sin\left(\alpha_0 + \operatorname{arctg} \frac{2 f_1^2 - 1}{3 f_1}\right) \right]^{-1}$$

Із геометричних міркувань також маємо:

$$R = \frac{h_d}{\cos \alpha_0 - \cos \alpha}$$

Спільне рішення отриманих рівнянь дозволяє визначити залежності параметрів долота чизельної лапи від режимів роботи чизельно-дискового культиватора (рис. 6, 7).

Так, при радіусі долота  $R = 0,3$  м і менше, швидкості руху 3 м/с та глибині обробки ґрунту до 14 см долото працює тільки в режимі розпушування. Аналогічний режим роботи буде при значенні радіуса долота  $R = 0,25$  м і менше, швидкості руху 2,5 м/с та глибині обробки ґрунту до 10 см, а також при значенні радіуса долота  $R = 0,2$  м і менше, швидкості руху 2 м/с та глибині обробки до 6,5 см.

Таким чином, отримані залежності дозволяють визначити режими роботи та параметри долота чизельного робочого органу комбінованого культиватора.

**У третьому розділі** “Програма і методика експериментальних досліджень”, на основі завдань досліджень та розроблених механіко-технологічних передумов створення комбінованого чизельно-дискового культиватора для мілкого обробки ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву, сформовано програму експериментів, яка передбачала:

- дослідження впливу параметрів взаємного розміщення робочих органів комбінованого дисково-чизельного культиватора на якість виконання мілкого обробки ґрунту;

- визначення впливу окремих груп робочих органів комбінованого чизельно-дискового культиватора на вирівняність поверхні поля;

- проведення тягово-енергетичної оцінки процесів мілкого обробки ґрунту на базі комбінованого чизельно-дискового культиватора, з аналізом енергомосткості окремих груп робочих органів та машини в цілому;

- комплексну оцінку показників роботи комбінованого чизельно-дискового культиватора в порівнянні з серійним аналогом при виконанні мілкого основного обробки ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву.

- визначення агротехнічних показників якості мілкого основного обробки ґрунту при роботі комбінованих ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів.

При вивченні впливу окремих конструктивно-технологічних параметрів комбінованих машин на якість обробки ґрунту вносились певні уточнення до загальної методики за ОСТ 70.4.1-80, які обумовлені окремо. Об’єм вибіркового

сукупностей по кожному із показників визначений та реалізований у відповідності до відомих залежностей.

Дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів комбінованого чизельно-дискового культиватора, а саме: кута різання чизельної лапи, швидкості руху агрегату та глибини установки дисків-вирівнювачів, на агротехнічні показники якості виконання мілкої обробки ґрунту проведено із застосуванням методики планування експерименту.

Після визначення поточних значень агротехнічних показників за варіантами експерименту та первинної статистичної обробки отриманих сукупностей встановлювались кількісні залежності між конструктивно-технологічними параметрами та результативними ознаками. Дані зв'язки описували за допомогою рівнянь регресії (необхідні розрахунки проведені на ПК з допомогою відповідних прикладних програм). Статистичну значущість коефіцієнтів рівнянь регресії визначали за критерієм Стюдента, а адекватність моделей експериментальним даним – за критерієм Фішера, при 0,05 рівні значущості. Оптимізація параметрів здійснювалась за узагальненим критерієм оптимізації, розробленим із врахуванням вагомості часткових критеріїв.

Для вимірювання та фіксації тягово-енергетичних показників застосовували тензометричну станцію на базі трактора Т-150К, обладнану осцилографом К-12-22, підсилювачем 8-АНЧ-7М, блоком живлення ПБ ПП-2 та блоком акумуляторів напругою 24 В. З її допомогою вимірювалась горизонтальна складова сили тягового опору у точці приєднання тензометричної рамки конструкції ННЦ „ІМЕСГ” до трактора. При тягово-енергетичній оцінці комбінованих агрегатів одночасно з тяговим опором ґрунтообробної машини вимірювали оберти робочих коліс трактора Т-150К, пройдений шлях і час досліду, а також поточну витрату палива. Це дало можливість коректно визначити тягово-енергетичні показники. Похибка результатів склала близько 4%. Розрахунок тягово-енергетичних показників проведено у відповідності до ОСТ 70.2.2-73.

Перевагу при використанні культиваторів доцільно надавати лише тим варіантам значень параметрів взаємного розміщення робочих органів, які визначені за допомогою компромісного рішення, що комплексно враховує питомі витрати палива і показники якості роботи за виразом:

$$P_{ум} = P(1 + A) = 10 \frac{q}{Bv} (1 + A)$$

де  $P$  – питомі витрати палива на виконання операції обробки ґрунту, кг/га;

$A$  – узагальнений показник якості роботи культиватора, відн. од.;

$B$  – ширина захвату агрегату, м.

Для проведення лабораторно-польових експериментальних досліджень комбінованого чизельно-дискового культиватора для мілкої обробки ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву розроблено експериментальну установку (рис. 8).

Експериментальна установка для досліджень комбінованого чизельно-дискового культиватора включає причіпний пристрій, спеціальну раму з встановленими на ній чизельними лапами, дисками-вирівнювачами, а також ротаційним котком з вузлом його приєднання до рами.

Усі експериментальні дослідження проведені із використанням принципу багатократності вимірювань та обробки результатів методами математичної статистики (у тому числі дисперсійного, регресивного та кореляційного аналізу) із застосуванням ПК та відповідного програмного забезпечення.

У четвертому розділі “Результати експериментальних досліджень та їх аналіз” приведено умови та результати досліджень. Лабораторно-польові дослідження культиватора комбінованого напівначіпного КШН-3 (умовна марка) в агрегаті з трактором Т-150К проводилися в умовах, типових для мілкої обробки ґрунту під посів енергетичних та сидеральних культур, а саме: агрофон – стерня озимої пшениці, кількість рослинних решток – 356 г/м<sup>2</sup>, тип ґрунту – чорнозем, рельєф – рівний, вихідна гребнистість поверхні – 4,64 см. В результаті реалізації повнофакторного експерименту за *D*-оптимальним планом другого порядку Бокса-Бенкіна отримані дані, що характеризують залежність витрат палива, середньоквадратичного відхилення нерівностей поверхні ґрунту та глибини обробки від конструктивно-технологічних параметрів: кута лапи, глибини установки дисків та швидкості руху агрегату при їх зміні в межах, обумовлених в розділі 3. Обробка експериментальних даних за допомогою програмного забезпечення дозволила отримати наступні математичні моделі другого порядку для кожної із функцій відгуку:

$$q = 14,9691 + 1,6350 \alpha - 0,22 h_{\delta} - 0,7950 v + 0,0016 \alpha^2 + 0,0940 h_{\delta}^2 + 0,1859 v^2 - 0,0094 \alpha h_{\delta} - 0,0913 \alpha v - 0,0341 h_{\delta} v$$

$$\sigma = 2,4355 - 0,0204 \alpha + 0,2054 h_{\delta} - 0,3103 v + 0,0024 \alpha^2 - 0,0041 h_{\delta}^2 + 0,0165 v^2 + 0,0047 \alpha h_{\delta} + 0,0028 \alpha v - 0,0128 h_{\delta} v$$

$$h = 22,9032 + 1,0007 \alpha - 0,296 h_{\delta} - 4,4858 v - 0,0213 \alpha^2 + 0,02 h_{\delta}^2 + 0,3113 v^2 - 0,0247 \alpha h_{\delta} + 0,0068 \alpha v - 0,0043 h_{\delta} v$$

де  $q$  – витрата палива при роботі агрегату, кг/год.;  $\sigma$  – вирівняність поверхні поля при роботі агрегату, см;  $h$  – глибина обробки ґрунту, см;  $\alpha$  – кут різання чизельної лапи, град.;  $h_{\delta}$  – глибина установки дисків, см;  $v$  – швидкість руху агрегату, км/год.

Вплив незалежних факторів (глибини установки дисків, кута різання чизельної лапи та швидкості руху агрегату на витрати палива та вирівняність поверхні поля після обробки ґрунту приведено відповідно на рисунках 9 і 10.

Дослідження показали, що витрати палива збільшуються при збільшенні кута лапи та швидкості руху агрегату. Вплив глибини установки дисків неоднозначно впливає на витрати палива, що пов'язано із наявністю ефекту протидії дискових робочих органів виглибленню із ґрунту лап. При незначній величині глибини установки дисків лапи заглиблюються в ґрунт, що збільшує тяговий опір та відповідно витрати палива. При максимальній величині глибини установки дисків лапи виглиблюються, а тяговий опір і витрати палива збільшуються завдяки збільшенні витрат енергії на перекочування дисків.

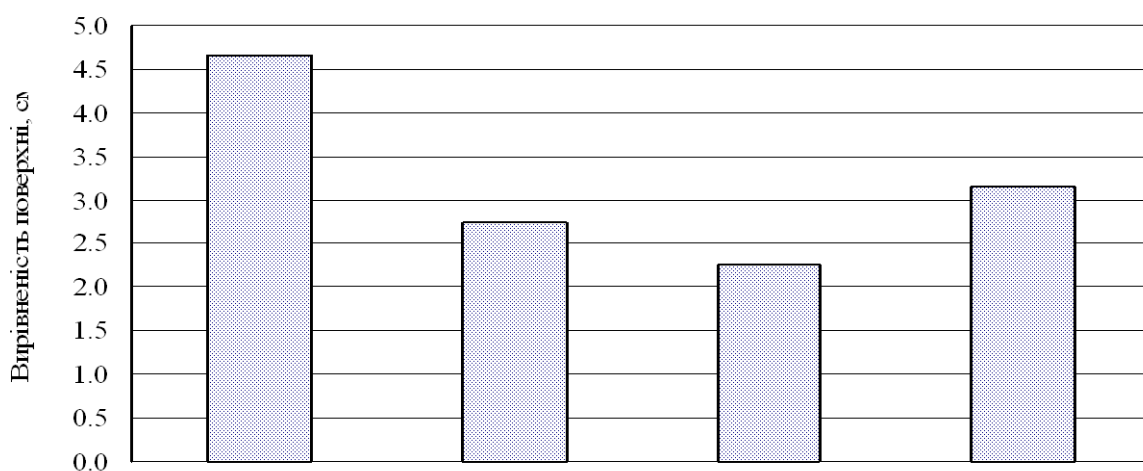
Залежність витрат палива від глибини установки дисків у графічному вигляді приведена на рис. 11, із якого видно, що питомі витрати палива на виконання операції обробітку ґрунту мають мінімальне значення при глибині установки дисків від 2 до 4 см незалежно від величини кута лапи.

Нерівність поверхні поля збільшується із збільшенням кута різання чизельної лапи та глибини установки дисків, а також при зменшенні швидкості руху агрегату, що пояснюється сукупним впливом параметрів взаємного розміщення робочих органів на агротехнічні показники якості обробітку ґрунту.

При значеннях глибини установки дисків в межах від 2 до 4 см вирівняність поверхні поля змінюється в межах від 1,5 до 2 см, а глибина обробітку ґрунту – від 9 до 15 см.

Встановлено, що при мілкому обробітку ґрунту під посів енергетичних та сидеральних культур істотний вплив на вирівняність поверхні поля справляє коток. Використання котків в комбінації з чизельними та дисковими робочими органами забезпечує підвищення якості вирівнювання ґрунту при застосуванні чизельно-дискового культиватора. В свою чергу, наявність дискових робочих органів впливає на глибину обробітку ґрунту.

Вплив комбінації взаємного розміщення й набору робочих органів комбінованого чизельно-дискового культиватора на вирівняність поверхні поля та витрату палива оцінений під час проведення порівняльних досліджень і приведений на рис. 12.



У п'ятому розділі “Виробнича перевірка та економічна ефективність застосування чизельно-дискового культиватора” приведено результати виробничої перевірки чизельно-дискового культиватора в агрегаті з трактором Т-150К, яка проводилася на полях Державного підприємства дослідного господарства УААН агрофірми “Лосинівська” Ніжинського району Чернігівської області. За базовий варіант було прийняте серійне знаряддя ПЩН-2,5 в агрегаті з трактором Т-150К.

Для додаткового вирівнювання поверхні поля в базовому варіанті передбачено коткування поверхні. Результати виробничої перевірки підтвердили високу якість роботи чизельно-дискового культиватора в агрегаті з трактором Т-150К при мілкому обробітку ґрунту під посів сільськогосподарських культур, для використання в якості “зелених добрив” та для енергетичного використання (рис. 13, 14).

При цьому отримане істотне зменшення витрат палива та підвищення якості мілкого обробітку ґрунту на глибину 16 см порівняно з базовим варіантом. За рахунок зменшення експлуатаційних витрат новий комбінований агрегат порівняно з базовим забезпечує зменшення прямих витрат на величину, що складає біля 11 %. При прогнозованому річному завантаженні комбінованого чизельно-дискового культиватора близько 1000 годин, термін його окупності не буде перевищувати 2 років.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень доведено, що при застосуванні комбінованого чизельно-дискового культиватора, у якого відповідним чином підібрані групи робочих органів, які мають протилежно спрямовані реакції ґрунту та переміщення, можливо реалізувати ефективну технологічну схему, котра дозволяє істотно покращити якість обробітку ґрунту та зменшити питому енергомісткість процесу за рахунок взаємної компенсації протилежно спрямованих зусиль та переміщень ґрунту.

1. Встановлено, що головними перевагами комбінованого дисково-чизельного культиватора є заміна 3-4 одноопераційних агрегатів, скорочення витрат пального, праці, строків виконання робіт, збереження вологи в ґрунті, а також створення однорідного за щільністю посівного шару.

2. Теоретичними дослідженнями встановлено, що досягнути зниження опору розпушування ґрунту в межах від 5 до 7 % можна за рахунок установки на лапу долота шириною від 10 до 20 % від ширини лапи та з трикутним носком для зменшення концентрації напруги. Крім того, встановлено залежність між радіусом

долота, швидкістю його руху та рівнем зупинки шару ґрунту. Так, при радіусі долота  $R = 0,3$  м і менше, швидкості руху до 3 м/с та глибині обробітку ґрунту до 16 см долото працює тільки в режимі розпушування. Аналогічний режим роботи буде при значенні радіуса долота  $R = 0,25$  м і менше, швидкості руху 2,5 м/с та глибині обробітку ґрунту до 10 см, а також при значенні радіуса долота  $R = 0,2$  м і менше, швидкості руху 2 м/с та глибині обробітку до 6,5 см. При приведених даних та глибині обробітку ґрунту меншій за вказані значення долото чизельної лапи буде працювати в режимі розпушення і розкидання ґрунту по поверхні поля.

3. В результаті експериментальних досліджень та обробки отриманих даних розроблені регресійні математичні моделі, які характеризують зміни енергетичних показників – витрати палива та агротехнічних показників – вирівняності поверхні поля та глибини його обробітку в залежності від конструктивно-технологічних параметрів – кута різання чизельної лапи культиватора, глибини установки вирівнюючі дисків та швидкості руху агрегату. Встановлено, що мінімальне значення енергомісткості обробітку ґрунту досягається при глибині установки дисків від 2 до 4 см. При цьому питомі витрати палива становлять від 9,5 до 13 кг/га при зміні кута різання чизельної лапи від 4 до 12 градусів, а агротехнічні показники – вирівняність поверхні поля змінюється в межах від 1,5 до 2 см, а глибина обробітку ґрунту – від 9 до 15 см.

4. Порівняльними дослідженнями гребнистості поверхні поля в залежності від складу агрегату, встановлено, що при мілкому обробітку ґрунту на глибину від 8 до 16 см під посів енергетичних та сидеральних культур розроблений агрегат Т-150К+КШН-3 забезпечив в умовах експерименту найбільш високу якість вирівнювання поверхні поля при русі зі швидкістю 5 км/год. Кінцева вирівняність поверхні поля склала 2,3 см, що на 50 % нижче вихідної вирівняності дослідної ділянки та на 30 % нижче, ніж у базового варіанту.

5. Встановлено, що при близьких у порівнянні з агрегатом ПЩН-2,5 агротехнічних показниках в області рекомендованих глибин обробітку від 8 до 16 см розроблений комбінований агрегат КШН-3 в агрегаті з колісним трактором Т-150К забезпечує агротехнічні показники якості роботи та зниження питомої витрати палива на величину від 15 до 16 %. Це обумовлене застосуванням схеми агрегування, що передбачає наявність ефекту протидії дискових робочих органів й котків – з одного боку, та чизельних лап – з іншого.

6. Напівпричепний комбінований чизельно-дисковий культиватор КШН-3 порівняно з базовим агрегатом ПЩН-2,5 забезпечує зменшення питомих експлуатаційних витрат на величину від 10 до 11 %, а при прогнозованому річному завантаженні близько 1000 годин на рік, термін його окупності не буде перевищувати 2 років.

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

1. Дубровін В., Мороз А. Застосування ґрунтообробної техніки в умовах недостатнього зволоження ґрунту // Техніка АПК. – № 11-12. – 2000. – С. 18-20.
2. Мельник І.І., Шостак А.В., Бондар С.М., Мороз А.І. Хронографічні дослідження механізованих процесів основного обробітку ґрунту // Сб. науч.



трудов. Вып. 2. – Керчь: КМТИ, 2001. – С. 85-90.

3. Камінський Я.Р., Дубровін В.О., Бабій В.П., Мироненко В.Г., Ботвиновський В.В., Мороз А.І. Аналіз механізованих технологій вирощування ріпаку // Науковий вісник НАУ, № 60. – К.: НАУ, 2003 – С. 177-180.

4. Дубровін В.А., Мироненко В.Г., Мороз А.І. Развитие рынка аграрной техники Украины // Зб. наук. праць ТДАТА. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип. 10. – С. 50-61.

5. Дубровін В., Мороз А., Ботвиновський В., Сушко Д., Скоробогатов Д. Диференціація технічних засобів для загортання сидеральних культур у ґрунт // Зб.наук.праць НАУ. – К.: НАУ, 2003. – № 15. – С. 20-26.

6. Білоткач М.П., Білоткач О.М., Ковальов В.Я., Мороз А.І. Комбіновані ґрунтообробно-посівні машини // Науковий вісник НАУ, № 73. – Част. 1. – К.: НАУ, 2004. – С. 260-265.

7. Іванюта М.В., Дубровін В.О., Мороз А.І. Перспективи розвитку сучасних комбінованих агрегатів // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2005. – № 80. – Ч. 1. – С. 33-38.

8. Мороз А.І., Мельник І.І., Голуб Г.А. Експериментальні дослідження комбінованого культиватора для мілкового обробітку ґрунту // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2006. – № 95. – Ч. 1. – С. 200-207.

9. Мороз А.І. Динаміка руху ґрунту поверхнею долота // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2006. – № 95. – Ч. 2. – С. 342-347.

10. Патент України N 39011А. Культиватор-сівалка / Ковтун В.Й., Дубровін В.О., Ботвиновський В.В., Мороз А.І. // Промислова власність. – 2001. – Бюл. 4.

11. Деклараційний патент України N 13360. Чизельний робочий орган / Мороз А.І., Ботвиновський В.В., Дубровін В.О., Тищенко С.С. // Промислова власність. – 2006. – Бюл. 3.

12. Деклараційний патент України N 19785. Ґрунтообробний агрегат / Білецький В.Р., Дубровін В.О., Шелудченко Б.А., Кухарець С.В., Мороз А.І. // Промислова власність. – 2006. – Бюл. 11.

### АНОТАЦІЯ

**Мороз А.І. Обґрунтування параметрів чизельно-дискового культиватора для комбінованого мілкового обробітку ґрунту. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового степеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Національний аграрний університет, Київ, 2006.

Дисертація присвячена питанням теоретичного і експериментального дослідження параметрів взаємного розміщення робочих органів чизельно-дискового культиватора при мілкому обробітку ґрунту. В результаті проведених досліджень встановлено, що при застосуванні комбінованого чизельно-дискового культиватора, у якого відповідним чином підібрані групи робочих органів, які мають протилежно спрямовані реакції ґрунту та переміщення, можливо реалізувати ефективну технологічну схему, котра дозволяє істотно покращити якість обробітку ґрунту та зменшити питому енергомісткість процесу за

рахунок взаємної компенсації протилежно спрямованих зусиль та переміщень ґрунту. Встановлено, що головними перевагами комбінованого чизельно-дискового культиватора є заміна 3-4 одноопераційних агрегатів, скорочення витрат пального, праці, строків виконання робіт, збереження вологи в ґрунті, а також створення однорідного за щільністю посівного шару. Обумовлені режими розпушення і розкидання ґрунту долотом. Встановлено, що мінімальне значення енергомісткості обробки ґрунту досягається при глибині установки дисків у межах від 2 до 4 см. При цьому, питомі витрати палива становлять від 9,5 до 13 кг/га при зміні кута лапи від 4 до 12 градусів, а агротехнічні показники – середньоквадратичне відхилення нерівностей поверхні ґрунту змінюється в межах від 1,5 до 2 см, глибина обробітку ґрунту – від 9 до 15 см. Напівпричепний комбінований чизельно-дисковий культиватор КШН-3 порівняно з базовим агрегатом ПЩН-2,5 забезпечує зменшення питомих експлуатаційних витрат на величину від 10 до 11 %, а при прогнозованому річному завантаженні близько 1000 годин на рік, термін його окупності не буде перевищувати 2 років.

**Ключові слова:** мілкий обробіток ґрунту, культиватор, параметри робочих органів, чизельний робочий орган, взаємне розміщення робочих органів.

### АННОТАЦИЯ

**Мороз А.И. Обоснование параметров чизельно-дискового культиватора для комбинированной мелкой обработки почвы.** – Рукопись.

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

Диссертация посвящена вопросам теоретического и экспериментального исследования параметров взаимного размещения рабочих органов чизельно-дискового культиватора при мелкой обработке почвы. В результате проведенных исследований установлено, что при применении комбинированного чизельно-дискового культиватора, у которого соответствующим образом подобраны группы рабочих органов, которые имеют противоположно направленные реакции ґрунта и перемещение, возможно реализовать эффективную технологическую схему, которая позволяет существенным образом улучшить качество обработки почвы и уменьшить удельную энергоемкость за счет взаимной компенсации противоположно направленных усилий и перемещений ґрунта. Установлено, что основными преимуществами комбинированного чизельно-дискового культиватора есть замена 3-4 однооперационных агрегатов, сокращение затрат горючего, работы, сроков выполнения работ, сохранение влаги в почве, а также создание однородного за плотностью посевного слоя.

Достичь снижения сопротивления рыхления почвы в пределах от 5 до 7 % можно за счет установки на лапу долота шириной от 10 до 20 % от ширины лапы и с треугольным носком для уменьшения концентрации напряжения. Кроме того, установлена зависимость между радиусом долота, скоростью его движения и

уровнем остановки слоя почвы. Определены режимы при которых долото чизельной лапы может работать в режиме рыхления и разбрасывания почвы по поверхности. В результате экспериментальных исследований и обработки полученных данных получены регрессионные математические модели, которые характеризуют изменения энергетических показателей – расхода топлива и агротехнических показателей – среднеквадратичного отклонения неровностей поверхности почвы и глубины ее возделывания в зависимости от конструктивно-технологических параметров – угла лапы культиватора, глубины установки дисков и скорости движения агрегата. Минимальное значение энергоемкости обработки почвы достигнуто при глубине установки дисков на 2 – 4 см. При этом, удельные затраты топлива составляют от 9,5 до 13 кг/га при изменении угла лапы от 4 до 12 градусов, выравненность поверхности почвы – от 1,5 до 2 см, а глубина обработки – от 9 до 15 см.

При близких, в сравнении с агрегатом ПЩН-2,5, агротехнических показателях в области рекомендованных глубин возделывания, от 8 до 16 см, разработанный комбинированный агрегат ККН-3,3 в агрегате с колесным трактором Т-150К обеспечивает агротехнические показатели качества работы и снижение удельного расхода топлива на величину от 15 до 16 %. Это обусловлено применением схемы агрегатирования, которая предусматривает наличие эффекта противодействия дисковых рабочих органов выглублению из почвы лап. Полуприцепной комбинированный чизельно-дисковый культиватор КШН-3 сравнительно с базовым агрегатом ПЩН-2,5 обеспечивает уменьшение удельных эксплуатационных затрат на величину от 10 до 11 %, а при нормативной годовой загрузке около 1000 часов, срок его окупаемости не будет превышать 2 лет.

**Ключевые слова:** мелкая обработка почвы, культиватор, параметры рабочих органов, чизельный рабочий орган, взаимное размещение рабочих органов.

## SUMMARY

**Anatoly Moroz. The Parameters of Chisel-Disk Cultivator for the Combined Shallow Soil Tillage.** – Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences in speciality number 05.05.11 – Farm Mechanization of Agricultural Production. – National Agricultural University, Kyiv, 2006.

Dissertation is devoted to the questions of theoretical and experimental research of parameters of the mutual placing of working organs of chisel-disk cultivator at shallow soil tillage. It is proved as a result of the conducted researches, that at application of the combined chisel-disk cultivator, in which properly neat groups of working organs which have the oppositely directed reactions and moving, it is possible to realize an effective technological chart which allows substantially to improve qualities of soil tillage and to decrease the specific process due to mutual indemnification of the oppositely directed efforts and soil moving. It is set that replacement of 3-4 aggregates is above all advantages of the combined cultivator, cutback of spending of fuel, labor, terms of implementation of works, saving of moisture in soil, and also creation of sowing layer homogeneous after closeness. It is set that minimum value of soil tillage is achieved at the depth of setting of disks in the distance from 2 to 4 sm. Thus, the specific expenditure of fuel account for from 9,5 to 13 kg/he at the change of corner of paw from 4 to 12 degrees. The combined chisel-disk cultivator KSN-3 comparatively with the base aggregate PSN-2,5 provides decreasing specific running expenses on a size from 10 to 11 % and at the prognosis annual load about 1000 hours, the term of his decampment will not exceed 2 years.

**Keywords:** shallow soil tillage, cultivator, parameters of working parts, chisel working part, mutual placing of working tools.