

**В.О. Шейченко**

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: vsheychenko@mail.ru, тел.: +38-050-383-95-32

**Г.А. Хайліс**

Луцький національний технічний університет

**В.В. Шевчук**

Уманський національний університет садівництва

**М.В. Шевчук**

Уманський національний університет садівництва

**КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ТЯГОВОГО  
ОПОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ  
ГОЛЧАТОЇ БОРОНИ**

УДК 631.358:633.521

*Визначили залежність горизонтальної і вертикальної складових тягового опору від глибини обробітку, швидкості руху агрегату та кута загострення голки серійної (секція культиватора-розпушувача УСМК-5,4) та експериментальної секції голкової бороны. Встановлено, що результуюча сила опору експериментальної секції голкової бороны, яка складалася із дисків з голками різних кутів загострення ( $5^{\circ}$ ;  $7^{\circ}$ ;  $9^{\circ}$ ), на усіх режимах випробувань (швидкостях 1,9 – 3,05 м/с; глибині оброблення 4 - 8 см) була меншою за аналог. Відзначено стаціонарність процесу, про що свідчить затухання кореляційної функції із збільшенням часу  $t$ .*

**Проблема.** Бороны голчата призначена для весняного й осіннього поверхневого розпушування ґрунту на глибину 4–6 см з метою закриття вологи, загортання насіння, знищення бур'янів, а також для вирівнювання мікрорельєфу, створеного попереднім обробітком.

Усі фактори, які впливають на тяговий опір машини, можна класифікувати наступним чином: природно-кліматичні (тип і стан ґрунту, рельєф, каменястість, 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 направлено на покращення якісних і енергетичних показників технологічних процесів обробітку ґрунту голчастими бороными, кут загострення голок яких може змінюватися, особливо за умов їх застосування для мілкового поверхневого рихлення ґрунтів в природно-кліматичних зонах, які схильні до вітрової ерозії, є актуальними.

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

Кінематику ротаційних 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 [4-8].

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

**Мета досліджень** – підвищення якості обробки ґрунту завдяки вдосконаленню технологічних процесів та конструкції голкової 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), вісі яких жорстко зв'язані одна з одною.

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  $9^{\circ}$ ).

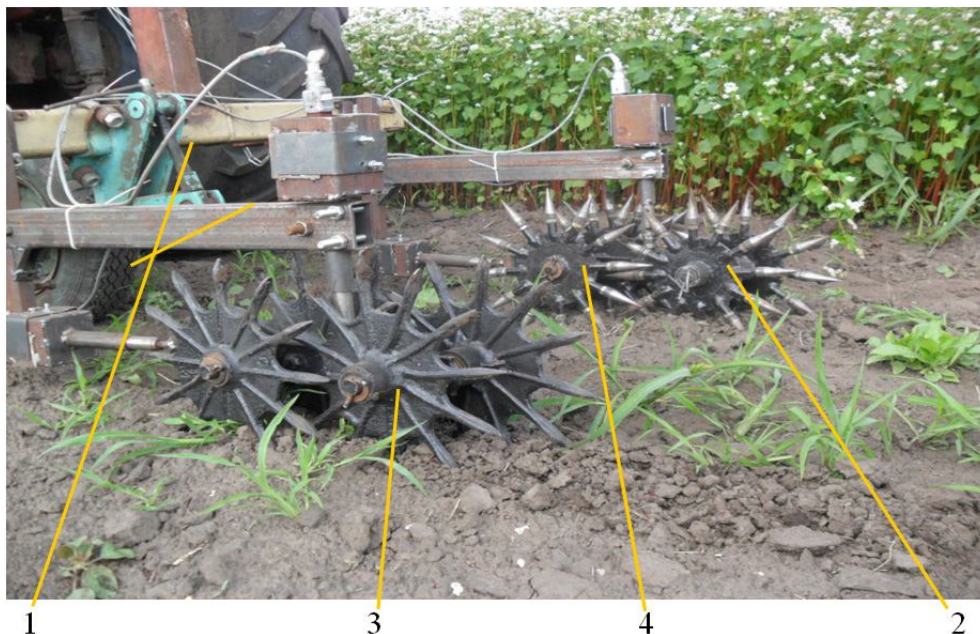


Рисунок 1 – Експериментальна установка для експлуатаційно-технологічної та енергетичної оцінки секції голчастої борони:

1–рама; 2– експериментальна секція ; 3– серійна секція; 4– диск голок

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.

Визначали залежність горизонтальної і вертикальної складових тягового опору від глибини обробки, швидкості руху агрегату та кута загострення голки.

**Результати досліджень.** Тяговий опір є величиною, яка постійно змінюється в процесі роботи. В якості сило вимірального елемента за умов дослідження з визна-

чення сили опору серійної (секція культиватора-розпушувача УСМК-5,4) та експериментальної секції голчатої борони використовували тензометричні пластини. Реєстрація вимірjувальних параметрів здійснювалася на жорсткий диск персонального комп'ютера, який розміщували у енергетичному засобі (тракторі). Конструктивно пристрій для визначення тягового опору розміщували на причіпній рамці для кожної секції окремо.

Дослідження з визначення тягового опору проведено на трьох швидкостях 1,9 м/с, 2,77 та 3,05 м/с.

За результатами досліджень встановлено, що збільшення глибини та швидкості обробітку ґрунту призводить до зростання результуючого тягового опору для усіх голок. Відмічено, 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 ( $5^0$ ;  $7^0$ ;  $9^0$ ), 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  $5^0$  на 30%, а для голок з кутом  $7^0$  на 17%. Для голок з кутом загострення  $9^0$  значення результуючого тягового опору дорівнює тяговому опору серійної секції з відхиленням  $\pm 2\%$ .

Встановлено, що із збільшенням глибини обробітку ґрунту інтенсивність зростання сил опору вища на 24 % ніж при меншій глибині обробітку ґрунту.

Відзначено, 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:  $5^0$  на 16%,  $7^0$  – на 11%,  $9^0$  – 6%; на глибині 6 см:  $5^0$  на 7%,  $7^0$  – 7%,  $9^0$  – 14%; на глибині 8 см:  $5^0$  на 5%,  $7^0$  – 12%,  $9^0$  – 24% відповідно. Збільшення глибини обробітку ґрунту від 4 до 8 см призводить до зростання результуючої сили тягового опору для секції з кутом загострення голки  $5^0$  на 33-47%,  $7^0$  – 45-47%,  $9^0$  – 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  $5^0$  на 2-30%,  $7^0$  – 4-17%. Для голок з кутом загострення  $9^0$  значення результуючого тягового опору приблизно дорівнювало тяговому опору серійної секції УСМК 5,4.

Глибина занурення голки у ґрунт є найбільш вагомим фактором, який впливає на значення сили опору.

Кореляційний аналіз проведено для експериментальної установки з голкою, кут загострення якої  $9^0$  на глибинах 4, 6 та 8 см за швидкості руху трактора 1,9 м/с.

Проаналізувавши отримані залежності (рис.2) встановлено, що для горизонтальної та вертикальної складової тягового опору збільшення глибини обробітку ґрунту призводить до підвищення стаціонарності процесу, що досліджується. Про це свідчить затування кореляційної функції із зростанням часу  $t$ . В разі заглиблення секції експериментальної борони спостерігається періодичні складові. Цей фактор засвідчує про те, що при роботі на даному режимі в системі «трактор – експериментальна установка» можуть виникнути резонансні явища. Із збільшення кінематичного коефіцієнта спостерігається розтягування спектра дисперсії. Ці явища характерні як для горизонтальних так і для вертикальних складових тягового опору.

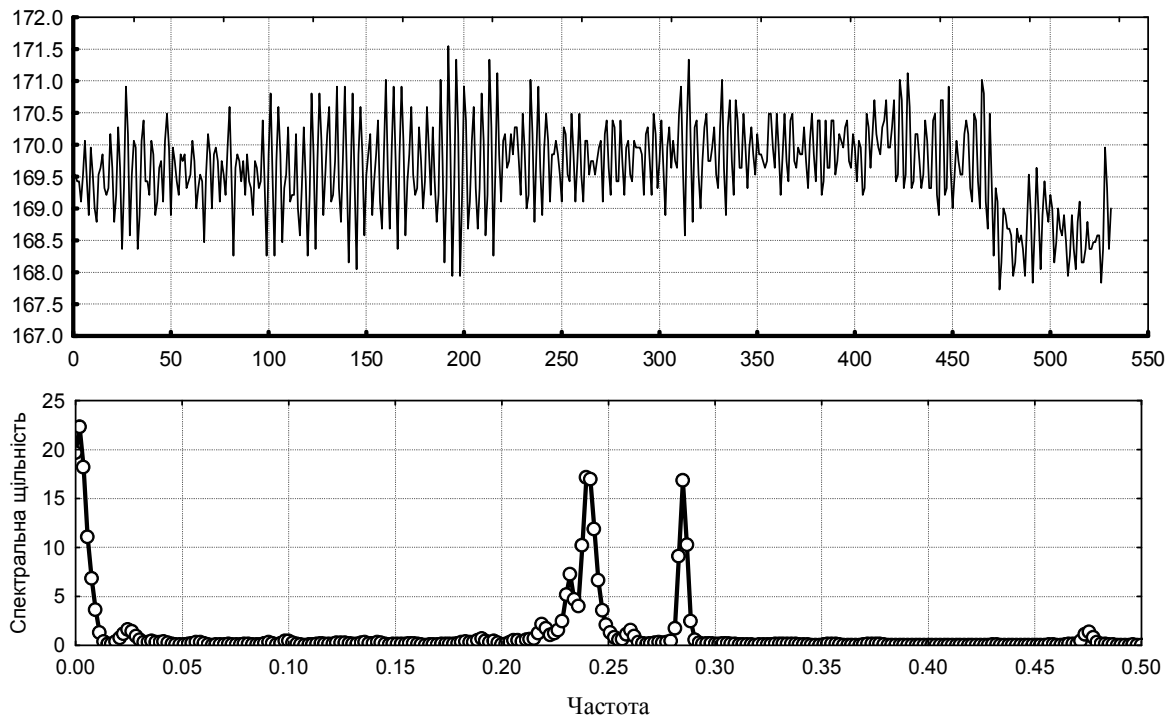


Рис. 2 – Нормована кореляційна функція  
а) і спектральна щільність б) вертикальної складової тягової опору  
секції з голкою 9° на глибині 4см при швидкості руху 1,9м/с.

**Висновки.** За результатами досліджень експериментальної секції голчатої борони встановлено, що процес, який досліджується, більш стаціонарний, про що свідчить затухання кореляційної функції із збільшенням часу  $t$ . Час кореляційного зв'язку процесу на обох режимах роботи однаковий. За умов використання знаряддя з пасивними робочими органами на кривій кореляційної функції спостерігаються періодичні складові. Це свідчить про те, що за умов роботи на даному режимі в системі «трактор-знаряддя» можуть виникати резонансні явища. Збільшення кінематичного коефіцієнта призводить до незначного розтягування спектра дисперсії в бік великих частот.

### Література

1. Панов И.М., Мелихов В.В. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М., 1963. - 31 с.
2. Сизов О.А. К вопросу определения удельной работы резанием. – М.: МИИСП, ТОМ V. – 1970. – 436с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків. ОКО. – 2001. – 444 с.
4. Кушнарєв С.А. Обоснование энергосберегающего 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.
5. Хайліс Г., Шевчук В.В., Шевчук В.Г. / Про вплив ряду факторів на зусилля, необхідного для занурення в ґрунт голок голкової борони // Техніка і технологія АПК. – 2012. – № 12.
6. Хайліс Г., Шевчук В., Толстушко Н. / Особенности плоскопараллельного движения дисков игольчатой бороны по почве// Зб. наук. статей „Сільськогосподарські машини”, Вип.23, м.Луцьк, 2012.
7. Шевчук В. / О взаимодействии с почвой движущихся игл игольчатой бороны //

Міжвузівський збірник „Наукові нотатки”, Вип. 40, м Луцьк, 2013.

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

### Summary

**V. Sheychenko, G. Haylis, V. Shevchuk** Correlation analysis traction resistance of experimental section needle harrows

*Determined dependence horizontal and vertical components of the traction resistance of soil depth, speed and angle unit sharpening needles series (section cultivators УСМК-5.4) and experimental needle used harrows. Established that the resultant resistance force pilot needle harrows section, consisting of disks with different angles sharpening needles (50; 70; 90), to test all modes (speed 1.9 - 3.05 m/s, cutting depth 4 - 8 cm) was lower than analog. Noted stationary process, as evidenced by the fading correlation function with increasing time t.*

1. Khaylis H.A. Mekhanika roslynykh materialiv: navch. posib. / H.A. Khaylis, Yu.V. Fedorus'. – Luts'k: Red.-vyd. viddil Luts'koho derzh. tekhn. un-tu, 2004. – 302 s.
2. L'nouborochnie mashyni / [H.A. Khaylyis, N.N. Выков, V.N. Bukharkyn y dr.]. – M.: Mashynostroenye, 1985. – 232 s.
3. Didukh V.F. Zbyrannya ta pervynna pererobka l'onu-dovhuntsya: monohrafiya / V.F. Didukh, I.M. Dudaryev, R.V. Kirchuk. – Luts'k: Red.-vyd. viddil Luts'koho nats. tekhn. un-tu, 2008. – 232 s.
4. Pyunovskyy Y.Y. Yssledovanye tekhnolohyy razdel'noy uborky l'na / Y.Y. Pyunovskyy, K.F. Terpylovskyy, V.P. Klyavyna // Trudy TsNYUMЭSKh Nechernozemnoy zony SSSR. – Mynsk: Urozhay, 1969. – Т. 6. – S. 142 – 151.
5. Chernykov V.H. K voprosu svyazy stebley tresty s l'nyshchem / V.H. Chernykov // Trudy Velykolukskoho s.-kh. yn-ta. – Velykye Luky, 1969. – Vip. 8. – S. 414 – 418.
6. Vasylenko P.M. Teoryya dvyzhenyya chastytsy po sherokhovatym poverkhnostyam sel'skokhozyaystvennykh mashyn / Vasylenko P.M. – K.: Yzd-vo UASKhN, 1960. – 284 s.
7. Tolstushko N.O. Analiz transportuvannya strichky l'onu v presuval'nu kameru pres-pid-byracha / N.O. Tolstushko, S.F. Yukhymchuk, V.F. Kuz'menko // Sil'skohospodars'ki mashyny: zb. nauk. st. – Luts'k: Red.-vid. viddil LNTU, 2013. – Vyp. 24. – S. 263 – 369.
8. Limont A.S. Poshkodzhennya l'onotresty v rulonakh yak pokaznyk nadiynosti pres-pid-byrachiv / A.S. Limont, V.M. Klymchuk // Visn. Kharkiv. nats. tekhn. un-tu s. h. im. Petra Vasylenka: problemy nadiynosti mashyn ta zasobiv mekhanizatsiyi s.-h. vyrobnytstva. – Kh., 2013. – Vyp. 139. – S. 94 – 102.
9. Sel'skokhozyaystvennie y melyoratyvnie mashyny: ucheb. posob. [dlya stud. vyssh. ucheb. zaved. po spets. 1509 «Mekhanyzatsyya s. kh.» y 1510 «Sel'skoe khozyaystvo»] // [H.E. Lystopad, H.K. Demodov, B.D. Zonov y dr.]; pod red. H.E. Lystopada. – M.: Ahropromyzdat, 1986. – 688 s.