



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2021-3

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



**ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК**



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 3 (114) / 2021

м. Вінниця - 2021

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

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

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2021. 3(114). С. 164.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 2 від 28.09.2021 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886);

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

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

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

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

Члени редакційної колегії

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

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

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

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

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

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

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

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

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

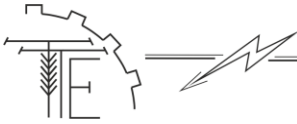
Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАГНІТАННЯ ЧИСТОГО ПОВІТРЯ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ..... 4***Булгаков В.М., Кувачов В.П., Солоня О.В., Борис М.М.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ..... 16***Гунько І.В.***ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОПАЛИВА..... 24***Середа Л.П., Ковальчук Д.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL..... 30**

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Веселовська Н.Р., Брацлавець Б.С., Ялина О.О., Іскович-Лотоцький Р.Д.***РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІЗНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ З НАПРАВЛЕНИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ..... 41***Ihor Kurchuk, Yuliia Poberezhets, Ruslan Kravets***RESEARCH OF THE RHEOLOGICAL PARAMETERS OF FEED GRAIN IN THE PROCESS OF THE COMBINED IMPACT-CUTTING GRINDING..... 49***Іскович-Лотоцький Р.Д., Веселовська Н.Р., Токарчук О.А., Склярчук О.В.***РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ПРОЛІЗНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ВІДХОДІВ..... 59***Ludmila Shvets, Olena Trukhanska***DEFORMATION OF ALUMINUM ALLOYS IN ISOTHERMAL CONDITIONS..... 68***Омельянов О.М., Твердохліб І.В.***СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК В ОБЛАСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ..... 75***Островський А.Й.***УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ҐРАТУВАННЯ ПРИ ВИЛИВАННІ МЕЛЮЧИХ КУЛЬ У КОКІЛЬ..... 91***Пазюк В.М., Шеманська Є.І., Пазюк Д.В.***РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ СУШІННЯ НАСІННЯ РІПАКУ..... 98***Севостьянов І.В., Краєвський С.О., Севостьянов В.І.***УСТАНОВКИ З ГІДРОПРИВОДОМ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ВОЛОГИХДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ..... 104***Serhiy Burlaka, Svitlana Kravets***DIAGNOSIS OF FUEL EQUIPMENT OF DIESEL ENGINE BY REMOVING VIBRO INDICATORS OF FUEL SUPPLY..... 113***Цуркан О.В., Полевода Ю.А., Присяжнюк Д.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МАЯТНИКОВИМ МЕХАНІЗМОМ ВІЛЬНОГО ХОДУ..... 124**

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Рубаненко О.Є., Токарчук О.А.***ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ НЕПОВНОТИ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ..... 136***Штуць А.А., Чмих К.В.***УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА ЗА РАХУНОК КОНТУРУ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНОГО РЕЛЕ LOGO! 12/24 RC В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB SIMULINK..... 149**



УДК 631.3

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-3-2

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ
ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ**

Булгаков Володимир Михайлович, академік НААН України, д.т.н., професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кувачов Володимир Петрович, д.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Солоня Олена Василівна, к.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет

Борис Микола Михайлович, к.т.н., доцент

Подільський державний аграрно-технічний університет

Volodymyr Bulgakov, Academician of NAAS, Doctor of Technical Sciences, Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Volodymyr Kuvachov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

Olena Solona, Candidate of Technical Sciences, (Ph. D in Engineering), Associate Professor, Vinnytsia
National Agrarian University

Mykola Boris, Candidate of Technical Sciences, (Ph. D in Engineering), Associate Professor
State Agrarian and Engineering University in Podilia

Перспективним напрямком подальшого розвитку сільського господарства не тільки в Україні, а і у світі, є впровадження інноваційних технологій, до яких слід віднести колійну систему землеробства. Рух транспортних і енергетичних засобів по вирівняному ущільненому сліду постійної технологічної колії викликає небажані і нехарактерні для сільськогосподарської техніки вібрації. Останні обумовлені впливом мікропрофілю постійної технологічної колії, що здійснює істотний негативний вплив на ступінь комфорту і ефективність роботи оператора, експлуатаційно-технологічні показники, надійність і плавність руху машин. У статті представлена методика і результати експериментальної автоматизованої оцінки мікропрофілю нерівностей слідів постійної технологічної колії. Проведені експериментальні дослідження мікропрофілю нерівностей слідів постійної технологічної колії показали, що середнє квадратичне відхилення нерівностей профілю дорівнює $\pm 0,84$ см. За своєю внутрішньою структурою нерівності профілю слідів постійної технологічної колії характеризуються функцією, що містить поряд з випадковими складовими – гармонійні, які виражені затухаючими періодичними коливаннями нормованої кореляційної функції. Основна частка дисперсії коливань нерівностей профілю слідів технологічної колії зосереджена в діапазоні частот $0 \dots 0,3$ см⁻¹. Генератором формування нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії є параметри ґрунтозачепів шин коліс машин, які рухаються по ній. Підтвердженням цього є той факт, за яким довжина кореляційної зв'язку ординат нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії в умовах випробувань мостового агрозасобу нової конструкції становить близько 0,18 м, що відповідає кроку ґрунтозачепів його шин.

Ключові слова: постійна технологічна колія, вібрація, мікропрофіль, методика, профілювання нерівностей, автоматизований профілограф, експериментальні дослідження.

Ф. 3. Рис. 6. Літ. 14.

1. Постановка проблеми

Перспективним напрямком подальшого розвитку сільського господарства не тільки в Україні, а і у світі, є впровадження інноваційних технологій, до яких слід віднести колійну систему землеробства [1-4]. Відповідно до якої для обробки ґрунту, посіву рослин, обприскування і збирання врожаю використовуються одні й ті ж самі транспортно-технологічні доріжки для руху транспортних та енергетичних засобів [5, 6]. Процес формування ущільнених та вирівняних слідів постійної технологічної колії полягає у її прокладенні на площі поля із заданим кроком, будь-то в результаті багатократних проходів рушіїв сільськогосподарської техніки, або за допомогою спеціальних знарядь [7-9]. Сформований у такий



спосіб мікрорельєф (нерівності поздовжнього профілю) постійної технологічної колії є важливою характеристикою. Оскільки від нього (мікрорельєфу) суттєво залежатиме інтенсивність зовнішніх збурень, що діють на енергетичні і транспортні засоби, які рухаються по ньому і значною мірою обумовлені їх експлуатаційно-технологічні показники, надійність, плавність руху, вібраційні умови праці операторів [10, 11].

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Свого часу нами було розроблено та випробувано дослідний зразок сільськогосподарського знаряддя для прокладання постійної технологічної колії [7, 8]. За основу цього знаряддя використано середню секцію пружинної борони БП-8, на якій встановлено додаткові опорні колеса, два плужні корпуси з шириною захвату 0,35 см кожний та гідروفіковані маркери. S-подібні робочі органи знаряддя розвернуто на 180° і для кращого розпушування ґрунту обладнано стрілочастими лапами з шириною захвату 150 мм. Після прокладання вказаним знаряддям постійної технологічної колії основна доля дисперсії коливань її поздовжнього профілю була зосереджена в діапазоні частот $0...2,5 \text{ м}^{-1}$, а величина дисперсії цих коливань становила $3,8 \text{ см}^2$ [8].

Слід зазначити, що методика профілювання ґрунтово-дорожніх фонів добре відпрацьована багаторічною практикою [12, 13]. Але, в більшості випадків, науковці користуються або безпосереднім дискретним виміром висот нерівностей мікропрофілю шляху, або застосовують механічні профілографи із записом ординат нерівностей на паперову стрічку. У такий спосіб традиційні методи вимірювання нерівностей поздовжньому профілю колії рейками або механічними самописними профілографами через їх високу трудомісткість, а також через відсутність автоматизації вимірювань вже морально застаріли.

Сучасний науково-технічний рівень проведення експериментальних досліджень дозволяє безпосередньо дистанційно реєструвати реалізації процесів на ПК за допомогою аналогово-цифрових перетворювачів з одночасною автоматичною обробкою результатів, корегуванням процесу експериментальних досліджень, що значно підвищує точність вимірювань.

Перспективним напрямком створення таких приладів нового покоління, які дозволяють безпосередньо вимірювати мікропрофіль поверхні поздовжнього профілю шляху, відносяться автоматизовані профілографи і профілометри. Дані прилади можуть монтуватися на транспортний або енергетичний засіб. Така вимірювальна техніка може оснащуватися лазерними, оптичними, ультразвуковими безконтактними і іншими датчиками разом з акселерометром і гіроскопами, а також датчиками кутових переміщень і т.п. Однак питанням щодо створення таких приладів в науково-популярній літературі приділяється недостатньо уваги.

3. Мета досліджень

Підвищення ефективності процесу профілювання мікронерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії шляхом обґрунтування схеми автоматизованого профілографа та методики вимірювань.

4. Методика досліджень

Для профілювання нерівностей ґрунтового сліду постійної технологічної колії було використано спеціально для цього виготовлений вимірювальний комплекс (рис. 1). Вказаний комплекс містив автоматизований профілограф 1, встановлений на рейці 2, яка закріплена на стійках. На профілограф встановлено реохордний датчик 3 (СП-3А). При переміщенні профілографа 1 по рейці 2 його колесо 4 обкатає нерівності 5 поздовжнього профілю шляху. Зі зміною ординати нерівностей фону 5 важіль 6 профілографа 1 здійснює кутові переміщення, що змінює опір реохордного датчика 3. Сигнал від нього (електричний струм) поступає на аналогово-цифровий перетворювач 7, живлення якого здійснюється від акумулятора 8, і відображається на моніторі ПК 9. При профілюванні нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії профілограф переміщується рівномірно по рейці зі швидкістю близько $0,5 \text{ м/с}$ від одної опорної стійки до іншої.

Сигнал від профілографа оброблявся за допомогою програми Power Graph 2.1, як в аналоговій так і цифровій формах (рис. 2).

Тарування профілографа (див. рис. 1) здійснювали на рівному майданчику шляхом підкладанням під його колесо пластин з різною товщиною. При цьому сигнал від датчика СП-3А фіксували за допомогою аналогово-цифрового перетворювача та ПК. Тарувальна залежність значень за показаннями вихідного сигналу (V) в середовищі Power Graph 2.1 від дійсних ординат (h , см) нерівностей профілографа мала вигляд:



$$h = 38,8 \cdot v - 5,52. \quad (1)$$

Відносна погрішність вимірювання нерівностей поздовжнього профілю агрофону апаратно-вимірювальний комплексом (див. рис. 1) не перевищувала 2,5%.

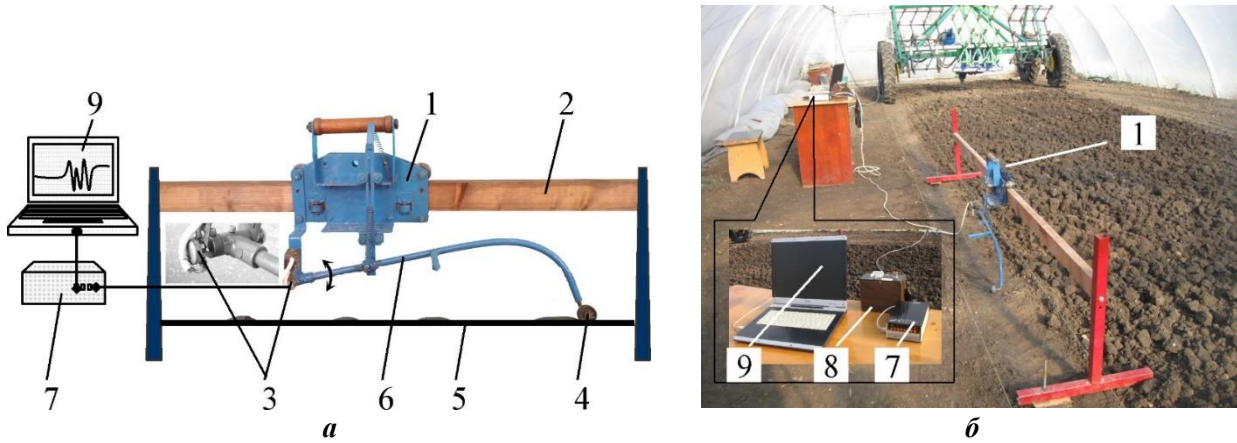


Рис. 1. Автоматизований профілограф (а) і апаратно-вимірювальний комплекс (б) для оцінювання нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії і:
1 – профілограф; 2 – рейка; 3 – реохордний датчик; 4 – колесо профілографа; 5 – нерівності поздовжнього профілю шляху; 6 – важіль профілографа; 7 – аналогово-цифровий перетворювач; 8 – акумулятор живлення; 9 – ПК

Далі, за допомогою спеціально-розробленої програми для розрахунку і побудови кореляційно-спектральних характеристик нерівностей мікропрофілю ґрунтово-дорожніх фонів у середовищі Microsoft Office Excel здійснювався подальший математичний аналіз отриманих даних (рис. 3).

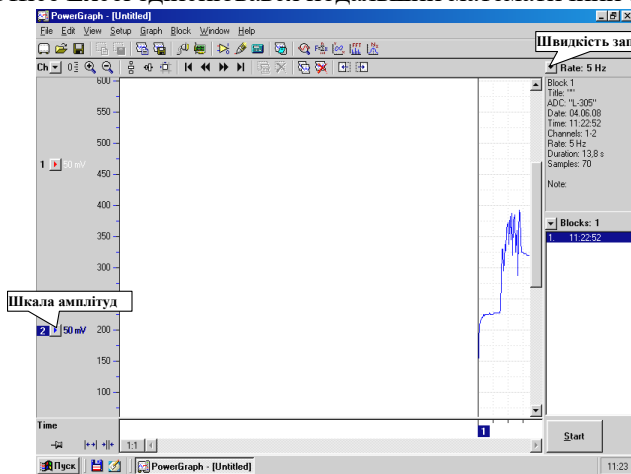


Рис. 2. Інтерфейс робочого вікна середовища Power Graph 2.1 з реалізацією сигналу від профілографа з датчиком СП-3А

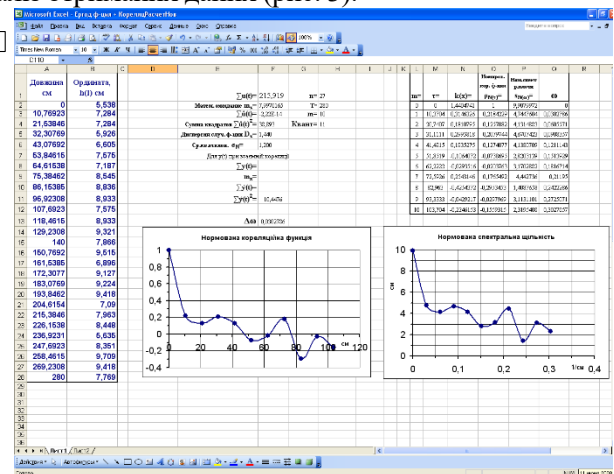


Рис. 3. Інтерфейс робочого вікна спеціально-розробленої програми розрахунку та побудови кореляційно-спектральних характеристик випадкової стаціонарної функції у середовищі Microsoft Office Excel

Нормовану кореляційну функцію $\rho(l)$ коливань нерівностей мікропрофілю слідів постійної технологічної колії розраховували як відношення кореляційної функції до дисперсії [14]:

$$\rho(l) = \frac{1}{D_h(n-m)} \sum_{i=1}^{n-m} (h_i - m_h)(h_{i+m} - m_h), \quad (2)$$

де n – кількість вимірювань; m – число точок кореляційної функції, $m = 0, 1, 2, \dots$; h_i – ордината нерівності, см, $i = 1, m$; m_h – математичне очікування ординат нерівностей, см; D_h – дисперсія профілю фону, см².

Нормовану спектральну щільність $s(\omega)$ коливань нерівностей мікропрофілю слідів постійної технологічної колії визначали за відношенням спектральної щільності до дисперсії випадкової функції [14]:



$$s(\omega) = \frac{\Delta l}{\pi} \left[1 + 2 \sum_{i=1}^m \rho_i(l) \cos(m_i \cdot \Delta \omega) \right], \quad (3)$$

де Δl – інтервал вимірювання нерівностей профілю, см; $\Delta \omega = \frac{\pi}{m \cdot \Delta l}$ – крок частоти нерівностей профілю, см^{-1} .

В теорії ймовірності рівняння (2) і (3), що зв'язують взаємно кореляційну функцію з функцією спектральної щільності, називають "косинус-перетворення Фур'є". Таким чином, нормовані кореляційна функція і спектральна щільність виражаються одна через іншу за допомогою "перетворення Фур'є".

5. Виклад основного матеріалу дослідження

Експериментальні дослідження проводилися у тепличному комплексі (рис. 4), на базі якого була спеціально обладнана лабораторія для випробування мостового агрозасобу, який спеціально призначений для його використання в умовах колійного землеробства. В умовах цієї лабораторії була штучно створена на ґрунті постійна технологічна колія. Поздовжній профіль нерівностей якої був остаточно сформований багатократними проходами рушіїв мостового агрозасобу нової конструкції по ній.



Рис. 4. Лабораторія для випробування мостового агрозасобу нової конструкції з прокладеною постійною технологічною колією

В результаті профілювання нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії було встановлено, що середнє квадратичне відхилення нерівностей дорівнювало $\pm 0,84$ см. За своєю внутрішньою структурою нерівності профілю слідів постійної технологічної колії характеризуються функцією, що містить поряд з випадковими складовими – гармонійні, які виражені затухаючими періодичними коливаннями нормованої кореляційної функції (рис. 5). Її аналіз показав, що довжина кореляційної зв'язку ординат нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії становить близько 0,18 м, що відповідає кроку ґрунтозацепів шин мостового агрозасобу нової конструкції, величина якого для типорозміру шин 9.5R32 дорівнює 0,175 м.

Спектр частот, які складають випадкову функцію нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії визначає нормована спектральна щільність їх ординат (рис. 6). З її аналізу випливає, що частота зрізу для цього процесу дорівнює приблизно $0,3 \text{ см}^{-1}$. Основна частка дисперсій коливань нерівностей профілю слідів технологічної колії зосереджена в діапазоні частот $0 \dots 0,3 \text{ см}^{-1}$. Середнє квадратичне відхилення ординат зазначених нерівностей також узгоджується з висотою ґрунтозацепів шин коліс агрозасобу нової конструкції, величина якої для типорозміру шин 9.5R32 дорівнює 0,03 м.

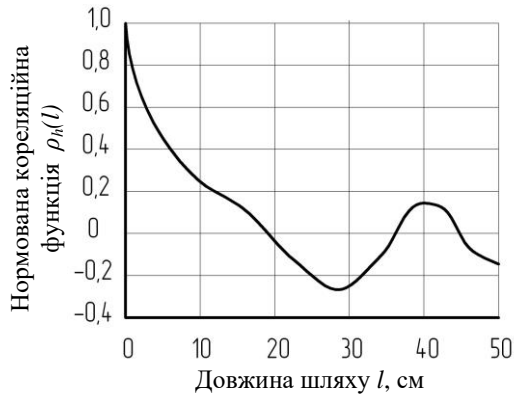


Рис. 5. Нормовані кореляційні функції $\rho_h(l)$ профілів нерівностей слідів постійної технологічної колії від довжини шляху

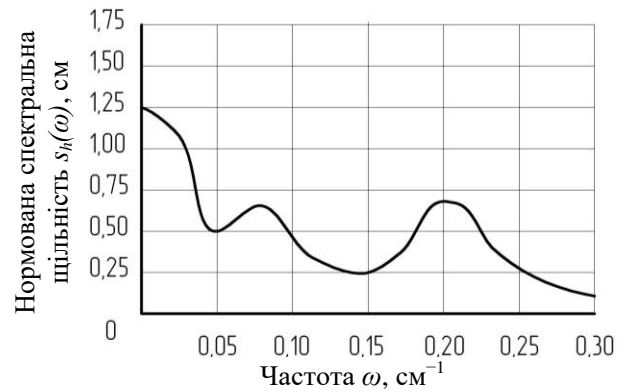


Рис. 6. Нормовані спектральні щільності $s_h(\omega)$ профілю нерівностей слідів постійної технологічної колії

Представлений вище аналіз характеристик нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії свідчить, що генератором формування цих нерівностей є параметри ґрунтозачепів шин коліс мостового агрозасобу нової конструкції.

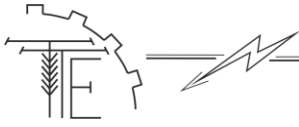
6. Висновки

В результаті профілювання нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії було встановлено, що середнє квадратичне відхилення нерівностей мікропрофілю дорівнює $\pm 0,84$ см. За своєю внутрішньою структурою нерівності профілю слідів постійної технологічної колії характеризуються функцією, що містить поряд з випадковими складовими – гармонійні, які виражені затухаючими періодичними коливаннями нормованої кореляційної функції.

Генератором формування нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії є параметри ґрунтозачепів шин коліс енергетичних і транспортних засобів, які рухаються по ній. В умовах випробувань мостового агрозасобу нової конструкції, який рухався по ґрунтовим слідам постійної технологічної колії, основна частка дисперсій коливань нерівностей поздовжнього профілю шляху зосереджена в діапазоні частот $0 \dots 0,3 \text{ см}^{-1}$, що узгоджується із висотою ґрунтозачепів його шин. Підтвердженням цього є той факт, за яким довжина кореляційної зв'язку ординат нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії в умовах випробувань мостового агрозасобу нової конструкції становить близько 0,18 м, що відповідає кроку ґрунтозачепів його шин.

Список використаних джерел

1. Надикто В. Т., Улексін В. О. Колійна та мостова системи землеробства: монографія. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2018. 270 с.
2. Bindi I.; Blackwell P., Riethmuller G. This controlled traffic farming technical manual. It updates the tramline farming systems: technical manual bulletin 4607. Published by the Department of Agriculture and food, Western Australia. 2013. 78 p.
3. Chamen T. Controlled traffic farming – from world wide research to adoption in europe and its future prospects. *Acta Technologica Agriculturae Nitra*. 2015. №3. P. 64–73.
4. Gasso V., Sørensen C.A.G., Oudshoorn F.W. Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts. *European Journal of Agronomy*. 2013. №48. P. 66–73.
5. Кувачов В. П., Мітков В. Б. Обґрунтування критеріїв оптимальності сумісного маршрутизованого руху технологічного комплексу МТА. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2012. Вип. 2, Т. 5. С. 8–15.
6. Кувачов В. П., Кольцов М. П. До питання моделювання оптимальних комплексів машин для колійної системи землеробства. *Праці ТДАТУ*. 2011. Вип. 11, т.2. С. 15–20.
7. Надикто В. Т., Аюбов А. М., Коваленко А. В. Дослідження агрегату для прокладання слідів постійної технологічної колії. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь. 2005. Вип. 30. С. 102–110.
8. Надикто В. Т., Аюбов А. М. Дослідження руху МТА для суцільної культивування яблук та сівби по слідах постійної технологічної колії. *Збірник наукових праць НАУ*. 2006. Вип. 101. С. 52–57.



9. Кувачов В. П. Аналіз методик визначення глибини технологічної колії для випадку її прокладання на ґрунті колесами енергозасобу. *Праці ТДАТУ*. 2011. Вип. 11, том 1. С. 96–103.
10. Bulgakov V., Adamchuk V., Kuvachov V. Study into movement of wide span tractors (vehicles) used in controlled traffic farming. *Proceedings 28th DAAAM International Symposium «Intelligent Manufacturing And Automation»* (08 – 11th November 2017, Zadar, Croatia) / DAAAM International. Vienna, Austria, 2017. P. 0199–0208.
11. Кувачев В., Митков В., Шульга О. Моделирование плоско–параллельного движения в вертикальной плоскости ширококолейного агросредства для kolejной системы земледелия. *Motrol*. 2016. Vol. 18. №1. С. 3–12.
12. Хлепотько М. Н. Оценка проходимости мобильных машин. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1998. №5. С. 20–22.
13. Дмитриченко С. С., Завьялов Ю. А. Об определении статистических характеристик микропрофилей грунтовых дорог и полей. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1983. №5. С. 9–11.
14. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов: Учебн. пособ. Ленинград: Колос, 1979. 376 с.

References

- [1] Nadykto, V.T., Uleksin, V.O. (2008). *Koliyna ta mostova systemy zemlerobstva: monohrafiya*. Melitopol': TOV Vydavnychyy budynok MMD. [In Russian].
- [2] Bindi, I.; Blackwell, P., Riethmuller, G. (2013). This controlled traffic farming technical manual. It updates the tramline farming systems: technical manual bulletin 4607. Published by the Department of Agriculture and food, Western Australia. [In English].
- [3] Chamen, T. (2015). Controlled traffic farming – from world wide research to adoption in europe and its future prospects. *Acta Technologica Agriculturae Nitra*, 3. 64–73. [In English].
- [4] Gasso, V., Sørensen, C., Oudshoorn, F. (2013). Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 48. 66–73. [In English].
- [5] Kuvachov, V.P., Mitkov, V.B. (2012). Obgruntuvannya kryteriyiv optimal'nosti sumisnoho marshrutyzovanoho rukhu tekhnolohichnoho kompleksu MTA. *Naukovyy visnyk TDAU*, 2(5). 8–15. [In Ukrainian].
- [6] Kuvachov, V.P., Kol'tsov, M.P. (2011). Do pytannya modelyuvannya optimal'nykh kompleksiv mashyn dlya koliynoyi systemy zemlerobstva. *Pratsi TDAU*, 11(2). 15–20. [In Ukrainian].
- [7] Nadykto, V.T., Ayubov, A.M., Kovalenko, A.V. (2005). Doslidzhennya ahrehatu dlya prokladannya slidivv postiyanoi tekhnolohichnoyi koliyi. *Pratsi TDATA*. Melitopol', 30. 102–110. [In Ukrainian]
- [8] Nadykto, V.T., Ayubov, A.M. (2006). Doslidzhennya rukhu MTA dlya sutsil'noyi kul'tyvatsiyi z yabu ta sivby po slidakh postiyanoi tekhnolohichnoyi koliyi. *Zbirnyk naukovykh prats' NAU*, 101. 52–57. [In Ukrainian]
- [9] Kuvachov, V.P. (2011). Analiz metodyk vyznachennya hlybyny tekhnolohichnoyi koliyi dlya vypadku yiyi prokladannya na hrunti kolesamy enerhozasobu. *Pratsi TDAU*, 11(1). 96–103. [In Ukrainian].
- [10] Bulgakov, V., Adamchuk, V., Kuvachov, V. (2017). Study into movement of wide span tractors (vehicles) used in controlled traffic farming. *Proceedings 28th DAAAM International Symposium «Intelligent Manufacturing And Automation»* (08 – 11th November 2017, Zadar, Croatia) / DAAAM International. Vienna, Austria, P. 0199–0208 [In English].
- [11] Kuvachev, V. Mytkov, V., Shul'ha, O. (2016). Modelyrovanye plosko–parallel'noho dvyzhenyya v vertykal'noy ploskosty shyrokokoleynoho ahrosredstva dlya koleynoy systemy zemledelya. *Motrol*, 18(1). 3–12. [In Russian].
- [12] Khlepyt'ko, M.N. (1998). Otsenka prokhodymosty mobyl'nykh mashyn. *Traktory y sel'skokhozyaystvennye mashyny*, 5. 20–22. [In Russian].
- [13] Dmytrychenko, S.S., Zav'yalov, YU.A. (1983). Ob opredelenyyi statystycheskykh kharakterystyk mykroprofyley hruntovykh doroh y poley. *Traktory y sel'skokhozyaystvennye mashyny*, 5. 9–11. [In Russian].
- [14] Lur'e, A.B. (1979). *Statystycheskaya dynamyka sel'skokhozyaystvennykh ahrehatov: Uchebn. posob.* Lenynhrad: Kolos, 1979. [In Russian].



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ПОСТОЯННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПУТЕЙ

Перспективным направлением дальнейшего развития сельского хозяйства не только в Украине, но и в мире, является внедрение инновационных технологий, к которым следует отнести путевую систему земледелия. Движение транспортных и энергетических средств по выровненной уплотненном следа постоянной технологической колеи вызывает нежелательные и нехарактерные для сельскохозяйственной техники вибрации. Последние обусловлены влиянием микропрофилю постоянной технологической колеи, осуществляющим существенное негативное влияние на степень комфорта и эффективность работы оператора, эксплуатационно-технологические показатели, надежность и плавность движения машин. В статье представлена методика и результаты экспериментальной автоматизированной оценки микропрофилю неровностей следов постоянной технологической колеи. Проведенные экспериментальные исследования микропрофилю неровностей следов постоянной технологической колеи показали, что среднее квадратическое отклонение неровностей профиля равно $\pm 0,84$ см. По своей внутренней структуре неровности профиля следов постоянной технологической колеи характеризуются функцией, содержит наряду со случайными составляющими - гармоничные, выраженные затухающими периодическими колебаниями нормированной корреляционной функции. Основная доля дисперсий колебаний неровностей профиля следов технологической колеи сосредоточена в диапазоне частот 0 ... 0,3 см⁻¹. Генератором формирования неровностей продольного профиля грунтовых следов постоянной технологической колеи являются параметры грунтозацепов шин колес машин, движущихся по ней. Подтверждением этого является тот факт, согласно которому длина корреляционной связи ординат неровностей профиля следов постоянной технологической колеи в условиях испытаний мостового агросасобу новой конструкции составляет около 0,18 м, что соответствует шагу грунтозацепов его шин.

Ключевые слова: постоянная технологическая колея, вибрация, микропрофиль, методика, профилирования неровностей, автоматизированный

Ф. 3. Рис. 6. Лит. 14.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF MICRORELIEF SOIL SURFACES OF PERMANENT TECHNOLOGICAL TRACK

A promising direction for further development of agriculture not only in Ukraine but also in the world is the introduction of innovative technologies, to which we should include the track system of agriculture. The movement of transport and energy vehicles on the aligned compacted trace of the constant technological track causes undesirable and uncharacteristic vibrations for agricultural machinery. The latter are due to the influence of the microprofile of the constant technological track, which has a significant negative impact on the degree of comfort and efficiency of the operator, operational and technological indicators, reliability and smoothness of machines. The method and results of experimental automated estimation of the microprofile of irregularities of traces of the constant technological track are presented in the article. Experimental studies of the microprofile of irregularities of the traces of the constant technological track have shown that the standard deviation of the irregularities of the profile is ± 0.84

According to their internal structure, the inequalities of the profile of traces of the constant technological track are characterized by a function that contains, along with random components, the harmonic ones, which are expressed by attenuating periodic oscillations of the normalized correlation function. The main share of variances of oscillations of the irregularities of the profile of the traces of the technological track is concentrated in the frequency range from 0... 0.3 cm⁻¹. The generator of formation of irregularities of a longitudinal profile of soil traces of a constant technological track are parameters of ground hooks of tires of wheels of the cars moving on it. This is confirmed by the fact that the length of the correlation of the ordinates of the irregularities of the profile of the traces of a constant technological track in the conditions of tests of the bridge agricultural tool of the new design is about 0.18 m, which corresponds to the pitch of its tires.

Key words: constant technological track, vibration, microprofile, methodology, profile of inequalities, automated profilograph, experimental researches.

F. 3. Fig. 6. Ref. 14.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

Булгаков Володимир Михайлович – академік НААН, д.т.н., професор, завідувач кафедри механіки Національного університету біоресурсів і природокористування України (15, вул. Героїв Оборони, м. Київ, 03041; e-mail: vbulgakov@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3445-3721>)

Кувачов Володимир Петрович – д.т.н., доцент, завідувач кафедри машиновикористання в землеробстві Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312; e-mail: kuvachoff@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5762-256X>)

Солона Олена Василівна – кандидат технічних наук, доцент, завідувачка кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4596-0449>)

Борис Микола Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і системотехніки Подільського державного аграрно-технічного університету (вул. Шевченка, 13, Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський, 32316, e-mail: mvapk@pdatu.edu.ua)

Булгаков Владимир Михайлович – академик НААН, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой механики Национального университета биоресурсов и природопользования Украины (ул. Героев Оборони, 15, г. Киев, 03041 e-mail: vbulgakov@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3445-3721>)

Кувачов Владимир Петрович – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой машиноиспользования в земледелии Таврического государственного агротехнологического университета имени Дмитрия Моторного (пр. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Запорожская обл., 72312; e-mail: kuvachoff@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5762-256X>)

Солона Елена Васильевна – кандидат технических наук, доцент заведующая кафедрой общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4596-0449>)

Борис Николай Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии и системотехники Подольского государственного аграрно-технического университета (ул. Шевченко, 13, Хмельницкая обл., г. Каменец-Подольский, 32316, e-mail: mvapk@pdatu.edu.ua)

Volodymyr Bulgakov – Academician of NAAS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mechanics of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, (15, Heroyiv Oborony Str., Kyiv, 03041, e-mail: vbulgakov@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3445-3721>)

Volodymyr Kuvachov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Machine Use in Agriculture of the Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University (18, Khmelnytsky Ave., Zaporozhye Region, Melitopol, 72312; e-mail: kuvachoff@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5762-256X>)

Olena Solona – Candidate of Technical Sciences, (Ph.D. in Engineering), Associate Professor, Head of the Department of General Technical Disciplines and Occupational Safety, Vinnytsia National Agrarian University (3, Sonyachna Str., Vinnytsia, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4596-0449>)

Mykola Boris – Candidate of Technical Sciences, (Ph.D. in Engineering), Associate Professor of the Department of Agroengineering and Systems Engineering of State Agrarian and Engineering University in Podilia (13, Shevchenko Str., Khmelnytsky region, Kamenets-Podolsky, 32316, e-mail: mvapk@pdatu.edu.ua)