

УДК 631.37

DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-223-232

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ АГРОМОСТОВОГО БОРОНУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Кувачов В. П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619)42-12-65

Анотація – З позиції енергозбереження важливим і актуальним є питання дослідження агромостових агрегатів в складі адаптованих до них нових с.-г. знарядь, які функціонують за принципами колійного і мостового землеробства. До одного із представників останніх можна віднести борону «Надикти-Аюбова». Експериментальне визначення характеристик роботи агромостового боронувального агрегату в її складі, з метою встановлення відповідності його параметрів основним принципам ефективного впровадження колійного та мостового землеробства, було прийнято за мету досліджень. Експериментальні дослідження проводилися як за загальноприйнятими, так і за розробленими методиками, і передбачали використання сучасного тензометричного та контрольно-вимірювального обладнання з аналогово-цифровим перетворюванням сигналів від давачів інформації. Оброблення дослідних даних здійснювали на ПК із застосуванням теорії імовірності, регресійного, а також кореляційно-спектрального аналізів. Фізичними об'єктами досліджень були ширококолійний агромостовий засіб конструкції ТДАТУ з шириною його колії 3,5 м і боронувальні знаряддя (типу БЗСС-1,0), які конструктивно виконанні по типу борони «Надикти-Аюбова». За результатами експериментальних випробувань агромостового боронувального агрегату в складі борони «Надикти-Аюбова» доведено її хорошу пристосованість до роботи в агрегатах колійного та мостового землеробства і високу якість виконання технологічного процесу. Останнє також є наслідком того, що рух агромостового засобу здійснюється по ущільнених слідах постійної технологічної колії, профіль нерівностей якої носить низькочастотний характер в порівнянні з поздовжнім профілем боронованого агрофону. Конструктивне виконання борони «Надикти-Аюбова» добре відображається на характері нерівномірності її тягового опору. Встановлено, що коливання тягового опору боронувального знаряддя виражають випадкову

функцію, в якій відсутні гармонійні складові. Коефіцієнт варіації коливання опору на гаку агромоста при боронуванні становить не більше 10%. Останнє свідчить про високу стабільність (низьку варіабельність) процесу боронування ґрунту, що позитивно відображається на стійкому русі агромостового агрегату.

***Ключові слова* – агромостовий засіб, борона «Надикти-Аюбова», експериментальні випробування, профіль нерівностей агрофону.**

Постановка проблеми. Подальший високоефективний розвиток сільськогосподарського виробництва України можливий за умови широкого впровадження досягнень науково-технічного прогресу. До яких слід віднести організацію виконання польових механізованих робіт за принципами колійної та мостової систем землеробства [1-3]. Важливого значення при цьому набувають питання пошуку нових ґрунтообробних робочих органів, машин та знарядь для їх ефективного використання в колійній і мостовій системах землеробства. До одних із представників останніх можна віднести борону «Надикти-Аюбова» [4]. Функціональні можливості останньої можуть забезпечити розпушування поверхневого шару ґрунту до мілко дрібного стану без виносу вологого шару на поверхню, стійкість роботи борони по глибині, розпушування і високу якість обробітку [4].

Аналіз останніх досліджень. Вагомий внесок у розвиток та популяризацію колійного та мостового землеробства внесли вітчизняні вчені В.Т. Надикто, В.О. Улексін, В.М. Кюрчев та інші [5,6]. Однак аналіз опублікованих ними результатів досліджень показав, що недостатньо відпрацьовані питання експериментальних досліджень ширококолійних агромостових ґрунтообробних агрегатів.

Стосовно використання останніх з адаптованими робочими органами інтерес викликає борона із зубцями з плоскорізальними сегментами [7]. Сегменти всіх рядів на неї встановлені в горизонтальній площині і під однаковим кутом нахилу. Але використання вказаної конструкції борони не дозволяє ефективно знищувати бур'ян (бур'ян намотується на робочі органи). Також, заглиблення робочих органів вказаного знаряддя в ґрунт недостатнє для якісного його обробітку.

Відома конструкція борони «Надикти-Аюбова» [4], яка запропонована науковцями ТДАТУ. В неї у поздовжньо-вертикальній площині встановлені плоскорізальні сегменти першого ряду, а другого – під більшим кутом нахилу до горизонту, ніж сегменти останніх рядів. Таке конструктивне її виконання забезпечує, на думку авторів розробки, високу якість обробітку ґрунту та є привабливим для

використання в складі ширококоліїних агромостових агрегатів, які рухаються по слідах постійної технологічної колії.

Формулювання цілей статті. Експериментальне визначення характеристик роботи агромостового боронувального агрегату в складі борін «Надикти-Аюбова» з метою встановлення відповідності його параметрів основним принципам ефективного впровадження колійного та мостового землеробства.

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проводилися як за загальноприйнятими, так і за розробленими методиками і передбачали використання сучасного тензOMETричного і контрольно-вимірювального обладнання з аналогово-цифровим перетворюванням сигналів від давачів інформації. Оброблення дослідних даних здійснювали на ПК із застосуванням теорії імовірності, регресійного, а також кореляційно-спектрального аналізу.

У процесі виконання експериментів передбачалося: визначення поздовжнього профілю нерівностей слідів постійної технологічної колії і нерівностей агрофону до і після боронування, вологості та щільності ґрунту, глибини обробітку.

Фізичними об'єктами досліджень були ширококоліїний агромостовий засіб (електрифікований агроміст) конструкції ТДАТУ з шириною його колії 3,5 м і боронувальні знаряддя (типу БЗСС-1,0) (рис. 1), які конструктивно виконанні по типу борони «Надикти-Аюбова». У вказаного агромостового засобу використовувалися шини коліс типорозміру 9,5R32. Для проведення досліджень використовувалася спеціально обладнана лабораторія для випробування електрифікованого агромоста, яка розміщується на території ТДАТУ.

Для реєстрації частини вимірюваних параметрів, таких як нерівності профілю агрофону, тяговий опір боронувальних знарядь, використовували вимірювально-реєстраційний комплекс, основу якого склали аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) та персональний комп'ютер ПК (див. рис. 1).

Отримані в процесі експериментальних досліджень реалізації у вигляді оцифрованих даних переносили в програмне середовище Microsoft Excel. В ньому розраховувалися такі статистичні характеристики як: середня значина; середнє квадратичне відхилення (стандарт); дисперсія; коефіцієнт варіації; похибка вибіркової середньої; нормована кореляційна функція; нормована спектральна щільність. Вказані статистичні параметри визначалися за методиками [8,9]. Похибка безпосереднього вимірювання параметрів не перевищувала 1%.

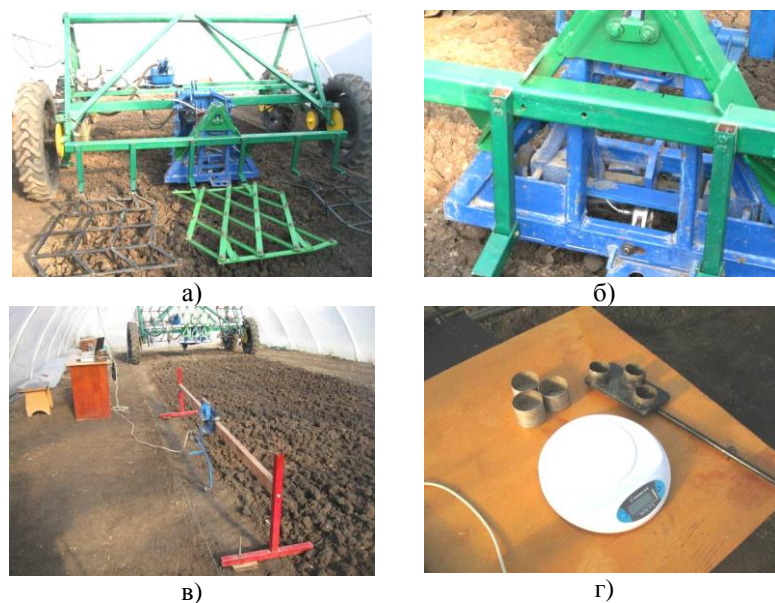


Рис. 1. Досліджуваний агромовний боронувальний агрегат (а) і вимірювально-реєстраційний комплекс (б – динамометрична автозчіпка типу СА; в – автоматизований профілограф з АЦП і ПК; г – комплект обладнання для визначення вологості і щільності ґрунту)

Вологість ґрунту визначалася стандартизованим термостатно-ваговим методом. Глибину обробки в процесі досліджень вимірювали спеціально розробленим глибиноміром в 10 місцях по діагоналі оброблюваної ділянки.

Експериментальні випробування агромовного боронувального агрегату проводилися на контрольно-заліковій ділянці довжиною 50 м згаданої лабораторії. Швидкісний режим роботи агромовного агрегату складав 3,6-4,5 км/год.

Основні матеріали дослідження. При проведенні досліджень середня значина вологості ґрунту в шарі 0-10 см становила 26,8%, а щільності – 1,23 г/см³.

Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що профіль постійної технологічної колії істотно згладжений в порівнянні з профілем обробленого агрофону. Так, якщо середнє квадратичне відхилення профілю боронованого агрофону складає $\pm 1,36$ см, то для профілю колії цей показник дорівнює $\pm 0,84$ см, тобто в 1,6 разів менший (рис. 2).

За своєю внутрішньою структурою нерівності профілю слідів постійної технологічної колії характеризуються функцією, що містить поряд з випадковими складовими – гармонійні, які виражені загасаючими періодичними коливаннями нормованої кореляційної функції, яка представлена на рис. 2а. За якою довжина кореляційного зв'язку ординат нерівностей профілю слідів постійної технологічної

колії становить близько 0,18 м, що відповідає кроку ґрунтозачепів на шинах агромостового засобу, величина якого дорівнює 0,175 м.

Спектр частот, які складають випадкову функцію нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії визначає нормована спектральна щільність ординат згаданих нерівностей профілю (рис. 2б). Із аналізу нормованої спектральної щільності (див. рис. 2б) встановлено, що частота зрізу для цього процесу дорівнює приблизно $0,3 \text{ см}^{-1}$. Основна доля дисперсій коливань нерівностей профілю слідів технологічної колії зосереджена в діапазоні частот $0-0,3 \text{ см}^{-1}$. Середнє квадратичне відхилення ординат вказаних нерівностей узгоджується із висотою ґрунтозачепів шин агромостового засобу, величина якої дорівнювала 0,03 м.

Вищенаведений аналіз характеристик нерівностей профілю постійної технологічної колії по якій багатократно рухається агромостовий засіб свідчить, що генератором формування цих нерівностей є параметри ґрунтозачепів шин його коліс.

Внутрішня структура коливань поздовжнього профілю оброблюваної ділянки агрофону дещо різниться зі структурою нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії (див. рис. 2). Довжина кореляційного зв'язку ординат нерівностей боронованого агрофону приблизно в 2 рази більша і складає близько 34 см. Такий профіль агрофону є типовим для поля, що підготовлене під сівбу с.-г. культур [10].

На відміну від утворених шинами коліс агромостового засобу нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії профіль боронованої ділянки агрофону носять більш низькочастотний характер (див. рис. 2б). Із аналізу нормованої спектральної щільності встановлено, що частота зрізу для цього процесу припадає на $0,18 \text{ см}^{-1}$. Основна доля дисперсій коливань нерівностей обробленого агрофону зосереджена в діапазоні частот $0-0,18 \text{ см}^{-1}$.

Коливання тягового опору боронувального знаряддя виражають випадкову функцію, в якій відсутні гармонійні складові (рис. 3а). Основний спектр дисперсій коливань тягового опору зосереджений у діапазоні частот $0-3,5 \text{ с}^{-1}$ (див. рис. 3а). За своєю енергією (рис. 3б) дисперсія коливань тягового опору досліджуваної борони складала $0,027 \text{ кН}^2$, а середнє квадратичне відхилення – $0,166 \text{ кН}$. При середньому значенні тягового опору $1,71 \text{ кН}$ трьох борін в мостовому агрегаті коефіцієнт варіації його (тобто опору) коливань при боронуванні становить $9,76\%$. Останнє є бажаною ознакою, що вказує на високу стабільність (низьку варіабельність) процесу боронування агрофону агромостовим засобом в складі борони «Надикти-Аюбова».

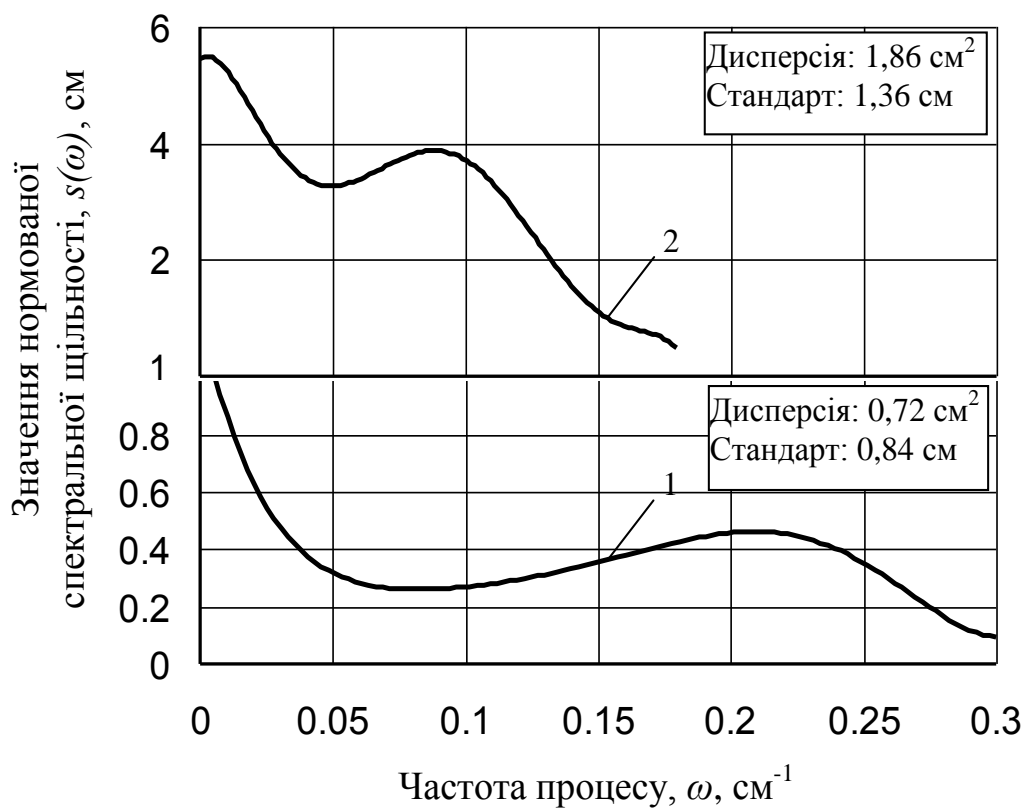
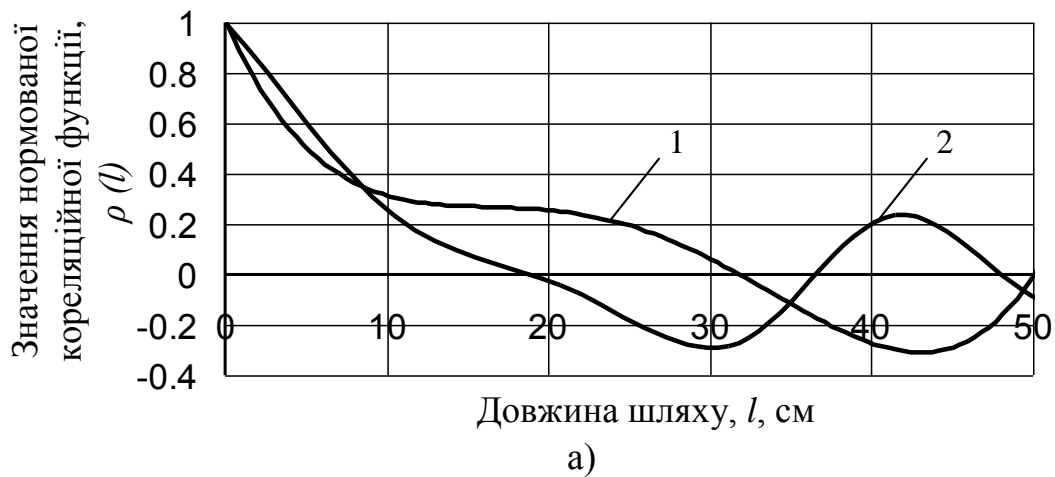


Рис. 2. Графіки нормованої кореляційної функції (а) і спектральної щільності (б) нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії (1) і боронованого агрофону (2)

Показники якості боронування ґрунту відповідали агровимогам, які ставляться до цієї технологічної операції [11]. Зокрема, відхилення фактичної глибини обробітку від заданої не перевищувало ± 1 см, а висота гребенів на агрофоні була не більше 2 см.

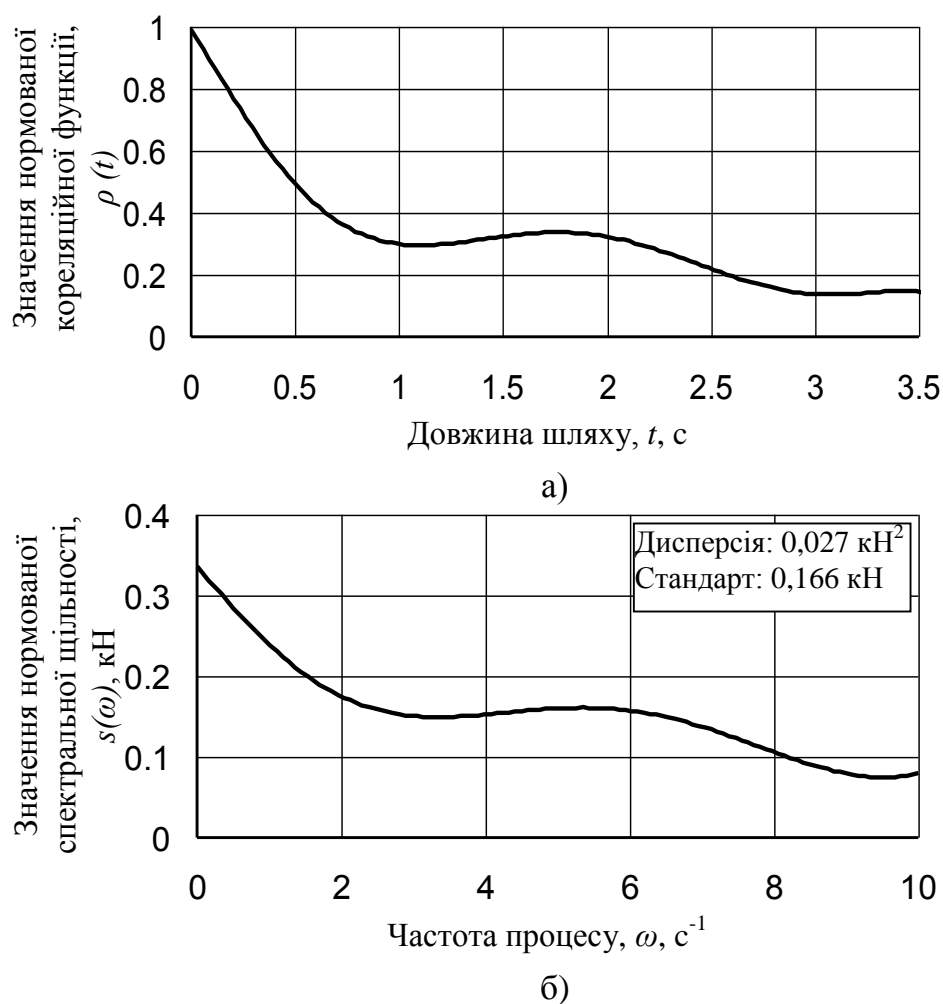


Рис. 3. Графіки нормованої кореляційної функції (а) і спектральної щільності (б) коливань тягового опору боронувального знаряддя

Висновок.

За результатами експериментальних випробувань агрометалевого боронувального агрегату в складі борони «Надикти-Аюбова» доведено її хорошу пристосованість до роботи в агрегатах колійного та мостового землеробства і високу якість виконання технологічного процесу. Останнє також є наслідком того, що рух мостового агрозасобу здійснюється по ущільнених слідах постійної технологічної колії, профіль нерівностей якої носить низькочастотний характер в порівнянні з поздовжнім профілем боронованого агрофону.

Конструктивне виконання борони «Надикти-Аюбова» добре відображається на характері нерівномірності її тягового опору. Встановлено, що коливання тягового опору боронувального знаряддя виражають випадкову функцію, в якій відсутні гармонійні складові. Коефіцієнт варіації коливання опору на гаку агромета при боронуванні становить не більше 10%. Останнє свідчить про високу стабільність (низьку варіабельність) процесу боронування ґрунту. А це

зменшує нерівномірність моменту опору на двигуни агромота, що позитивно відображається на стійкому русі агромотостового агрегату.

Література:

1. Chamen T. Controlled traffic farming – from world wide research to adoption in Europe and its future prospects. *Acta Technologica Agriculturae Nitra* 3. 2015. P. 64-73.

2. Nadykto V. Role of tractors' energy saturation rate in making of their range. *Tractors and agricultural machinery* 3. 2012. P. 16–21.

3. Надикто В. Т., Улексін В. О. Колійна та мостова системи землеробства: монографія. 2008. 269 с.

4. Борона Надикти-Аюбова для обробітку ґрунту під пар: пат. 88940 Україна. № u201311396; заявл. 26.09.2013 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

5. Гойчук А.Ф., Кюрчев В.М., Надикто В.Т. Перспективи впровадження колійної системи землеробства на Україні. *Науковий вісник НАУ*. 2006. Вип. 101. С. 117–122.

6. Надикто В.Т., Кувачов В.П. Оцінка ефекту від колійної технології землеробства. *Праці ТДАТУ*. 2010. Вип. 10, т. 6. С. 126-133.

7. Левин И.Ф. Все о рапсе. *Аграрная тема*. 2012. №3(32) С. 29.

8. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов: учебн. пособ. 1979. 376 с.

9. Надикто. В. Т. Основы научных исследований: підручник. 2017. 268 с.

10. Надикто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств: монографія. 2003. 240 с.

11. Ормаджи К. С. Контроль качества полевых работ. 1991. 191 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АГРОМОСТОВОГО БОРОНОВАЛЬНОГО АГРЕГАТА

Кувачев В.П.

Аннотация – С позиции энергосбережения важным и актуальным является вопрос исследования агромотостовых агрегатов в составе адаптированных к ним новых сельскохозяйственных орудий, которые функционируют по принципу колёсного и мостового земледелия. К одному из представителей последних можно отнести борону «Надыкто-Аюбова». Экспериментальное определение характеристик работы агромотостового бороновального агрегата в ее составе, с целью установления соответствия его параметров основным принципам эффективного внедрения колёсного и мостового земледелия, было

принято целью исследований. Экспериментальные исследования проводились как по общепринятым, так и по разработанным методикам, и предусматривали использование современного тензометрического и контрольно-измерительного оборудования с аналогово-цифровым преобразованием сигналов от датчиков информации. Обработка опытных данных осуществлялась на ПК с применением теории вероятности, регрессионного, а также корреляционно-спектрального анализом. Физическими объектами исследований были ширококолейное агропостовое средство конструкции ТДАТУ с шириной его колеи 3,5 м и бороновальные орудия (типа БЗСС-1,0), которые конструктивно выполнены по типу бороны «Надыкто-Аюбова». По результатам экспериментальных испытаний агропостового бороновального агрегата в составе бороны «Надыкто-Аюбова» обоснована ее хорошая приспособленность к работе в агрегатах колеино-мостового земледелия, а также высокое качество выполнения технологического процесса. Последнее также является следствием того, что движение агропостового средства осуществляется по уплотненным следам постоянной технологической колеи, профиль неровностей которой носит низкочастотный характер по сравнению с продольным профилем боронованного агрофона. Конструктивное исполнение бороны «Надыкто-Аюбова» хорошо отражается на характере неравномерности ее тягового сопротивления. Установлено, что колебания тягового сопротивления бороновального орудия выражают случайную функцию, в которой отсутствуют гармонические составляющие. Коэффициент вариации колебания тягового сопротивления агропостового средства при бороновании составляет не более 10%.

Ключевые слова - агропостовое средство, бороны «Надыкто-Аюбова», экспериментальные испытания, профиль неровностей агрофона.

EXPERIMENTAL STUDY AGRICULTURAL BRIDGE HARROW FOR SOIL HARROWING

Kuvachov V.P.

Summary

From the point of view of energy conservation, the important and urgent issue is the study of agricultural bridge aggregates in the composition of new agricultural implements adapted to them, which

operate on the principle of gauge and bridge farming. One of the representatives of the latter can be attributed to the harrow "Nadykto-Ayubova". The experimental determination of the operating characteristics of an agricultural bridge unit for harrowing the soil in its composition, in order to establish the correspondence of its parameters to the basic principles of the effective implementation of gauge and bridge farming, was adopted as the goal of research. Experimental studies were carried out both according to generally accepted and developed methods, and provided for the use of modern tensometric and control and measuring equipment with analog-to-digital conversion of signals from information sensors. The experimental data were processed on a PC using probability theory, regression, and also correlation-spectral analyzes. The physical objects of research were the agricultural bridge construction tool TSATU with a track gauge of 3.5 m and boron implements (type BZSS-1,0), which are structurally made like the "Nadykto-Ayubova" harrow. According to the results of experimental tests of an agricultural bridge unit for soil harrowing as part of the "Nadykto-Ayubova" harrow, its good adaptability to work in units of gauge and bridge farming, as well as the high quality of the technological process, are substantiated. The latter is also a consequence of the fact that the movement of the agricultural bridge unit is carried out along the compacted traces of a constant tramline, the profile of the irregularities of which has a low-frequency character in comparison with the longitudinal profile of the harrowed agricultural background. The design of the "Nadykto-Ayubova" harrow is well reflected in the nature of the unevenness of its traction resistance. It is established that the fluctuations in the traction resistance of the boron gun express a random function in which there are no harmonic components. The coefficient of variation of the fluctuation of the traction resistance of the agricultural bridge during harrowing is not more than 10%. The latter testifies to the high stability (low variability) of the soil harrowing process, which positively affects the stable movement of the agricultural bridge unit for soil harrowing.

Keywords - agromoose, Nadykty-Ayubov harrow, experimental tests, profile of irregularities of agrophone.