



Механізація, електрифікація

УДК 631.356.02

© 2021

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

В.М. Булгаков¹, В.В. Адамчук², В.М. Кюрчев³, В.Т. Надикто⁴,
Є.І. Ігнат'єв⁵

^{1,2}доктори технічних наук, професори, академіки НААН

^{3,4}доктори технічних наук, професори, члени-кореспонденти НААН

⁵кандидат технічних наук

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

²Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха Фастівського р-ну Київської обл., 08631, Україна

³⁻⁵Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізької обл., 72312, Україна
e-mail: ¹vbulgakov@meta.ua, ²vadamchuk@gmail.com, ³volodymyr.nadykto@tsatu.edu.ua,

⁴office@tsatu.edu.ua, ⁵yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua

ORCID: ¹0000-0003-3445-3721, ²0000-0003-0358-7946, ³0000-0003-4377-1924,

⁴0000-0002-1770-8297, ⁵0000-0003-0315-1595

Надійшла 13.11.21

Мета. Визначити вплив коливань у повздовжньо-вертикальній площині роторної гичкозбиральної машини, фронтально навішеної на колісний агрегуючий трактор на її експлуатаційні показники, способом проведення польових експериментальних досліджень. **Методи.** Під час виконання досліджень було використано методи проведення польових експериментальних досліджень із визначення експлуатаційних показників такої гичкозбиральної машини. Було розроблено програму та методику експериментальних досліджень, результати яких оброблялися статистичними методами на ПК із використанням основних методів регресійного і кореляційного аналізу. **Результати.** Нами розроблено нову 3-рядну гичкозбиральну машину, що реалізує зазначені вище принципи роботи й успішно пройшла виробничі випробування. Гичкозбиральна машина агрегується способом фронтального навішення на колісний просапний трактор тягового класу 1,4, що має передній вал відбору потужності. Нами проведено польові експериментальні дослідження з визначення експлуатаційних показників такої гичкозбиральної машини. Для цього було розроблено програму й методику експериментальних досліджень, результати яких оброблялися статистичними методами на ПК із використанням основних методів регресійного і кореляційного аналізу. **Висновки.** Отримано експлуатаційні показники: продук-

тивність, за агрегування з колісним трактором класу 1,4 – 2, 15 га-зм⁻¹; питома витрата пального – 3,02 кг-га⁻¹; прямі експлуатаційні витрати – 441,18 грн-га⁻¹. Потужність на виконання процесу збирання гички буряку цукрового становить 14,48 кВт, тягова потужність не перевищує 3,6 кВт. Установлено, що потужність необхідна для зрізу гички становить 6 – 6,2 кВт, а для забезпечення транспортування й завантаження зрізаної гички в транспортний засіб – 3,5 – 4,8 кВт. Отримані результати досліджень експлуатаційних показників цієї 3-рядної гичкозбиральної машини, приблизно вдвічі менші порівняно із серійними зразками.

Ключові слова: буряк цукровий, гичка, збирання, зріз, агрегат, експлуатаційні показники.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-08>

Відомо, що гичка буряку цукрового придатна для використання на корм тваринам як свіжою, так і у вигляді силосу, оскільки має задовільні поживні властивості. Перспективним напрямом використання гички буряку цукрового є її залучення для виробництва біогазу. Відходи такого виробництва — якісне органічне добриво — ефективна альтернатива органічним добривам тваринного походження, оскільки нині гостро відчувається їх брак, особливо на півдні України.

Сучасні гичкозбиральні машини здійснюють збирання гички в кілька етапів: суцільний безкопирний зріз основного масиву гички, її збір і подальше завантаження у транспортний засіб.

Попередніми дослідженнями доведено, що найперспективнішими для підвищення показників якості технологічного процесу і зниження енергоємності гичкозбиральної машини загалом є розробка та застосування роторного гичкорізного апарату з горизонтальною віссю обертання. Тому для вирішення питань ефективного використання такого гичкозбирального агрегату, у складі фронтально навішеної на колісний трактор гичкозбиральної машини потрібне проведення експериментальних досліджень енергетичних показників гичкозбиральних машин за різних режимів роботи.

Відповідно, розробка і вдосконалення конструкцій гичкозбиральних машин, які б забезпечували високі показники якості за низьких експлуатаційних витрат, є важливою і актуальною проблемою галузі буряківництва.

Аналітичним дослідженням експлуатаційних параметрів сільськогосподарських машин у складах різних машинно-тракторних агрегатів присвячено низку публікацій [1–8]. Водночас у більшості з них, а також у дослідженнях інших авторів, що стосуються конкретних машинно-тракторних агрегатів, питанням визначення параметрів потужності приділялося недостатньо уваги. Особливо це стосується фронтальних гичкозбиральних агрегатів. Тому, не дивлячись на велике поширення фронтально навішених гичкозбиральних модулів бурякозбиральних машин зарубіжного виробництва, а також деяких конструкцій вітчизняних фронтально навішених гичкозбиральних машин, це майже не зумовило експериментальних досліджень їх експлуатаційних характеристик. Однак частково завдання вивчення впливу конструктивних параметрів на вихідні експлуатаційні параметри намагалися вирішити інші вчені [9–12].

Мета досліджень — визначити вплив коливань у повздовжньо-вертикальній площині роторної гичкозбиральної машини, фронтально навішеної на колісний агрегуючий трактор, на її експлуатаційні показники, способом проведення польових експериментальних досліджень.

Методи досліджень. Було використано методи польових експериментальних досліджень із визначення експлуатаційних показників такої гичкозбиральної машини. Для цього було розроблено програму й методику експериментальних досліджень, результати яких оброблялися статистичними методами на ПК із використанням

основних методів регресійного й кореляційного аналізу.

У роботі наведено результати польових експериментальних досліджень із визначення експлуатаційних характеристик розробленої нами конструкції, фронтально навішеної на агрегатуєчий трактор нової 3-рядної гичкозбиральної машини.

Для проведення експериментальних досліджень із визначення експлуатаційних характеристик гичкозбиральної машини було розроблено часткові методики, а також використовувалися загальні методики проведення польових випробувань сільськогосподарських машин.

Польові експериментальні дослідження гичкозбиральної машини було проведено при її агрегуванні із просапним колісним трактором МТЗ-82.1, обладнаним переднім валом відбору потужності і переднім навісним механізмом. На основні робочі органи гичкозбиральної машини за існуючими методиками було наклеєно й відповідним чином відтаровано тензометричні датчики, які з'єднувалися з пересувною тензометричною станцією, що під час проведення експериментальних досліджень рухалася поруч із гичкозбиральним агрегатом (рис. 1).

Сигнал тензодатчиків давав змогу фіксувати крутний момент і кутову швидкість на приводному валу роторного гичкозрізаючого апарата транспортуєчого шнека й кидального механізму. Інші тензодатчики вимірювали тяговий опір машини й швидкість її руху по полю. Інші експлуатаційні



Рис. 1. Гичкозбиральний агрегат під час проведення польових експериментальних досліджень

характеристики фіксувалися згідно існуючих методик.

Енергетичні параметри гичкозбиральної машини за її дослідження в польових умовах проводили способом зняття показників тензометричних датчиків на різних режимах її роботи: для двох різних кутових швидкостей ($\omega_1=57 \text{ c}^{-1}$ and $\omega_2=39 \text{ c}^{-1}$) вала робочих органів для транспортування й завантаження гички, а також для випадку, коли їхня приводна зірочка була взагалі знята й, таким чином, робочі органи для транспортування й завантаження були відключені ($\omega_3=0$) і відбувалося лише зрізання гички.

Результати досліджень. Польові експериментальні дослідження, які виконувалися в потрібній повторності для кожного режиму роботи гичкозбиральної машини, дали можливість одержати повні енергетичні параметри [10], наведені в табл. 1.

Виходячи із зазначеної вище методики, для одержання даних були визначені лінійні й поліноміальні (у вигляді поліномів другого ступеня) емпіричні залежності.

У результаті їхнього аналізу за параметром R^2 (коефіцієнт детермінації) було остаточно прийнято поліноміальні залежності, як ті, що більш точно описують характер даних, які досліджувалися, і відповідають фізичному змісту явищ. Графічно отримані залежності представлено на рис. 2–4.

У результаті аналізу отриманих залежностей потужності від швидкості поступального руху гичкозбирального агрегату для різних значень кутової швидкості робочих органів для транспортування й завантаження гички, визначено, що потрібна потужність для виконання всього технологічного процесу збирання гички, у діапазоні робочих швидкостей становить 8–12,5 кВт. Вона збільшується з ростом швидкості поступального руху й досягає максимального значення близько 14,5 кВт за швидкості $2,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Наступним етапом аналізу експериментальних даних була побудова математичної моделі (рівняння регресії) впливу змінних факторів на повну потужність N_T споживану гичкозбиральною машиною у вигляді:

$$Y=f(X_1, X_2), \quad (1)$$

1. Результати досліджень енергетичних параметрів дослідного зразка гичкозбиральної машини

Передача, на якій рухався трактор	V, м·с ⁻¹	N _{ввпг} , кВт	N, кВт	V, м·с ⁻¹	N _{ввпг} , кВт	N, кВт	V, м·с ⁻¹	N _{ввпг} , кВт	N, кВт
	$\omega_1^*=57\text{s}^{-1}$			$\omega_2=39\text{s}^{-1}$			$\omega_3=0$		
1	0,990	2,762	1,081	1,014	1,892	1,261	1,140	1,705	1,186
	0,960	2,774	1,194	1,146	2,387	1,367	1,236	2,148	1,632
	0,954	2,884	1,720	1,176	2,297	1,582	1,314	2,409	1,468
2 понижена	1,464	3,835	2,119	1,698	3,478	2,673	1,692	3,043	2,492
	1,380	3,836	2,242	1,536	2,685	1,989	1,746	2,289	2,261
	1,524	4,834	2,631	1,722	3,420	2,929	1,614	2,596	2,623
2	2,118	9,748	3,818	2,124	6,377	4,476	2,256	5,135	3,953
	2,196	10,402	4,238	2,220	9,076	3,438	2,166	5,630	4,290
	2,022	9,685	3,491	2,058	7,878	4,024	2,148	4,742	3,763

* $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — розрахункова кутова швидкість обертання вала, на якому встановлено робочі органи для транспортування й завантаження зрізаної гички.

де X_1 — швидкість поступального руху досліджуваного гичкозбирального агрегату, м·с⁻¹; X_2 — кутова швидкість обертання робочих органів для транспортування і завантаження гички, с⁻¹.

Залежність, що описує зміну споживаної потужності N_T , що необхідна для роботи гичкозбиральної машини, представлена на рис. 4, і записана у вигляді рівняння регресії:

$$Y = -2,565487631 + 6,586093284X_1 + 0,070659279X_2 \quad (2)$$

Аналіз одержаних емпіричних залежностей енергетичних показників гичкозбиральної машини показав, що їх значення будуть мінімальними за поступальної швидкості

руху 0,8–1,2 м·с⁻¹. Причому менші значення відповідають меншій кутовій швидкості приводного вала.

Енергетичні показники, отримані під час випробувань удосконаленої конструкції гичкозбиральної машини вказують, що її середні сукупні енерговитрати становлять у перерахунку на один рядок захвата $N_{ввпг} = 3,1$ кВт, $N = 1,4$ кВт, що нижче, ніж у гичкозбиральних машин, які нині найширше використовують у господарствах (максимальна споживана потужність гичкозбиральної машини БМ-6Б становить приблизно 7,67 кВт на один рядок). Таким чином, запропонована вдосконалена конструкція 3-рядної гичкозбиральної машини має енергетичні витрати

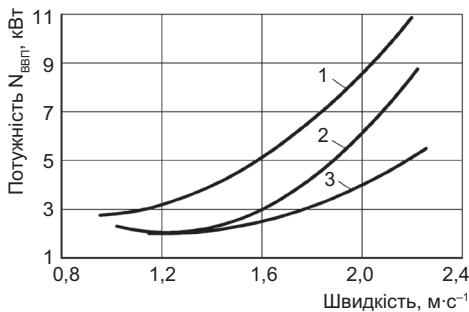


Рис. 2. Залежність потужності на привід робочих органів гичкозбиральної машини від швидкості її поступального руху: 1 — $\omega_1 = 57 \text{ c}^{-1}$, 2 — $\omega_2 = 39 \text{ c}^{-1}$, 3 — $\omega_3 = 0$

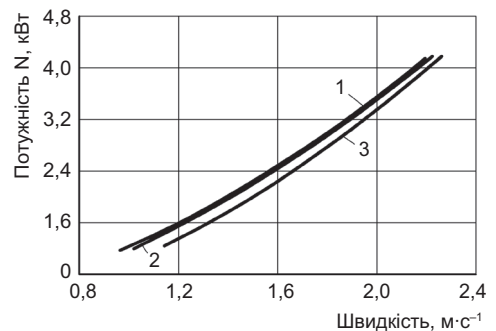


Рис. 3. Залежність тягової потужності гичкозбиральної машини від швидкості її руху: 1 — $\omega_1 = 57 \text{ c}^{-1}$, 2 — $\omega_2 = 39 \text{ c}^{-1}$, 3 — $\omega_3 = 0$

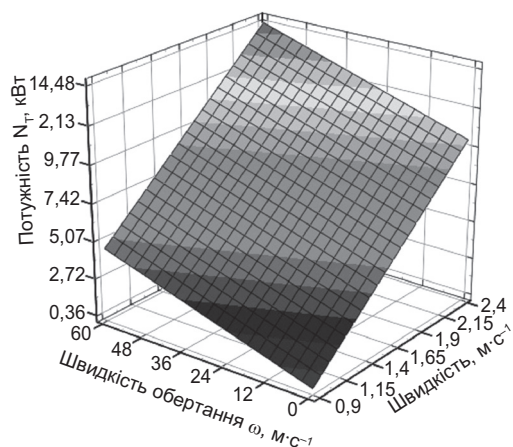


Рис. 4. Залежність повної споживаної потужності N_p гичкозбиральної машини від швидкості руху V і кутової швидкості обертання робочих органів для транспортування й завантаження гички ω

в 1,2–1,5 раза менші порівняно із серійною гичкозбиральною машиною БМ-6Б.

Визначена за результатами польових експериментальних досліджень потужність, що потрібна на виконання всього

2. Експлуатаційні показники гичкозбирального агрегату

Показник	Експериментальна машина
Продуктивність, га·зм ⁻¹	2,15
Установлена потужність на привід, кВт	14,48
Питома витрата пального, кг·га ⁻¹	3,02
Прямі експлуатаційні витрати, грн·га ⁻¹	441,18

технологічного процесу збирання гичкозбиральною машиною, становить з урахуванням ККД приводу, близько 14,48 кВт за швидкості поступального руху гичкозбирального агрегату 1,2–2,2 м·с⁻¹.

За рахунок низьких енергетичних витрат на виконання технологічного процесу збирання гички (табл. 2) спостерігається зменшення витрати пального на 2,5 кг·га⁻¹ порівняно з серійною машиною БМ-6Б, унаслідок чого прямі експлуатаційні витрати будуть меншими приблизно на 156 грн·га⁻¹.

Висновки

За результатами проведених польових експериментальних досліджень отримано експлуатаційні показники роботи нової гичкозбиральної машини. Продуктивність, за агрегування з колісним трактором класу 1,4, становить 2,15 га·зм⁻¹; питома витрата пального — 3,02 кг·га⁻¹; прямі експлуатаційні витрати — 441,18 грн·га⁻¹.

Сумарна потужність на виконання всього технологічного процесу збирання гички буряку цукрового становить 14,48 кВт. Максимальне значення тягової потужності не перевищує 3,6 кВт за оптимальної швидкості поступального руху. Водночас

потужність необхідна для зрізу гички становить 6–6,2 кВт, а для забезпечення транспортування й завантаження зрізаної гички в транспортний засіб — 3,5–4,8 кВт.

Отримані за результатами польових експериментальних досліджень експлуатаційні показники розробленої нами 3-рядної гичкозбиральної машини, що здійснює суцільний безкопирний зріз основного масиву гички роторним гичкозрізаючим апаратом, є меншою в 1,5–1,8 раза порівняно з серійними гичкозбиральними машинами такого самого класу.

Bulgakov V.¹, Adamchuk V.², Kiurchev V.³, Nadykto V.⁴, Ihnatiev Ye.⁵

¹The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine; ²Institute of Mechanics and Automation of Agricultural Production of NAAS, 11 Vokzalna Str., Hlevakha vil., Fastiv district,

Kyiv oblast, 08631, Ukraine; ³⁻⁵Dmytro Motorniy Tavria State Agrotechnological University, 18 B. Khmelnytskyi Ave., Melitopol, Zaporizhzhia oblast, 72310, Ukraine; e-mail: ¹vbulgakov@meta.ua; ²vadamchuk@gmail.com; ³volodymyr.kiurchev@tsatu.edu.ua; office@tsatu.edu.ua ⁴volodymyr.nadykto@tsatu.edu.ua; ⁵yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua;

ORCID: ¹0000-0003-3445-3721, ²0000-0003-0358-7946, ³0000-0003-4377-1924, ⁴0000-0002-1770-8297, ⁵0000-0003-0315-1595

Research of operating indicators of top gatherer machine-tractor unit

Goal. To determine the influence of oscillations in the longitudinal-vertical plane of a rotary top gatherer mounted on the front of a wheeled aggregate tractor on its performance, by the method of conducting field experimental studies. **Methods.** During the research, methods of field experimental research were used to determine the performance of such top gatherer. The program and methods of experimental research were developed, the results of which were processed by statistical methods on the PC using the basic methods of regression and correlation analysis. **Results.** A new 3-row top gatherer was developed that implements the above principles of operation and had successfully passed production tests. The top gatherer is aggregated by the method of front mounting on a wheeled tractor of traction class 1.4, which has a

front power take-off shaft. Field experimental studies were conducted to determine the performance of such top gatherers. For this purpose, the program and a technique of experimental researches which results were processed by statistical methods on the PC with the use of basic methods of regression and correlation analysis were developed. **Conclusions.** The following operational indicators were obtained: productivity, for aggregation with a wheeled tractor class 1.4 — 2.15 ha·shift⁻¹; specific fuel consumption — 3.02 kg·ha⁻¹; direct operating costs — 441.18 UAH·ha⁻¹. Power for the process of harvesting sugar beet tops was 14.48 kW, traction power did not exceed 3.6 kW. It was established that the power required to cut the beam was 6–6.2 kW, and to ensure the transportation and loading of the cut haulm into the vehicle — 3.5–4.8 kW. The obtained results of researches of operational indicators of this 3-row top gatherer were about twice smaller in comparison with serial samples.

Key words: sugar beet, haulm, harvesting, slice, unit, performance indicators.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-08>

Бібліографія

1. Василенко П.М., Василенко В.П. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и агрегатов). Белая Церковь: Полиграфкнига, 1980. 136 с.
2. Надькто В.Т., Крыжачковский Н.Л., Кюрчев В.Н., Абдула С.Л. Новые мобильные энергетические средства Украины. Теоретические основы использования в земледелии; учебн. пособ. Мелитополь: «Издательский дом «ММД», 2006. 337 с.
3. Булгаков В.М., Калетник Г.Н., Гриник И.В., Леженкин А.Н. Динамика зерноуборочных агрегатов. Киев: Аграрная наука, 2010. 276 с.
4. Bulgakov V., Adamchuk V., Nozdrovický L., Ihnatiev Ye. Theory of Vibrations of Sugar Beet Leaf Harvester Front-Mounted on Universal Tractor. *Acta Technologica Agriculturae*. 2017. V. 20. Is. 4. Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. P. 96–103. doi: 10.1515/ata-2017-0019
5. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. Киев: Сельхозобразование, 1996. 252 с.
6. Веденяпин С.В. Общая методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных. Москва: Колос, 1967. 159 с.
7. Завалишин Ф.С., Манцев И.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. Москва: Колос, 1982. 228 с.
8. Маслов Г.Г., Дидмандзе О.Н., Цыбулевский В.В. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента: учебное пособие для сельскохозяйственных вузов. Москва: ООО «Издательство «Триада», 2007. 292 с.
9. Bulgakov V., Golovach I., Ivanovs S., Ihnatiev Y. Theoretical simulation of parameters of cleaning sugar beet heads from remnants of leaves by flexible blade. *Engineering for rural development*. Jelgava, 2017. V. 16. P. 288–295.
10. Adamchuk V., Bulgakov V., Nadykto V. et al. Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors. *Agronomy Research*. 2016. V. 14. № 5. P. 1511–1518.
11. Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S., Ihnatiev Y. Theoretical investigation of aggregation of top removal machine frontally mounted on wheeled tractor. *Engineering for rural development*. Jelgava, 2017. V. 16. P. 273–280.
12. Bulgakov V.M., Adamchuk V.V., Nozdrovický L. et al. Properties of the sugar beet tops during the harvest. 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. 7–9 September 2016. Prague, Czech Republic. P. 102–108.