

УДК 631.358:633.521

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ГОЛЧАСТОЇ БОРОНИ

**В. О. Шейченко**, *д. т. н., завідувач відділу,*

*e-mail: vsheychenko@mail.ru, тел.: +38-050-383-95-32*

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»;*

**Г. А. Хайліс**, *д.т.н., професор – Луцький національний технічний університет;*

**В. В. Шевчук**, *к.т.н.;*

**М. В. Шевчук**, *аспірант – Уманський національний університет садівництва*

### Резюме

**Мета.** Підвищення якості обробітку ґрунту завдяки вдосконаленню технологічних процесів і конструкції голчастої бороны, кут загострення голок якої може змінюватися; визначення значень тягового опору експериментальної секції голчастої бороны.

**Методика.** Методика проведення досліджень включала вибір ділянки з характерним для даного поля покриттям. Тяговий опір секцій серійної та експериментальної бороны, розміщених на загальній рамі, визначали за умови встановлення на експериментальній секції голок з різним кутом конусності ( $5^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$  і  $9^{\circ}$ ).

В експериментальних дослідженнях використовували площинний спосіб, який забезпечує визначення результуючої сили, що діє між трактором і знаряддям, в одній площині (поздовжньо – вертикальній); визначали залежність горизонтальної і вертикальної складових тягового опору від глибини обробітку ґрунту, швидкості руху агрегату і кута загострення голок (трифакторний експеримент).

**Результати.** Відзначено, що експериментальна секція голчастої бороны задовільно виконує технологічний процес поверхневого обробітку ґрунту.

В порівнянні з серійною секцією УСМК-5,4 результуючий тяговий опір експериментальної секції був менше для голок з кутом конусності  $5^{\circ}$

на 30%, а для голок з кутом  $7^{\circ}$  на 17%. Для голок з кутом конусності  $9^{\circ}$  значення результуючого тягового опору відповідало тяговому опору серійної секції з відхиленням  $\pm 2\%$ .

Оптимальними і допустимими режимами роботи агрегату з експериментальною секцією голчастої бороны, обґрунтованими за критерієм мінімуму витрат енергії та якості виконання технологічного процесу, є режими, при яких поступальна швидкість руху складає 2.77-3.05 м/с, кут загострення голки  $7^{\circ}$ .

**Висновки.** 1. За результатами досліджень експериментальної секції голчастої бороны встановлено, що її результуюче значення тягового опору в порівнянні з серійною секцією УСМК-5,4 було менше для голок з кутом загострення  $5^{\circ}$  на 30%, кутом  $7^{\circ}$  на 17%. Для голок з кутом загострення  $9^{\circ}$  значення результуючого тягового опору відповідало тяговому опору серійної секції з відхиленням  $\pm 2\%$ .

2. Отримано рівняння регресії і побудовано залежності, які описують взаємозв'язок між зусиллям опору і кутом загострення, швидкістю і глибиною занурення голки. Глибина занурення голки в ґрунт є найбільш вагомим фактором, який впливає на значення сили опору.

**Ключові слова:** голчаста бороны, голка голчастої бороны, тяговий опір, глибина обробітку ґрунту, швидкість руху агрегату.

UDC 631.358:633.521

## TRACTION RESISTANCE NEEDLE HARROW

**V. O. Sheychenko**, *Doctor of Science, leader department,*  
*e-mail: vsheychenko@mail.ru, Tel.: +38-050-383-95-32,*  
*National Scientific Center "Institute for Agricultural Engineering and Electrification"*  
**G. A. Haylis**, *Doctor Sc. science, Prof. – Lutsk National Technical University,*  
**V. V. Shevchuk**, *candidates whith Engineering. Science,*  
**M. V. Shevchuk**, *graduate student– Uman National University of Horticulture*

### Summary

**Purpose.** The purpose of research, improve the quality of soil treatment by improving technological processes and design needle harrows, wedge angle of needles which can vary; Determination of resistance to traction experimental section needle harrow.

**Methods.** The methodology of the study includes site selection with the characteristic of the field covered. Traction resistance and serial sections experimental harrow mounted on a common frame determined when installed in the experimental section of the needle with a different cone angle ( $5^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$  and  $9^{\circ}$ ). In experimental studies using a planar process, which provides for determining the resultant force acting between the tractor and the implement, in one plane (longitudinally – vertical dependence of the horizontal and vertical components of the traction resistance of the working depth of the soil, the speed of movement of the unit and the angle of taper needles (three-factor experiment).

**Results.** It is noted that the experimental section of the needle harrow performs satisfactorily process the surface treatment of the soil. Compared with the serial section Administration of Main Canals-5.4, the resulting tractive resistance experimental section was less than for needles with taper angle of  $5^{\circ}$

to 30%, and the needle with an angle of  $7^{\circ}$  to 17%. To sharpen the needle at an angle of  $9^{\circ}$  the value of the resulting traction resistance corresponded to the draft of the serial sections with a tolerance of  $\pm 2\%$ . Optimal and acceptable modes of operation of the unit with the experimental section of the needle harrows, founded on the criterion of minimum energy consumption and quality of process are modes in which the translational movement speed of 2.77-3.05 m/s, wedge angle of the needle  $7^{\circ}$ .

**Conclusions.** 1. According to the research section of the experimental needle harrows found that the resulting value of its traction resistance compared to the serial section Administration of Main Canals-5.4 was lower for needles with an angle of taper of  $5^{\circ}$  to 30% at  $7^{\circ}$  to 17%. To sharpen the needle at an angle of  $9^{\circ}$  the value of the resulting traction resistance corresponded to the draft of the serial sections with a tolerance of  $\pm 2\%$ . 2. The resulting regression equation and constructed according to describe the relationship between effort and resistance taper angle, speed and immersion depth of the needle. Immersion depth of the needle into the soil is the most important factor that affects the value of the resistance force.

**Key words:** *needle harrow, harrow of needle, pulling resistance, tillage depth, the speed of the machine*

УДК 631.358:633.521

## ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ

**В. А. Шейченко**, *д.т.н, заведующий отделом,*  
*e-mail: vsheychenko@mail.ru, тел.: +38-050-383-95-32,*  
*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»;*

**Г. А. Хайлис**, *д.т.н., профессор – Луцкий национальный технический университет;*

**В. В. Шевчук**, *к.т.н.,*

**М. В. Шевчук**, *аспирант – Уманский национальный университет садоводства*

### Резюме

**Цель.** Повышение качества обработки почвы благодаря усовершенствованию технологических процессов и конструкции игольчатой бороны, угол заострения игл которой может

изменяться; определение значений тягового сопротивления экспериментальной секции игольчатой бороны.

**Методика.** Методика проведения исследований включала выбор участка с характерным

для даного поля покритим. Тягове спротивлення секцій серійної і експериментальної борон, установлених на загальній рамі, визначали при умови установки на експериментальній секції игл з різним кутом конуса ( $5^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$  і  $9^{\circ}$ ).

В експериментальних дослідженнях використовували плоскостний спосіб, який забезпечує визначення результуючої сили, діючої між трактором і оруддям, в одній площині (продольно – вертикальній). Визначали залежність горизонтальної і вертикальної складових тягового спротивлення від глибини обробки ґрунту, швидкості руху агрегату і кута заострення игл (трифакторний експеримент).

**Результати.** Зазначено, що експериментальна секція иглою борони задовільно виконує технологічний процес поверхневої обробки ґрунту.

За порівнянням з серійною секцією УСМК-5,4, результуюче тягове спротивлення експериментальної секції було менше для игл з кутом заострення  $5^{\circ}$  на 30%, а для игл з кутом  $7^{\circ}$  на 17%. Для игл з кутом заострення  $9^{\circ}$  значення результуючого тягового спротивлення відповідає тяговому спротивленню серійної секції з відхиленням  $\pm 2\%$ .

### Проблема

Зусилля науковців, які направлені на зменшення тягового і питомого опору сільськогосподарських машин, здійснюються завдяки постійним дослідженням більш досконалих з точки зору енергоємності робочих органів і технологій проведення польових робіт.

Усі фактори, які впливають на тяговий опір машини, можна класифікувати наступним чином: природно-кліматичні (тип і стан ґрунту, рельєф, кам'яність, метеорологічні умови); конструкційні (тип, форма та кількість робочих органів, матеріал, з якого вони виготовлені та технології виготовлення, вага машини, тип і конструкція ходового апарату тощо); експлуатаційні (технічний стан машини, правильність регулювань, ступінь зношення робочих органів тощо).

Саме тому, дослідження, які направлені на покращення якісних і енергетичних показників технологічних процесів обробки ґрунту голчастими боронами, кут заострення голок яких може змінюватися, особливо за умов їх застосування для мілкої поверхневої розпушування ґрунтів в природно-

оптимальними і допустимими режимами роботи агрегату з експериментальною секцією иглою борони, обґрунтованими за критерієм мінімуму витрат енергії і якості виконання технологічного процесу, є режимами, при яких поступальна швидкість руху становить 2.77-3.05 м/с, кут заострення игли  $7^{\circ}$ .

**Висновки.** 1. За результатами досліджень експериментальної секції иглою борони встановлено, що її результуюче значення тягового спротивлення за порівнянням з серійною секцією УСМК-5,4 було менше для игл з кутом заострення  $5^{\circ}$  на 30%, кутом  $7^{\circ}$  на 17%. Для игл з кутом заострення  $9^{\circ}$  значення результуючого тягового спротивлення відповідає тяговому спротивленню серійної секції з відхиленням  $\pm 2\%$ .

2. Отримані рівняння регресії і побудовані залежності описують взаємозв'язок між силою спротивлення і кутом заострення, швидкістю і глибиною занурення игли. Глибина занурення игли в ґрунт є найбільш важливим фактором, який впливає на значення сили спротивлення.

**Ключові слова:** иглою борона, игла иглою борони, тягове спротивлення, глибина обробки ґрунту, швидкість руху агрегату.

кліматичних зонах, які схильні до вітрової ерозії, є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Технологічний процес ротатійних робочих органів типу голчастий диск, голчаста мотика полягає в тому, що при вільному перекиданні їх в шарі ґрунту голки входять в нього, зминаючи і зриваючи його в напрямку обертання, частково відкидаючи його назад і на боки, здійснюючи розпушування пласта, кришіння брил, зароблення рослинних решток і часткове витягування їх з ґрунту, а також знищуючи бур'яни і розрівнюючи нерівності мікрорельєфу [1-3].

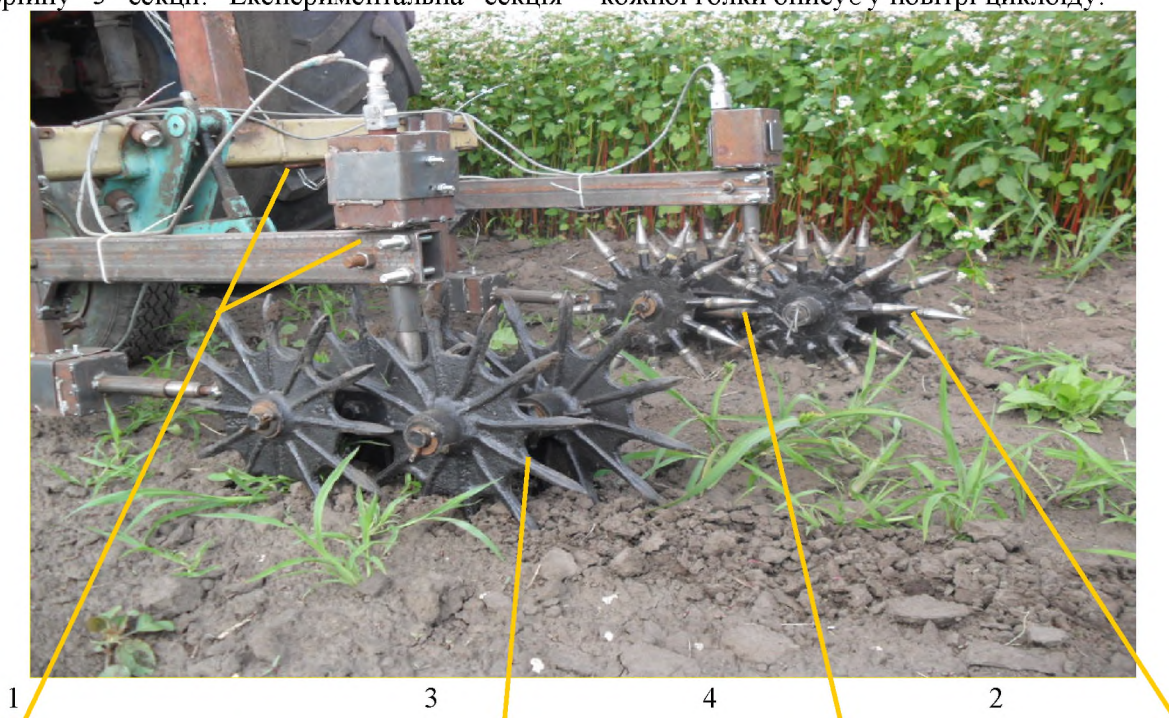
Кінематику ротатійних робочих органів, зокрема дискових, розглядали багато дослідників. Найбільш повний аналіз кінематики сферичних дисків різних типів з необхідними вихідними даними для розрахунку і конструювання дискових машин наведено у [4-7].

Проте дослідження залежності горизонтальної і вертикальної складових тягового опору голчастих дисків без приводної дії від глибини обробки ґрунту, швидкості руху агрегату та кута заострення голки, на наш погляд, ще недостатньо вивчено.

**Мета досліджень** – підвищення якості обробітку ґрунту завдяки вдосконаленню технологічних процесів та конструкції голчастої борони, кут загострення голок яких може змінюватися, уточненню показників горизонтальної і вертикальної складових тягового опору.

**Методика досліджень.** Дослідження процесу оброблення ґрунту експериментальною та серійною секціями голчастої борони проводили на експериментальній установці (рис. 1), яка включала в себе основну раму 1, на якій встановлено експериментальну 2 та серійну 3 секції. Експериментальна секція

голчастої борони складається із ряду голкових дисків 4 (рис.1), осі яких жорстко зв'язані одна з одною. Кожний диск має ступицю 5, вісь 6, втулку 7 та голки 8, жорстко з'єднанні із ступицею. Голка 8 являє собою радіально закріпленій на диску прямолінійний стрижень, форма якого в середній частині близька до циліндричної; в кінцевій частині кожна голка виконана у вигляді конуса і закінчується вістрям. Для підвищення жорсткості голки у середній її частині можуть бути виконані одночасно з ребрами жорсткості. При русі дисків з голками кінець кожної голки описує у повітрі циклоїду.



**Рис. 1.** Експериментальна установка для експлуатаційно-технологічної та енергетичної оцінки секції голчастої борони: 1–рама; 2– експериментальна секція ; 3– серійна секція; 4– диск голок  
**Fig. 1.** Experiental installation for ekspluatation-tehnology and energy mark section needle harrow: 1– frame; 2- experiental section; 3- serial section; 4- golok drive

Під час руху експериментальної установки диск з голками обертається навколо осі, яка закріплена на рамі 1. Аналогічно на окремій осі закріплено секцію серійного культиватора, яка також обертається навколо власної осі. Експериментальна установка забезпечує рух секцій на однаковій висоті від поверхні ґрунту.

Методика проведення досліджень включала вибір ділянки з характерним для даного поля покриттям. Тяговий опір секцій серійної і експериментальної борін, встановлених на спільній рамі, визначали за умов встановлення на експериментальній секції голок з різним

кутом конуса ( $5^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$  і  $9^{\circ}$ ). Агрегування здійснювали трактором МТЗ-80. Кількість повторностей – три. Мінімальна довжина шляху агрегату складала 40 м. Її визначено із умов, щоб допустима похибка не перевищуватиме 2%, а надійність дорівнювала 0,95.

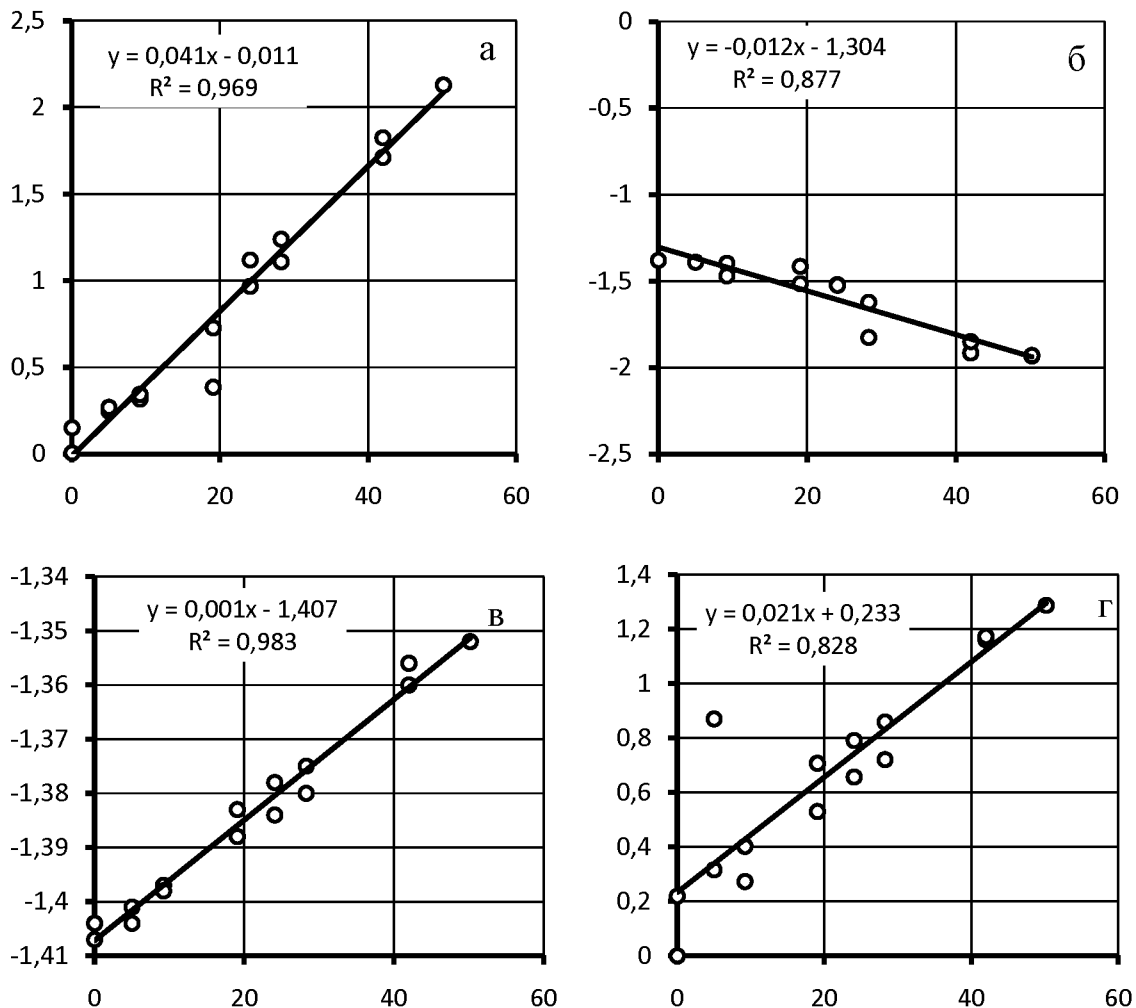
В експериментальних дослідженнях використовували площинний спосіб, який забезпечує визначення результуючої сили, що діє між трактором та знаряддям, в одній площині (поздовжньо-вертикальній). Метод (динамометричних) тензометричних рамок представляє собою одну із схем динамометричного трактора. При цьому спеціальна пластина розташована на

рамці, до якої кріпиться випробувана секція і має тільки одну ступінь вільності: в поздовжньому або вертикальному напрямку. Ця ступінь вільності обмежується сило-вимірною тензоланкою. Тензометричне обладнання включало тензорезистори КФ -4,5, два опори по 100 Ом кожен, реохорд дротяний, графобудівник Н 303/1, батарею 10 В, з'єднувальні дроти.

Визначали залежність горизонтальної і вертикальної складових тягового опору від глибини обробки, швидкості руху агрегату

та кута загострення голки (трифакторний експеримент).

**Результати досліджень.** Програма експериментальних досліджень передбачала проведення тарування датчиків, які встановлено на експериментальній установці, за результатами якого побудовано тарувальні діаграми (рис. 2), якими встановлено залежність показів приладу від значень вимірної величини (горизонтальні і вертикальні складові сили опору серійної – *a*) та експериментальної – *б*) секцій голкової борони.



**Рис. 2.** Тарувальні криві горизонтальної і вертикальної складових сили опору експериментальної серійної – *a*, *б* та серійної – *в*, *г* секцій голкової борони

**Fig. 2.** A calibration curves horizontal and vertical components of the resistance of the experimental series - *a*, *b*, and continuous - *в*, *г* needle harrow sections

Дослідження з визначення тягового опору проведено на трьох швидкостях 1,9 м/с, 2,77 та 3,05 м/с. Результати досліджень з визначення сили опору серійної (секція

культиватора-розпушувача УСМК-5,4) та експериментальної секції голчастої борони наведено на рисунках 3 – 5.



Таблиця. Умови випробувань  
Table. Test conditions

Показник	Значення показника	
Склад агрегату	Серійна + секція експериментальної голчатої борони	
	Секція УСМК-5,4	секція експериментальної голчатої борони
Вид роботи	Поверхневий обробіток ґрунту	Поверхневий обробіток ґрунту
Умови роботи:		
- Тип ґрунту		
- вологість ґрунту в шарі від 0 до 15 см, %	19,5-27,2	19,5-27,2
- твердість ґрунту в шарі від 0 до 15 см;		
МПА	0,29-1,28	0,29-1,28
- засміченість бур'янами в зоні обробітку,		
шт/м <sup>2</sup>	18	18
- висота бур'янів, см	5,6	5,6
Режим роботи:		
- робоча швидкість, км/год	1,9; 2,77; 3,05	1,9; 2,77; 3,05
- глибина обробітку, см	4; 6; 8	4; 6; 8
Термін виконання робіт	03.07.2014	
Показники якості виконання технологічного процесу:		
- підрізання (знищення) бур'янів, %	97,9	98,5
- якість розпушування ґрунту (розміри фракцій до 25 мм), %	88,4	
голка з кутом загострення:		
- 5°		88,2
- 7°		90,5
- 9°		93,5

За результатами досліджень встановлено, що збільшення глибини та швидкості обробітку ґрунту призводить до зростання результуючого тягового опору для усіх голок (рис. 3). Відзначено, що експериментальна секція голчатої борони задовільно виконує технологічний процес в умовах, що спостерігалися під час проведення досліджень і були типовими для проведення поверхневого обробітку ґрунтів.

Результуюча сила опору експериментальної секції голчатої борони, яка складалася із дисків з голками різних кутів загострення (5°; 7°; 9°), на усіх режимах випробувань (швидкостях 1,9 – 3,05 м/с; глибині оброблення 4 - 8 см) була меншою за аналог.

В порівнянні із серійною секцією УСМК-5,4 результуючий тяговий опір експериментальної секції був менший для голок з кутом загострення 5° на 30%, а для голок з кутом 7° – на 17%. Для голок з кутом загострення 9° значення результуючого тягового опору дорівнює тяговому опору серійної секції з відхиленням ± 2%.

Встановлено, що із збільшенням глибини обробітку ґрунту інтенсивність зростання сил опору вища на 24 %, ніж при меншій глибині обробітку ґрунту. При збільшенні середньої швидкості секції від 1,90 м/с до 3,05 м/с зростає результуюча сила тягового опору секції.

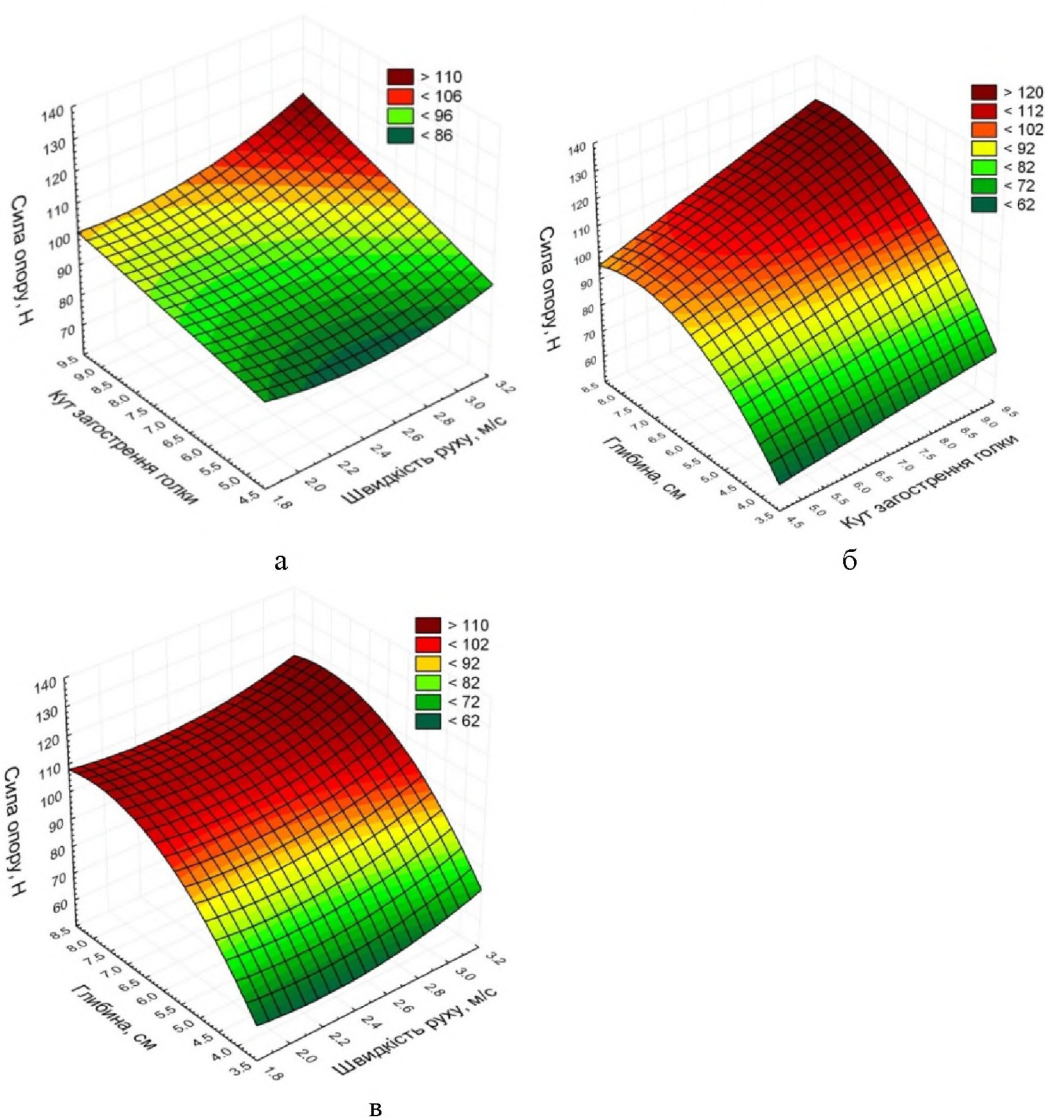
Аналіз наведених двовимірних перерізів показує (рис.4, рис. 5), що із збільшенням швидкості руху та глибини обробітку ґрунту значення результуючої сили опору для серійної і експериментальної секцій зростає. Встановлено, що збільшення швидкості від 1,9 м/с до 3,05 м/с призводить до зростання результуючої сили тягового опору для секції на глибині 4 см з кутом загострення голки: 5° на 16%, 7° – на 11%, 9° – 6%; на глибині 6 см: 5° на 7%, 7° – 7%, 9° – 14%; на глибині 8 см: 5° на 5%, 7° – 12%, 9° – 24% відповідно. Збільшення глибини обробітку ґрунту від 4 до 8 см призводить до зростання результуючої сили тягового опору для секції з кутом загострення голки 5° на 33-47%, 7° – 45-47%, 9° – 37-61%. В середньому збільшення швидкості руху призводить до зростання

тягового опору на 5-24%, а глибини обробітку ґрунту на 37-61%.

В порівнянні із серійною секцією тяговий опір експериментальної був менший для голок з кутом загострення  $5^\circ$  на 2-30%,  $7^\circ$  – 4-17%. Для голок з кутом загострення  $9^\circ$  значення результуючого тягового опору приблизно дорівнювало тяговому опору серійної секції УСМК 5,4.

Отримано рівняння регресії, які встановлюють значення зусилля опору від таких факторів: кут загострення голки, швидкість та глибина занурення голки:

$Y = -81,48 + 3,83 \cdot \alpha + 39,84 \cdot h + 4,66 \cdot v - 2,58 \cdot h^2$ .  
Аналізуючи рівняння регресії та побудовані за ним залежності (рис. 3), дійшли висновку, що збільшення кута призводить до зростання сили опору, що діє на ґрунт та одночасно здійснює його руйнування.

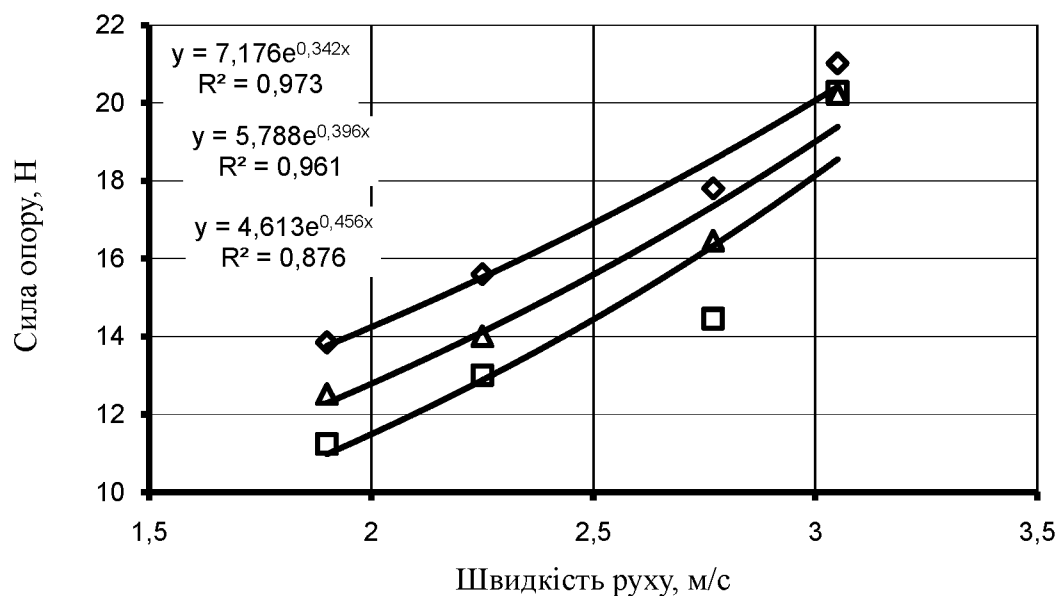


$$Y(\text{зусилля}) = -81,48 + 3,83 \cdot \alpha(\text{кут}) + 39,84 \cdot h(\text{глибина}) + 4,66 \cdot v(\text{швидкість}) - 2,58 \cdot h^2(\text{глибина}^2)$$

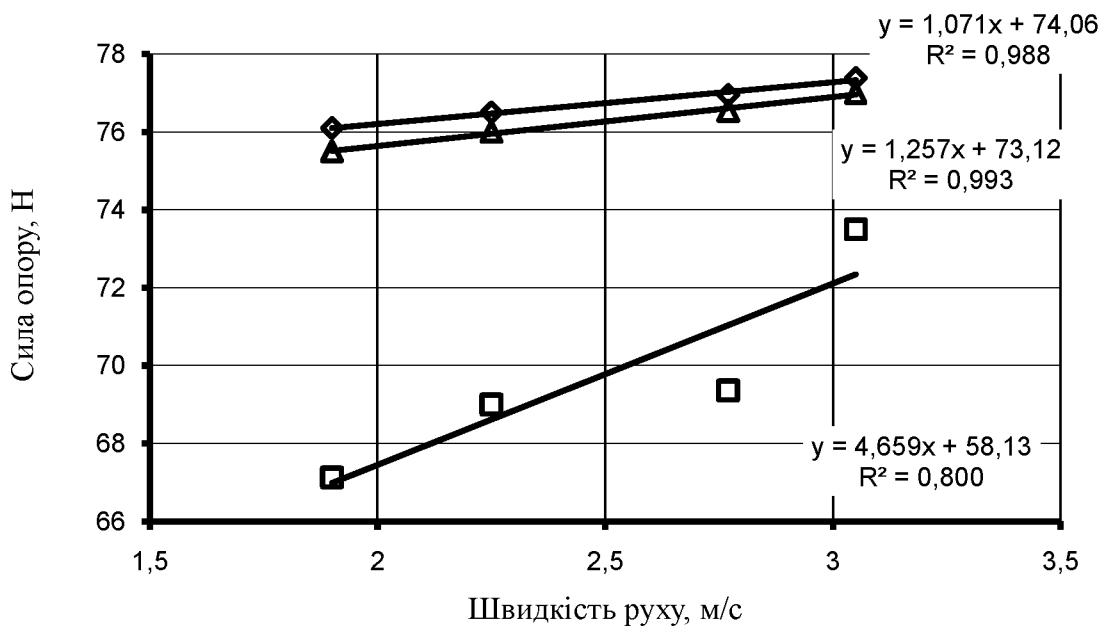
$$R^2 = 0.8978$$

**Рис. 3.** Залежність результуючої сили опору експериментальної секції голкової борони від швидкості руху та кута загострення (а); глибини занурення та кута загострення голки (б); глибини занурення та швидкості руху (в)

**Fig. 3.** The dependence of the resistance of the resulting experimental section harrows needle on the speed and angle of exacerbation (a); immersion depth and angle sharpening needles (b); immersion depth and speed (v)



**Рис. 4.** Порівняльна характеристика горизонтального навантаження: 1 – серійна секція; 2 – експериментальна секція з голками 5°; 3 – експериментальна секція з голками 9°  
**Fig. 4.** Comparative characteristics of horizontal loads: 1 – serial section; 2 – the experimental section of the needles 5°; 3 – experimental section with needles 9°



**Рис. 5.** Порівняльна характеристика вертикального навантаження: 1 – серійна секція; 2 – експериментальна секція з голками 5°; 3 – експериментальна секція з голками 9°  
**Fig. 5.** Comparative characteristics of vertical load: 1 – serial section; 2 – the experimental section of the needles 5°; 3 – experimental section with needles 9°

За умов малого значення кута конусності менше буде і значення зусилля, під дією якого голка проникає у ґрунт і руйнує його. Глибина занурення голки у ґрунт є найбільш

вагомим фактором, який впливає на значення сили опору.

Встановлено, що за показником якості розпушування ґрунту усі робочі органи експе-



риментальної установки задовільно виконують технологічний процес і відповідають вимогам ТУ (не менше 80%). Збільшення кута загострення голки призводить до підвищення показника якості розпушування: для голки із кутом загострення  $5^{\circ}$  цей показник складає 88,2%,  $7^{\circ}$  – 90,5,  $9^{\circ}$  – відповідно 93,5%.

Після реалізації запланованих дослідів і розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії отримано лінійні моделі параметрів енергетичної оцінки (тягового опору) серійної і експериментальної секцій голчастої борони.

Отримані рівняння регресії та їх графічне інтерпретування (рис. 4 – 5) показали, що із збільшенням швидкості руху та кута загострення тяговий опір зростає.

Оптимальними і допустимими режимами роботи агрегату із експериментальною секцією голчастої борони, обґрунтованими за критерієм мінімуму затрат енергії і якості виконання технологічного процесу є такий режим, при якому поступальна швидкість складає 2,77-3,05 м/с, кут загострення голки  $7^{\circ}$ .

Використання голчастої борони на поверхневому розпушуванні ґрунту при рекомендованих режимах показав, що якість розпушування ґрунту (розміри фракцій до 25 мм), складає 90,5% для голки з кутом загострення  $7^{\circ}$ , а тяговий опір зменшується на 4-17%.

Оцінка однорідності результатів проводилася шляхом нормування дослідних

даних, яка складалася у визначенні стандартного відхилення від середнього значення і перерахунку даних за цією шкалою. Величини, що перевищують два стандартних відхилення, вважалися такими, що не належать загальній сукупності в результаті дії на них інших факторів [13].

Перевірка підпорядкування розподілу експериментальних даних нормальному закону проводилася за критеріями Колмогорова, омега-квадрат і хі-квадрат [13].

#### Висновки.

1. За результатами досліджень експериментальної секції голчастої борони встановлено, що її результуючий тяговий опір у порівнянні із серійною секцією УСМК-5,4 був менший для голок з кутом загострення  $5^{\circ}$  на 30%, а з кутом  $7^{\circ}$  на 17%. Для голок з кутом загострення  $9^{\circ}$  значення результуючого тягового опору дорівнює тяговому опору серійної секції з відхиленням  $\pm 2\%$ . Встановлено, що збільшення швидкості руху призводить до зростання тягового опору на 5-24%, а глибини обробітку ґрунту на 37-61%.

2. Отримано рівняння регресії та побудовано залежності (рис. 3-5), які описують взаємозв'язок між зусиллям опору та кутом загострення, швидкістю та глибиною занурення голки. Глибина занурення голки у ґрунт є найбільш вагомим фактором, який впливає на значення сили опору.

#### Бібліографія

1. Панов И.М., Мелихов В.В. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М.: Агропромиздат., 1963. - 31 с.
2. Сизов О.А. К вопросу определения удельной работы резанием. – М.: МИИСП, Т. 5. – 1970. – 436 с.
3. Босой Е.С. Режущие аппараты для работы на повышенных скоростях // Тракторы и сельхозмашины. – 1961. – №8. – С. 32–35.
4. Ветехин В.И. Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы [Текст]: дис. д-ра. техн. наук 05.05.11 / В.И. Ветехин ; Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ОАО «Научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячкина» ОАО «ВИСХОМ». – Киев; Москва. – 2010. – 284 с.
5. Гуков Я.С. Механіко-технологічне обґрунтування засобів для механізації обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в Україні: дис.д-ра. техн. наук / ІМЕСТ УААН. – Глеваха, 1998. – 386 с. з дод.
6. Dehondt lance sa nouvelle attacheuse de lin // Le courrier cauchois. Vendredi 27 juin 2008. – P. 5 –6.

7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (Ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків. ОКО. – 2001. – 444 с.

8. Кушнарєв С.А. Обоснование энерго-сберегающего технологического процесса обработки почвы и параметров упругих рабочих органов для условий Южной степной зоны Украины: Дис. канд. техн. наук / ИМЭСХ УААН. – Глеваха, 1998. – 194 с.

9. Хайліс Г., Шевчук В.В., Шевчук В.Г. / Про вплив ряду факторів на зусилля, необхідного для занурення в ґрунт голок голчастої борони // Техніка і технологія АПК. – 2012. – № 12. – С. 17-18.

10. Хайліс Г., Шевчук В., Толстушко Н. / Особенности плоскопараллельного движения дисков игольчатой бороны по почве// Зб. наук. статей „Сільськогосподарські машини”, Вип.23, м.Луцьк, 2012. С. 45-49.

11. Шевчук В. / О взаимодействии с почвой движущихся игл игольчатой бороны // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки », Вип. 40, – Луцьк, 2013. – С. 87-89.

12. Шейченко В.О., Хайліс Г.А., // Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання. Монографія. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2014.- 240 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.

#### References

1. Panov Y.M., Melykhov V.V. Rotatsionnye pochvoobrabatyvaiuschie mashyny u orudyia. M.: Ahropromyzdat., 1963. - 31 s.

2. Syzov O.A. K voprosu opredeleniya udelnoi raboty rezanyem. – M.: MYYSP, T. 5. – 1970. – 436 s.

3. Bosoi E.S. Rezhushche apparaty dlia raboty na povyshennykh skorostiakh // Traktory y selkhoz mashyny. – 1961. – №8. – S. 32–35.

4. Vetokhyn V. Y. Systemnye y fizyko-mekhanicheskye osnovy proektyrovaniia rukhlytelei pochvu: dys.d-ra. tekhn. nauk 05.05.11 / V.Y. Vetokhyn ; Natsionalnyi tekhnicheskyy unyversytet Ukrainy «Kyevskyy polytekhnicheskyy instytut», OAO «Nauchno-issledovatel'skyy instytut sel'skokhoziaistvennogo mashynostroeniia im. V.P. Horiachkina» OAO «VYSKOM». – Kyev; Moskva. – 2010. – 284 s.

5. Hukov Ya.S. Mekhaniko–tekhnologichne obhruntuvannia zasobiv dlia mekhanizatsii obrobittu hruntu pry vyroschuvanni silskohospodarskykh kultur v Ukraini: dys.d-ra. tekhn. nauk / IMESH UAAN. – Hlevakha, 1998. – 386 s. z dod.

6. Dehondt lance sa nouvelle arracheuse de lin//Le courrier cauchois. Vendredi 27 juin 2008. – S. 5–6.

7. Zaika P.M. Teoriia silskohospodarskykh mashyn. T. 1 (Ch. 1). Mashyny ta znariaddia dlia obrobittu gruntu. – Kharkiv. OKO. – 2001. – 444 s.

8. Kushnarev S.A. Obosnovanye enerhosberehaiuscheho tekhnologicheskoho protsessa obrabotky pochvy y parametrov upruhykh rabochykh orhanov dlia uslovyi Yuzhnoi stepnoi zony Ukrainy: Diss.... kand.tekhn. nauk / YMESG UAAN. – Hlevakha, 1998. – 194 s.

9. Khailis H., Shevchuk V.V., Shevchuk V.H. / Pro vplyv riadu faktoriv na zusyllia, neobkhidnoho dlia zanurennia v hrunt holok holchatoi borony // Tekhnika i tekhnolohiia APK. – 2012. – № 12. – S. 17-18.

10. Khailys H., Shevchuk V., Tolstushko N. / Osobennosty ploskoparallelnoho dvyzheniia diskov yholchatoi borony po pochve// Zb. nauk. statei „Silskohospodarski mashyny”, Vyp.23, m. Lutsk, 2012. S. 45-49.

11. Shevchuk V. / O vzaymodeistviy s pochvoi dvyzhushykhsia yhl yholchatoi borony // Mizhvuzivskyy zbirnyk „ Naukovi notatky ”, Vyp. 40, m. Lutsk, 2013. S. 87-89.

12. Sheichenko V.O., Khailis H.A., // Teoriia i rozrakhunok aparativ dlia pidbyrannia ta obertannia. Monohrafiia. - Nizhyn, Vydavets PP Lysenko M.M., 2014.- 240 s.

13. Dospekhov B.A. Metodyka polevoho opyta (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovaniy). – M.: Ahropromyzdat, 1985. – 351s.

#### References

1. I.N. Popov, V.V. Melikhov Rotary tillage machines and tools. M.: Agropromizdat, 1963. - 31, p.

2. Sizov O.A. On the question of determining the specific cutting operation. - M.: MIISP, T. 5. - 1970. - 436 p.

3. Barefoot E.S. Cutting machines for working at higher speeds // Tractors and farm machinery. - 1961. - №8. - P. 32-35.

4. Vetohin V.I. System and physical and mechanical principles of design soil rippers : dis.d-ra. tehn. Sciences 05.05.11 / V.I. Vetohin; National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", JSC "Scientific-Research Institute of Agricultural Engineering V.P. Goryachkin "of" VISKOM ". - Kiev; Moscow. - 2010. - 284 p.

5. J.S. Gukov Mechanical and technological justification means of mechanization of tillage when growing crops in Ukraine dys.d-ra. Sc. Science / IMESH UAAS. - Glevakha, 1998. - 386 p. with add.

6. Dehondt lance sa nouvelle arracheuse de lin//Le courrier cauchois. Vendredi 27 juin 2008. – P. 5–6.

7. Zaika P.M. The theory of agricultural machines. T. 1 (Part 1). Machines and tools for cultivation. - Kharkiv. EYE. - 2001. - 444 p.

8. Kushnarev S.A. Justification of energy-saving technology of soil treatment process and the parameters of elastic bodies working conditions for South Ukraine steppe zones: Diss .... kand.tehn. Science / IMESKH UAAS. - Glevakha, 1998. - 194 p.

9. Haylis G., Shevchuk S.V., Shevchuk V. / The effect of several factors in the effort required to dive into the ground needles Needle harrows // Engineering and Technology APC. - 2012. - № 12. – P. 17-18.

10. Haylis G., Shevchuk V.V., A.N. / Features of the plane-parallel movement of the needle disc harrows for soil // ST. Sciences. articles "Silskogospodarski machine" Vip.23, m.Lutsk, 2012. – P. 45-49.

11. V. Shevchuk / O interaction with soil dvyzhushyhsya needles needle harrows // Mizhvuzivsky zbirnik "Naukovi notatki" Veep. 40 m Lutsk, 2013. – P. 87-89.

12. Sheychenko V.A., G.A. Haylis, // Theory and calculation devices for picking and rotation. Monohrafiya. - Nizhyn Publisher PE Lysenko M., 2014.- 240 p.

13 Dospekhov B.A. Methods of field experience (with the fundamentals of statistical processing of the results of research). - M.: Agropromizdat, 1985. – 351p. .