

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-6744

DOI: 10.37128/2306-6744-2021-2

Вібрації в техніці та технологіях



Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 2 (101)

Вінниця 2021

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального
спрямування Видавець: Вінницький національний
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації*

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та
технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця,
2021. – 2 (101) – 144 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного
університету (протокол №12 від 29.06.2021 р.)*

*Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки
України від 02.07.2020 р. № 886)*

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН, Вінницький національний
аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., акад. НААН,
Національний науковий центр “Інститут
механізації та електрифікації сільського
господарства”

Відповідальний секретар

Солона О.В. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік
НААН, Національний університет
біоресурсів і природокористування України

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Деревенько І.А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

Зіньковський А.П. – д.т.н., професор,
Інститут проблем міцності імені Г. С.
Писаренка НАН України

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Матвєєв В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Надуть В.П. – д.т.н., професор, Інститут
геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
НАН України

Ольшанський В.П. – д.ф.-м.н., професор,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства імені
Петра Василенка

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор,
Вінницький національний аграрний
університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Цуркан О.В. – д.т.н. доцент, Вінницький
національний аграрний університет

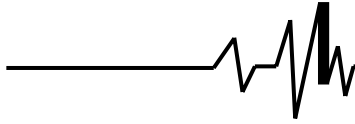
Зарубіжні члени редакційної колегії

Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/> Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

<i>Булгаков В. М., Солоня О. В., Ігнат'єв Є. І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ФРОНТАЛЬНО НАВИШЕНОЇ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ ПРИ КОЛИВАННЯХ У ПОВЗДОВЖНЬО-ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ	5
<i>Севост'янов І. В., Мельник О. С., Краєвський С. О., Горбаченко А. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ	13
<i>Надутый В. П., Чолишкіна В. В., Курілов В. С.</i> ИЗВЛЕЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ЗАДАНОЙ КРУПНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ИЗ ГОРНОЙ МАССЫ ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ	27
<i>Ольшанський С. В., Сліпченко М. В., Твердохліб І. В., Купчук І. М.</i> КОЛИВАННЯ ІМПУЛЬСНО НАВАНТАЖЕНОГО ОСЦИЛЯТОРА З КВАДРАТИЧНИМ ОПОРОМ У СКЛАДІ ДИСИПАТИВНОЇ СИЛИ	35
<i>Степаненко С. П., Котов Б. І., Грушецький С. М., Рудь А. В.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ НА ПОВЕРХНІ ВІБРОЖИВИЛЬНИКА ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ ЙОГО В АСПІРАЦІЙНИЙ КАНАЛ СЕПАРАТОРА ...46	
<i>Polievoda Y.</i> APPLICATION OF VIBRATION EFFECTS IN BIOFUEL PRODUCTION	56
<i>Граняк В. Ф., Гайдамак О. Л.</i> НАБЛИЖЕНИЙ СПОСІБ РОЗРАХУНКУ ЗЕРНОПОТОКУ В ВЕРТИКАЛЬНОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ВІБРОРЕШЕТІ	62
<i>Возняк О. М., Штуць А. А., Замрій М. А.</i> РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ РУХОМИХ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН	71

2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

<i>Котов Б. І., Грищенко В. О., Панцир Ю. І., Герасимчук І. Д.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛОАСОСНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	85
<i>Сивак Р. І., Гунько І. В., Залізник Р. О.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙ ТОКУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСАХ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ МЕТАЛУ	92
<i>Грицун А. В., Бабин І. А.</i> ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ДІЙКОВОЇ ГУМИ ПЕРЕМІННОГО ПЕРЕРІЗУ	99
<i>Rutkevych V.</i> INVESTIGATION OF TRANSITIONAL PROCESSES IN THE ADAPTIVE SYSTEM OF HYDRAULIC DRIVES OF THE MECHANISM FOR CUTTING AND UNLOADING STALK FODDER	107
<i>Гайдамак О. Л., Гунько І. В., Паладій М. С.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОРОШКОВИХ ЧАСТИНОК ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ	115
<i>Trukhanska O</i> IMPROVEMENT OF QUALITY INDICATORS OF THE PROCESS OF SOWING OF ROW CROPS ..	124
<i>Руткевич В. С., Кушнір В. П.</i> РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ДЕФОРМУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ПРОШИВОК ДЛЯ ОБРОБКИ З НАКЛАДАННЯМ УЛЬТРАЗВУКУ	135

**Булгаков В. М.**академік НААН України,
д.т.н., професор*Національний
університет біоресурсів
і природокористування
України***Солоня О. В.**

к.т.н., доцент

*Вінницький національний
аграрний університет***Ігнат'єв Є. І.**

к.т.н., ст. викладач

*Таврійський державний
агротехнологічний
університет імені
Дмитра Моторного***Bulgakov V.**Academician of NAAS of Ukraine,
Doctor of Technical Sciences,
Professor*National University of Life
and Environmental
Sciences of Ukraine***Solona O.**

PhD of Eng., Associate Professor

*Vinnitsia National Agrarian
University***Ihnatiev Y.**

Ph.D, Senior Lecturer

*Dmytro Motornyi Tavria
State Agrotechnological
University***УДК 631.056.2****DOI: 10.37128/2306-8744-2021-2-1****ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ
ПОКАЗНИКІВ ФРОНТАЛЬНО
НАВІШЕНОЇ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ
МАШИНИ ПРИ КОЛИВАННЯХ У
ПОВЗДОВЖНЬО-ВЕРТИКАЛЬНІЙ
ПЛОЩИНІ**

Серед проблем механізованого збирання цукрового буряка найважливішою є зрізання гички з голівок коренеплодів, які перебувають у ґрунті. На підставі проведеного аналізу численних конструкторських розробок і досліджень, перспективним у цей час є двофазний спосіб виконання цієї технологічної операції. При цьому в результаті виконання першої фази здійснюється суцільний безкопирний зріз усього зеленого масиву гички, її збір і транспортування й наступна фаза – очищення голівок коренеплодів від залишків гички або дообрізка голівок. Ефективність такого способу збирання гички є очевидною, тому що зрізана зелена маса гички цукрового буряка може бути використана як корм для тварин або ж для одержання біогазу. У ролі гичкозрізального апарата може бути використаний роторний ріжучий апарат з горизонтальним приводним валом. Збір гички з усієї ширини охоплення гичкозбиральної машини може бути ефективно здійснений за допомогою шнекового транспортера, а навантаження зрізаної гички в транспортний засіб – за допомогою завантажувального пристрою кидального типу. У процесі дослідження розроблено нову трьохрядну гичкозбиральну машину, що реалізує зазначені вище принципи роботи. Гичкозбиральна машина агрегується шляхом фронтального навішення на колісний просапний трактор тягового класу 1.4, обладнаний переднім валом відбору потужності. Нами проведені польові експериментальні дослідження з визначення експлуатаційних характеристик цієї гичкозбиральної машини. Для цього була розроблена програма й методика проведення таких експериментальних досліджень, результати яких оброблялися статистичними методами на ПК із використанням основних методів регресійного й кореляційного аналізу. У результаті проведеного аналізу отриманих значень встановлено, що раціональними значеннями швидкості руху гичкозбиральної машини є $1,5...2,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ при висоті зрізу гички, яка дорівнює $0,02 \text{ м}$ і частоті обертання ротора $1000 \text{ об}\cdot\text{хв}^{-1}$. Отримано експлуатаційні показники: продуктивність при агрегуванні з колісним трактором класу 1.4 – $2,15 \text{ га}\cdot\text{рік}^{-1}$; питома витрата палива – $3,02 \text{ кг}\cdot\text{га}^{-1}$; питоми інвестиційні вкладення – $291,33 \text{ грн}\cdot\text{га}^{-1}$; приведені експлуатаційні витрати – $441,18 \text{ грн}\cdot\text{га}^{-1}$. Отримані результати досліджень експлуатаційних показників розробленої трьохрядної гичкозбиральної машини виявилися в $1,5...1,8$ рази кращими порівняно із серійними гичкозбиральними машинами.

Ключові слова: гичка, роторний ріжучий апарат, трактор, коливання, агрегат, експлуатаційні параметри.



Постановка проблеми. Проведеними агрономічними дослідженнями було встановлено, що гичка цукрового буряка може використовуватися як корм у тваринництві в зеленому вигляді або у вигляді силосу, оскільки має достатні поживні властивості.

Крім того, гичка цукрового буряка тепер широко використовується як сировина при виробництві біогазу, а також як органічне добриво, яке можна вносити в ґрунт відразу після її зрізання й здрибнювання.

Гичкозбиральні машини сучасного технічного рівня здійснюють збирання гички в кілька етапів: на першому етапі здійснюється суцільний безкопінний зріз усього зеленого масиву гички, її збір і транспортування; на другому етапі здійснюється очищення голівок коренеплодів на корені від залишків гички або дообрізка голівок.

Найбільшого поширення в Україні набувають гичкозбиральні машини вітчизняного виробництва БМ-6А і БМ-6Б, що здійснюють процес збирання гички гичкозрізальними апаратами, що провадять індивідуальне копіювання голівок коренеплодів у кожному рядку, подальший збір і навантаження гички в транспортний засіб.

До основних недоліків у роботі цих гичкозбиральних машин належать недостатня якість обрізки голівок коренеплодів, втрати гички й високі експлуатаційні витрати, що особливо сильно виявляються при значних урожаєх гички або значних відхиленнях коренеплодів у рядках.

Тому розробка вдосконалених конструкцій гичкозбиральних машин, які б забезпечували високі показники якості й низькі експлуатаційні характеристики є гострою й актуальною проблемою галузі буряківництва.

Розроблена нами нова трьохрядна гичкозбиральна машина реалізує двофазне збирання гички цукрового буряка й агрегується шляхом фронтального навішення на колісний просапний трактор тягового класу 1.4, який обладнано переднім валом відбору потужності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не дивлячись на широке розповсюдження фронтальних гичкозбиральних модулів бурякозбиральних машин як західного, так і деяких конструкцій вітчизняного виробництва, фундаментальні дослідження їхнього коливального руху нерівностями поверхні ґрунту розглянуто недостатньо. Так у роботі [1] проведено лише теоретичне дослідження коливаний фронтально навішеної на агрегуючий трактор гичкозбиральної машини із застосуванням вихідних рівнянь у формі Лагранжа 2-го роду. Але в цій роботі не

враховані всі сили, що діють на цю динамічну систему, тому отримана математична модель руху не повною мірою відповідає реальному процесу. Крім цього, тут розглядається система, яка складається з двох диференціальних рівнянь і відносно двох узагальнених координат, хоча це завдання може бути з достатнім рівнем точності вирішене з використанням лише однієї узагальненої координати. Застосовуючи методику [2], можна побудувати більш точну математичну модель руху цієї машини нерівностями поверхні ґрунту, що й дасть можливість вивчити вплив її конструктивних параметрів на розглянутий рух уздовж рядків коренеплодів цукрового буряка.

Мета дослідження. У польових умовах оцінити експлуатаційні показники фронтально навішеної на колісний агрегуючий трактор роторної гичкозбиральної машини при її коливаннях у повздовжньо-вертикальній площині.

Методи дослідження. Проведено польові експериментальні дослідження з визначення експлуатаційних характеристик розробленої конструкції фронтально навішеної на агрегуючий трактор трьохрядної гичкозбиральної машини.

Дослідження показників роботи гичкозбиральної машини були проведені в Українському державному центрі випробування й прогнозування техніки й технологій для сільськогосподарського виробництва – Український центр випробувань сільськогосподарської техніки (Київська область).

Агротехнічні показники ділянки поля, на якому проведені експериментальні дослідження, були такими: вологість ґрунту – 22,5%; твердість ґрунту – 2,0 МПа; урожайність коренеплодів – 53,3 т·га⁻¹; врожайність гички – 13,3 т·га⁻¹; форма гички на голівках коренеплодів за характером розміщення листів: розетка – 21,1%, напіврозетка – 50,8%, конус – 28,1%.

Для проведення експериментальних досліджень з визначення експлуатаційних характеристик нової гичкозбиральної машини були розроблені часткові методики [11], а також використовувалися загальні методики проведення польових випробувань сільськогосподарських машин [10].

Польові експериментальні дослідження гичкозбиральної машини були проведені при її агрегуванні із просапним колісним трактором МТЗ-82.1, обладнаним переднім валом відбору потужності (рис. 1).

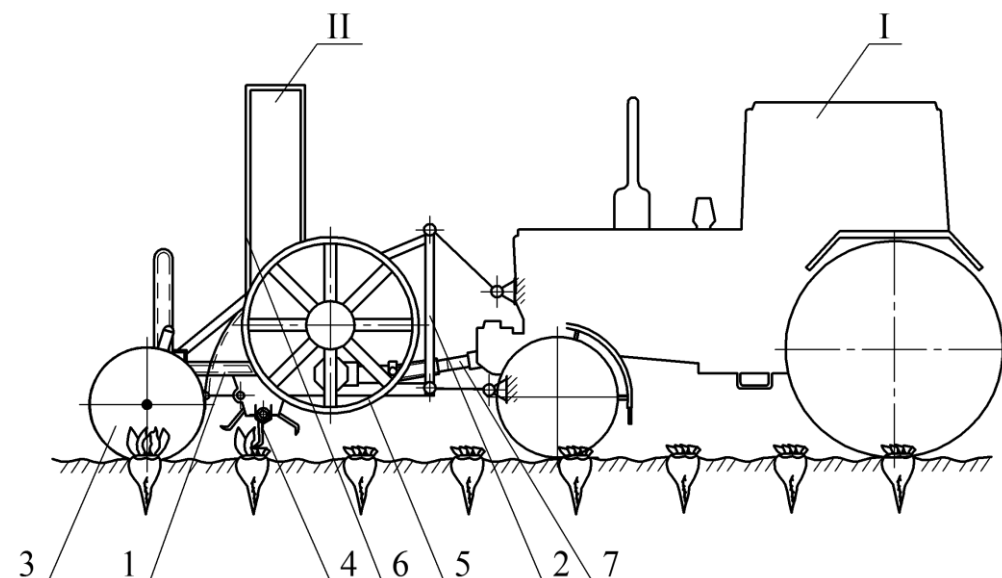
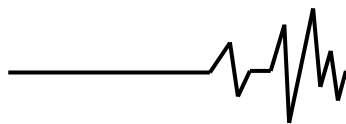


Рис. 1. Схема гичкозбирального агрегату: 1 – рама; 2 – начіпний пристрій; 3 – опорне колесо; 4 – роторний ріжучий пристрій; 5 – транспортувальний робочий орган; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – привід

Експлуатаційні характеристики фіксувалися відповідно до наявних стандартних методик [3, 4, 10].

Зафіксовані під час експериментальних досліджень експлуатаційні характеристики розробленої гичкозбиральної машини були зібрані й оброблені на ПК. Для статистичної обробки експериментальних даних використовувався пакет «Аналіз даних» Microsoft Excel [5, 6, 7]. Регресійний аналіз, проведений з його допомогою, використовувався при визначенні залежностей для досліджуваних параметрів за допомогою методу найменших квадратів, за яким коефіцієнти рівнянь регресії підбираються за умови, що суми квадратів відхилень знайдених значень від дійсних значень мінімальні:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y_{i\text{роз}})^2 = \min. \quad (1)$$

Апроксимацію й згладжування отриманих графіків залежностей проводимо з використанням лінії тренду поліноміального виду в Excel за вірогідності апроксимації $R^2 \approx 1$ [9]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}}, \quad (2)$$

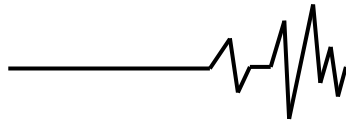
де y_i – експериментальне значення;

\tilde{y}_i – математичне очікування.

Чим більший цей показник, тим краще описує отримана лінія тренду досліджуваний процес, більш детально цей алгоритм описано в [7, 8]. Як результат необхідно отримати емпіричні залежності показників від параметрів гичкозбиральної машини для адекватного опису їхнього впливу.

Результати дослідження і їхній аналіз.

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



Таблиця 1
Результати вимірювання якісних показників роботи фронтально навішеної на орно-просапний колісний трактор гичкозбиральної машини

Число обертів гичкозрізального апарату, об·хв ⁻¹ .	Швидкість руху агрегатуючого трактора											
	0,5 м·с ⁻¹				1,5 м·с ⁻¹				2,5 м·с ⁻¹			
	Висота зрізу (висота встановлення роторного гичкозрізального апарату над рівнем поверхні ґрунту), м											
	0,02	0,06	0,10	0,15	0,02	0,06	0,10	0,15	0,02	0,06	0,10	0,15
	Залишки незрізаної гички г·м ⁻²				Залишки незрізаної гички г·м ⁻²				Залишки незрізаної гички г·м ⁻²			
500	198	276	620	878	179	569	905	991	476	591	921	994
	204	278	496	791	217	508	976	998	421	709	734	791
	197	236	474	793	201	566	906	1021	358	721	956	980
	198	219	475	801	276	594	998	1229	240	688	913	950
	218	207	380	774	301	703	976	1038	325	593	979	989
750	180	179	344	731	196	398	993	1012	381	603	984	997
	212	187	298	609	198	303	878	924	321	597	847	989
	165	210	401	723	200	494	903	998	379	521	895	993
	135	204	348	602	195	576	698	1014	321	629	887	997
	154	242	387	634	192	613	678	964	384	567	845	1021
1000	139	142	309	678	189	398	803	974	312	484	724	980
	158	171	351	679	177	409	786	908	378	467	869	1087
	118	189	304	609	296	504	790	924	420	527	725	970
	149	200	320	506	189	587	721	887	387	491	721	1075
	123	196	250	490	187	534	684	842	329	495	834	1063

Для більш повного опису процесу видалення гички роторною гичкозбиральною машиною внаслідок обробки результатів багатofакторного експерименту отримано математичну модель у вигляді рівняння регресії II ступеня:

– в натуральному вигляді:

$$Q = -177,6 - 0,242n + 530,1V + 8680,8h + 0,000179nn - 109,8VV - 6795,2hh - 0,096nV - 1159,5Vh - 4,23nh + 2,16nVh, \quad (3)$$

– в кодованому вигляді:

$$Y = 587,3 - 50,5X_1 + 168,4X_2 + 327,8X_3 + 11,2X_1X_1 - 28,8X_3X_3 + 21,9X_1X_2 + 29,9X_2X_3 - 16,1X_1X_3 + 35,1X_1X_2X_3, \quad (4)$$

де h , X_3 – висота установки ротора над рівнем поверхні ґрунту, м; V , X_2 – швидкість руху машини, м·с⁻¹; n , X_1 – частота обертання ротора гичкозрізального апарату, об·хв⁻¹.



Графічна інтерпретація зазначених рівнянь регресії (3) і (4) представлено у вигляді поверхні відгуку (рис. 2) та двовірного перерізу (рис. 3).

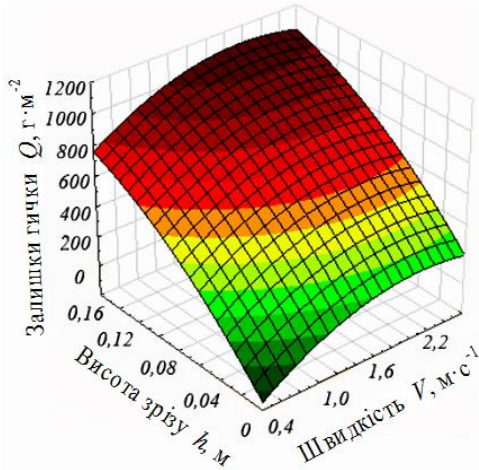


Рис. 2. Поверхня відгуку залежності залишків гички на поверхні голівки коренеплодів від швидкості руху гичкозбиральної машини і висоти зрізу при частоті обертання ротора 500 об·хв⁻¹

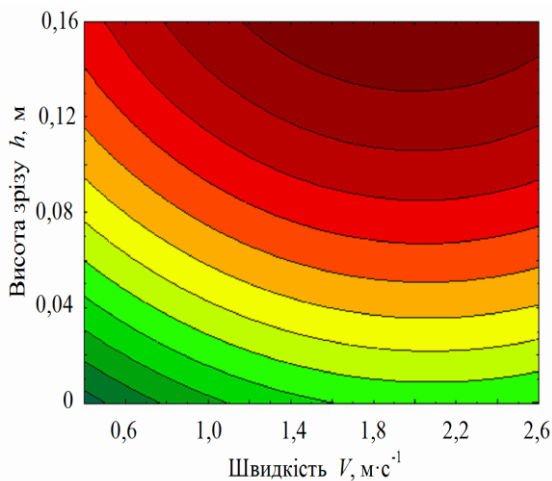


Рис. 3. Двовірний переріз поверхні відгуку залежності залишків гички на поверхні голівки коренеплодів від швидкості руху гичкозбиральної машини і висоти зрізу при частоті обертання ротора 500 об·хв⁻¹

Отримані рівняння регресії, а також графічні залежності свідчать, що зменшення залишків гички на поверхні голівки коренеплодів можна досягнути зменшенням висоти встановлення гичкозрізального апарату над поверхнею ґрунту і поступальної швидкості руху машини, а також збільшенням частоти обертання ротора. Але водночас із цим накладаються обмеження на зазначені параметри рекомендаціями до виконання процесу збирання або умовами якісної роботи робочого органу і машини загалом.

Оскільки при розв'язанні задачі оптимальні значення встановити однозначно не вдалося, то було проведено додаткову серію експериментів при висоті зрізу 0,02 м і частоті обертання ротора 1000 об·хв⁻¹ та зі зміною значення швидкості руху машини від 0,5 до 3,0 м·с⁻¹ з кроком 0,5 м·с⁻¹. Відповідно до аналізу отриманих результатів встановлено, що раціональними значеннями швидкості руху гичкозбиральної машини будуть 1,5...2,0 м·с⁻¹.

Питома потужність за результатами польових експериментальних досліджень, що потрібна для виконання всього технологічного процесу збирання гички гичкозбиральною машиною, становить із урахуванням коефіцієнта корисної дії приводу близько 14,48 кВт при швидкості поступального руху гичкозбирального агрегату 1,2...2,2 м·с⁻¹.

Таблиця 2

Експлуатаційні показники порівнюваних гичкозбиральних агрегатів розробленої нами експериментальної гичкозбиральної машини й серійної

Показник	Експериментальна машина	Базова машина БМ-6А
Продуктивність, га·год ⁻¹	2,15	1,63
Питома витрата палива, кг·га ⁻¹	3,02	5,58
Питомі інвестиційні вкладення, грн·га ⁻¹	291,33	338,31
Приведені експлуатаційні витрати, грн·га ⁻¹	441,18	596,70



За рахунок менших енергетичних витрат на виконання технологічного процесу збирання гички при рівній робочій ширині охоплення порівнюваних агрегатів (табл. 2) спостерігається зменшення витрати палива на $2,5 \text{ кг}\cdot\text{га}^{-1}$, внаслідок чого наведені експлуатаційні витрати зменшуються на $156,6 \text{ грн}\cdot\text{га}^{-1}$.

Висновки:

1. За результатами проведених польових експериментальних досліджень отримані експлуатаційні показники роботи гичкозбиральної машини. Так, продуктивність при агрегуванні з колісним трактором класу 1.4 дорівнює $2,15 \text{ га}\cdot\text{год}^{-1}$; питома витрата палива – $3,02 \text{ кг}\cdot\text{га}^{-1}$; питома інвестиційні

вкладення – $291,33 \text{ грн}\cdot\text{га}^{-1}$; наведені експлуатаційні витрати – $441,18 \text{ грн}\cdot\text{га}^{-1}$.

2. Згідно з аналізом отриманих результатів визначено, що раціональними значеннями швидкості руху гичкозбиральної машини будуть $1,5\text{...}2,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ при висоті зрізу $0,02 \text{ м}$ і частоті обертання ротора $1000 \text{ об}\cdot\text{хв}^{-1}$.

3. Отримані за результатами польових експериментальних досліджень експлуатаційні показники розробленої нами трьохрядної гичкозбиральної машини, що здійснює суцільний безкопирний зріз основного масиву гички роторним гичкозрізальним апаратом, є кращими в $1,5\text{...}1,8$ рази порівняно із серійними гичкозбиральними машинами такого ж класу.

Список використаних джерел

1. 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, Volume 20: Issue 4, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. – pp. 96-103.

2. Василенко П. М. Введение в земледельческую механику. Киев: Сельхозобразование, 1996. 252 с.

3. Веденяпин С.В. Общая методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных. Москва: Колос, 1967. 159 с.

4. Завалишин Ф.С., Манцев И.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. Москва: Колос, 1982. 228 с.

5. Маслов Г.Г., Дидманидзе 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..

6. 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. Vol. 16. P. 288–295.

7. Игнатьев Е. И. Разработка новой конструктивно-технологической схемы уборки ботвы сахарной свеклы с использованием пахотно-пропашного трактора. *Вестник аграрной науки*. 2016. №8. С. 67–71.

8. Bulgakov V., Adamchuk V., Ihnatiev Y., Ihnatiev, Nadykto V. Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors. *Olt. Agronomy Research*. 2016. Volume 14. No 5, P. 1511–1518.

9. 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. Vol. 16. P. 273–280.

10. Булгаков В. М. Совершенствование технологического процесса и машин для уборки корнеплодов свеклы : автореф. дис. на соискания научной степени д-ра тех. наук. Москва: ВИСХОМ, 1993. 61 с.

11. Bulgakov V. M., Adamchuk V. V., Nozdrovický L., Boris M. M., Ihnatiev Ye. I. 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.

References

1. Bulgakov, V., Adamchuk, V., Nozdrovický, L., Ihnatiev, Ye. (2017). Theory of Vibrations of Sugar Beet Leaf Harvester Front-Mounted on Universal Tractor. *Acta Technologica Agriculturae*. Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 20(4), 96–103. [in English].

2. Vasilenko, P. M. (1996). Vvedenie v zemledelcheskuyu mekhaniku [Introduction to Agricultural Mechanics]. Kiev: *Selkhozobrazovanie*, 252. [in Russian].

3. Vedenyapyn, S. V. (1967). General method of experimental research and experimental data processing. Moscow: *Kolos*, 228. [in Russian].

4. Zavalishin F.S., Mantsev I.G., (1982). Research methods for the mechanization of agricultural production. Moscow: *Kolos*, 228. [in Russian].

5. Maslov G.G., Didmanidze O.N., Tsybulevskiy V.V. (2006). Optimization of parameters and operating modes of machines by methods of experiment planning: Textbook for agricultural universities. Moscow: LLC "Publishing house" Triada", 292. [in Russian].

6. Bulgakov V., Golovach I., Ivanovs S., Ihnatiev Y. (2017) Theoretical simulation of



parameters of cleaning sugar beet heads from remnants of leaves by flexible blade. *Engineering for rural development*. Jelgava, 288–295. [in English].

7. Ignatiev E.I., (2016). Development of a new constructive and technological scheme for harvesting sugar beet tops using a tilled-crop tractor. *Bulletin of Agrarian Science*. 8, 67–71. [in Russian].

8. V. Adamchuk, V. Bulgakov, V. Nadykto, Y. Ihnatiev, J. (2016). Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors *Agronomy Research*. 5, 1511–1518. [in English].

9. Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S., Ihnatiev Y. (2017), Theoretical investigation of aggregation of top removal machine frontally mounted on wheeled tractor. *Engineering for rural development*. Jelgava.. Vol. (16), 273–280. [in English].

10. Bulgakov, V. M. (1993). *Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo processa i mashin dlya uborki korneplodov svekly* [Improvement of the technological process and machines for harvesting beet root crops]: avtoref. dis. na soiskaniya nauchnoj stepeni d-ra tekhn. nauk. Moskva: VISKhOM. [in Russian].

11. Bulgakov V. M., Adamchuk V. V., Nozdrovicky L., Boris M. M., Ihnatiev Ye. I. (2016). Properties of the sugar beet tops during the harvest. *6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering*. Prague, Czech Republic. P. (7-9), 102–108. [in English].

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФРОНТАЛЬНОЙ НАВЕСОК БОТВОУБОРОЧНЫМ МАШИН ПРИ КОЛЕБАНИЯХ В ПРОДОЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Среди проблем механизированной уборки сахарной свеклы важным является срезание ботвы с головок корнеплодов, находящихся в почве. На основании проведенного анализа многочисленных разработок и исследований, перспективным в настоящее время является двухфазный способ выполнения этой технологической операции. При этом в результате выполнения первой фазы осуществляется сплошной безкопирный срез всего зеленого массива ботвы, ее сбор и транспортировку и следующая фаза - очищение головок корнеплодов от остатков ботвы или дообрезка головок. Эффективность такого способа уборки ботвы очевидна, так как срезанная зеленая масса ботвы сахарной свеклы может быть использована в качестве корма для животных или для получения биогаза. В качестве гичкозризального аппарата может быть использован роторный режущий аппарат с горизонтальным приводным валом. Сбор ботвы

со всей ширины охвата ботвоуборочной машины может быть эффективно осуществлен с помощью шнекового транспортера, а нагрузка срезанной ботвы в транспортное средство - с помощью загрузочного устройства бросательный типа. В процессе исследования разработана новая трехрядной ботвоуборочным машину реализует указанные выше принципы работы. Ботвоуборочным машина агрегируется путем фронтального навешивания на трактор пропашной трактор тягового класса 1.4, оборудован передним валом отбора мощности. Нами проведены полевые экспериментальные исследования по определению эксплуатационных характеристик этой ботвоуборочной машины. Для этого была разработана программа и методика проведения таких экспериментальных исследований, результаты которых обрабатывались статистическими методами на ПК с использованием основных методов регрессионного и корреляционного анализ. В результате проведенного анализа полученных значений установлено, что оптимальными значениями скорости движения ботвоуборочной машины есть $1,5 \dots 2,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ при высоте среза ботвы, равной $0,02 \text{ м}$ и частоте вращения ротора $1000 \text{ об} \cdot \text{мин}^{-1}$. Получено эксплуатационные показатели: производительность при агрегатировании с колесным трактором класса 1.4 - $2,15 \text{ га} \cdot \text{год}^{-1}$; удельный расход топлива - $3,02 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$; удельные инвестиционные вложения - $291,33 \text{ грн} \cdot \text{га}^{-1}$; приведены эксплуатационные расходы - $441,18 \text{ грн} \cdot \text{га}^{-1}$. Полученные результаты исследований эксплуатационных показателей разработанной трехрядной ботвоуборочной машины оказались в $1,5 \dots 1,8$ раза лучше по сравнению с серийными ботвоуборочным машинами.

Ключевые слова: ботва, роторный режущий аппарат, трактор, колебания, агрегат, эксплуатационные параметры.

INVESTIGATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF FRONTALLY SUSPENDED HICK- COLLECTING MACHINE DURING OSCILLATIONS IN THE LONGITUDINAL-VERTICAL PLANE

Among the problems of mechanized harvesting of sugar beet, the most important is the cutting of the bud from the heads of root crops that are in the soil. Based on the analysis of numerous design developments and research, a two-phase method of performing this technological operation is promising at this time. Thus as a result of performance of the first phase the continuous copyless cut of all green mass of a top, its collecting and transportation is carried out and the following phase - clearing of heads of root crops of the remains of a top or additional pruning of



heads. The effectiveness of this method of harvesting hyphae is obvious, because the cut green mass of sugar beet hyphae can be used as animal feed or to produce biogas. A rotary cutting device with a horizontal drive shaft can be used as a cutting device. The collection of the hitch from the entire width of the coverage of the hitch-harvesting machine can be effectively carried out by means of an auger conveyor, and the loading of the cut hitch into the vehicle - by means of a loading device of the throwing type. In the course of the research a new three-row hook-harvesting machine was developed, which implements the above principles of work. The hitch harvester is aggregated by frontal attachment to a wheeled tractor of traction class 1.4, equipped with a front PTO shaft. We conducted field experimental studies to determine the performance of this hitchhiking machine. For this purpose, a program and methodology for conducting such experimental

studies were developed, the results of which were processed by statistical methods on a PC using the basic methods of regression and correlation analysis. As a result of the analysis of the obtained values it was found that the rational values of the speed of the hitch harvester are $1.5 \dots 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ at the height of the cut of the hitch, which is equal to 0.02 m and the rotor speed of 1000 rpm^{-1} . The operational indicators are obtained: productivity when aggregating with a wheeled tractor of class $1.4 - 2.15 \text{ ha} \cdot \text{year}^{-1}$; specific fuel consumption - $3.02 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; specific investments - $\text{UAH } 291.33 \cdot \text{ha}^{-1}$; reduced operating costs - $\text{UAH } 441.18 \cdot \text{ha}^{-1}$. The obtained results of researches of operational indicators of the developed three-row hook-harvesting machine turned out to be $1.5 \dots 1.8$ times better in comparison with serial hook-harvesting machines.

Key words: top, rotary cutting device, tractor, oscillations, unit, operational parameters.

Відомості про авторів

Булгаков Володимир Михайлович – академік НААН, д.т.н., професор кафедри механіки Національний університет біоресурсів і природокористування України, 12В, вул. Героїв Оборони, м. Київ, 03041 e-mail: vbulgakov@meta.ua.

Солоня Олена Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net).

Ігнат'єв Євген Ігоревич - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машиновикористання в землеробстві Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Булгаков Владимир Михайлович - академик НААН, д.т.н., профессор кафедры механики Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборони, 12В., Г. Киев, 03041 e-mail: vbulgakov@meta.ua.

Солоня Елена Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net).

Игнат'ев Евгений Игоревич - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры машиноиспользования в земледелии Таврийского государственного агротехнологического университета имени Дмитрия Моторного..

Bulgakov Volodymyr - Academician of NAAS, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 12B, vul. Heroes of Defense, Kyiv, 03041 e-mail: vbulgakov@meta.ua.

Solona Olena – Candidate of Technical Sciences (*Ph. D in Engeneering*), Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection, Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyschaya St., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net).

Ignatiev Eugene - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Machine Use in Agriculture Tavriya State Agrotechnological University named after Dmitry Motorny.