

УДК 631.372+629.3.017

О.Д. Кістечок, інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь, Україна**E-mail: imesh@zr.ukrtel.net*

Показники роботи орного машино-тракторного агрегату, утвореного за схемою «push-pull»

В статті наведені показники роботи орного машинно-тракторного агрегату, який працює за схемою «push-pull». При проведенні досліджень використані методи машиновикористання, проведення польових експериментів та обробки їх результатів з використанням кореляційно-спектрального аналізу. Згідно отриманих експериментальних даних робоча ширина захвата агрегату, який працював за схемою «push-pull» – «2+4» була на 20,9% більше, ніж в агрегату за схемою «0+5». Незважаючи на те, що робоча швидкість руху першого агрегату виявилася на 1,5% нижчою, через перевагу в ширині захвату продуктивність його роботи була вищою на 19,5%. У силу цього, питома витрата палива агрегатом за схемою «2+4» виявилася навпаки нижчою. В умовах польового експерименту економія палива склала 11,5%. Середньоквадратичне відхилення глибини оранки для обох порівнюваних агрегатів не перевищувала агротехнічних вимог (± 2 см) і окремо становила: для агрегату за схемою «0+5» – 1,98 см, а для агрегату за схемою «2+4» – 1,52 см. Застосування орного машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «push-pull» – «2+4» забезпечує обробіток ґрунту із кращою рівномірністю ходу корпусів плугів по глибині. Орний агрегат в складі трактора ХТЗ-16131, двохкорпусного фронтального й чотирьохкорпусного задньоначіпленого плугів («2+4») у порівнянні із машинно-тракторним агрегатом у складі цього ж енергетичного засобу й задньонавішеного п'ятикорпусного орного знаряддя («0+5») має більшу на 19,5% продуктивність роботи й меншу на 11,5% питому витрату палива. Використання орного машино-тракторного агрегату, що працює за схемою «2+4» дозволяє обробляти ґрунт із більшою стабільністю ходу корпусів плугів по глибині.

машино-тракторний агрегат, оранка, агрегування, «push-pull», фронтальний плуг, продуктивність, витрата пального

А.Д. Кістечок, інж.

Таврический государственный агротехнологический университет, г.Мелитополь, Украина

Показатели работы пахотного машинно-тракторного агрегата, составленного по схеме «push-pull»

В статье приведены показатели работы пахотного машинно-тракторного агрегата, который работает по схеме «push-pull». При проведении исследования использованы методы машиноиспользования, проведение полевых экспериментов и обработка их результатов с использованием корреляционно-спектрального анализа. **Результаты.** Согласно полученным экспериментальным данным рабочая ширина захвата агрегата, который работал по схеме «push-pull» – «2+4» была на 20,9% больше, чем у агрегата по схеме «0+5». Несмотря на то, что рабочая скорость движения первого агрегата оказалась на 1,5% ниже, из-за преимуществ в ширине захвата производительность его работы была выше на 19,5%. В силу этого удельный расход топлива агрегатом по схеме «2+4» оказался наоборот ниже. В условиях полевого эксперимента экономия топлива составила 11,5%. Среднеквадратическое отклонение глубины пахоты для обоих сравниваемых агрегатов не превышает агротехнических требований (± 2 см) и отдельно составляет: для агрегата по схеме «0+5» – 1,98 см, а для агрегата по схеме «2+4» – 1,52 см. Применение пахотного машинно-тракторного агрегата, работающего по схеме «push-pull» – «2+4» обеспечивает возделывание почвы с лучшей равномерностью хода корпусов плугов по глубине. Пахотный агрегат в составе трактора ХТЗ-16131, двухкорпусного фронтального и четырехкорпусного задненавешенного плугов («2+4») по сравнению с машинно-тракторным агрегатом в составе этого же энергетического средства и задненавешенного пятикорпусного пахотного орудия («0+5») имеет большую на 19,5% производительность работы и меньшие на 11,5% удельные затраты топлива. Использование пахотного машинно-тракторного агрегата, который работает по схеме «2+4» разрешает обрабатывать почву с большей стабильностью хода корпусов плугов по глубине.

© О.Д. Кістечок, 2016

машинно-тракторний агрегат, пахота, агрегатирование, «push-pull», фронтальный плуг, производительность, расход топлива

Постановка проблеми. Однією з найбільш важливих задач сільськогосподарського виробництва є зменшення енергетичних витрат на оранці. Першим кроком у вирішенні цієї проблеми є підвищення тягово-зчіпних властивостей трактора шляхом збільшення його зчіпної ваги.

У складі орного машино-тракторного агрегату домогтися цього можна шляхом застосування плугів, приєднаних за схемою «push-pull». Як показують теоретичні дослідження, за рахунок вертикальної складової тягового опору фронтального плуга збільшується довантаження передніх коліс, а значить і зчіпна вага трактора. У результаті це приводить як до певного зменшення його буксування, так і зниженню питомої витрати палива орним агрегатом в цілому [1-3].

Однак, при неправильному приєднанні фронтального плуга до енергетичного засобу може мати місце не довантаження, а навпаки – розвантаження передніх коліс трактора й неминуча при цьому втрата керованості й стійкості руху всього орного машино-тракторного агрегату. Теоретичними дослідженнями встановлено, що для того щоб уникнути цього при використанні трактора з номінальним тяговим зусиллям 30...32 кН фронтальний плуг повинен мати два корпуси, а задній – 4 (схема «2+4») [4]. Трактор при цьому рухається правими колесами в борозні, фронтальний плуг приєднаний до нього в горизонтальній площині жорстко, а опорне колесо цього знаряддя розміщене поза борозною.

Постановка завдання. Отримання і аналіз результатів експериментальної оцінки тракторних, тягово-енергетичних і агротехнічних показників роботи орного машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «push-pull» із числом корпусів «2+4».

Методи дослідження. При проведенні досліджень використані методи машиновикористання, проведення польових експериментів та обробки їх результатів з використанням кореляційно-спектрального аналізу.

Методика дослідження. Орний машино-тракторний агрегат за схемою «2+4» складався із трактора ХТЗ-16131, фронтального двохкорпусного й задньоначіпленого чотирьохкорпусного плугів (рис. 1).



Рисунок 1 – Орний машино-тракторний агрегат, що працює за схемою «push-pull» – «2+4»

Для порівняння з ним у таких же самих польових умовах досліджували орний машино-тракторний агрегат, працюючий за схемою «0+5», що складається із цього ж

агрегатуючого трактора й задньоначіпленого п'ятикорпусного плуга ПЛН-5-35 (рис. 2).



Рисунок 2 – Орний машино-тракторний агрегат, працюючий за схемою «0+5»

Технічні характеристики орних машино-тракторних агрегатів наведені у таблиці 1. Як бачимо з характеристик табл. 1 дані орні агрегати, що працюють за різними схемами, мають приблизно один і той же порядок показників, що дає підстави для їх порівняльних експериментальних досліджень і подальшої оцінки.

У процесі польових експериментальних досліджень реєстрували наступні параметри: вологість і щільність ґрунту, поздовжньо-вертикальний профіль поверхні поля, тяговий опір і робочу ширину захвата (B_p) плугів, швидкість руху (V_p) агрегатів, буксування коліс (δ) і годинну витрату палива (G_h) тракторів, глибину оранки (h).

Вологість ґрунту визначали широко відомим методом гарячого сушіння. Для вимірювання щільності агротехнічного фону використовували спеціально розроблений метод і прилад на його основі [5].

Таблиця 1 – Технічні характеристики орних машино-тракторних агрегатів

№ п/п	Показник	Значення
Агрегатуючий колісний трактор		
1.	Потужність двигуна трактора ХТЗ-16131, кВт	132
2.	Експлуатаційна маса, кг	8100
3.	Коля трактора, мм	2100
4.	Поздовжня база трактора, мм	2860
5.	Розмір шин переднього й заднього мостів трактора	16,9R38
Орні знаряддя		
6.	Ширина захвата фронтального плуга, м	0,70
7.	Ширина захвата задньоначіпленого плуга, м	1,40
8.	Ширина захвата орного МТА схеми «2+4», м	2,10
9.	Ширина захвата орного МТА схеми «0+5», м	1,75

Коливання амплітуди й частоти нерівностей профілю поверхні поля в поздовжньому напрямку (профіль поля) вимірювали за допомогою спеціального профілографа.

Тяговий опір плугів реєстрували з використанням тензометричної ланки, розрахованої на тягове зусилля до 40 кН.

Швидкість робочого руху орного машино-тракторного агрегату фіксували за допомогою встановлюваного на тракторі шляховимірювального колеса. На маточинах переднього й заднього мостів агрегатуючого трактора встановлювали лічильники обертів, електричні сигнали яких знімали за допомогою струмознімачів.

Для вимірювання годинної витрати палива досліджуваним трактором застосовували витратомір імпульсного типу. Електричні сигнали, що виробляються профілографом, тензометричною ланкою, шляховимірювальним колесом, лічильниками обертів і паливоміром записували на ПК, пропускаючи їх через аналогово-цифровий перетворювач.

Буксування коліс трактора розраховували за формулою:

$$\delta = 1 - \frac{n_{xx}}{n_p} \cdot \frac{V_p}{V_{xx}}, \quad (1)$$

де n_{xx} , n_p – частота обертання ходових коліс агрегатуючого трактора при русі орного машино-тракторного агрегату, відповідно без тягового навантаження й з ним, с^{-1} ;

V_{xx} , V_p – швидкість руху агрегату без навантаження й з ним, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Рух орних машино-тракторних агрегатів без навантаження передбачав їхнє переміщення по полю із плугами, піднятими в транспортне положення.

Продуктивність орного машино-тракторного агрегату (W_a , $\text{га} \cdot \text{год}^{-1}$) та питомі витрати ним палива (G_u , $\text{кг} \cdot \text{га}^{-1}$) визначали наступним чином [10]:

$$W_a = 0,1B_p \cdot V_p \quad (2)$$

та

$$G_u = \frac{G_h}{W_a}, \quad (3)$$

де G_h – годинна витрата палива, $\text{кг} \cdot \text{год}^{-1}$.

Реєстрування проведених вимірів всіх параметрів досліджуваних орних машино-тракторних агрегатів була здійснена у 5-й повторності.

Результати дослідження. Лабораторно-польові експериментальні дослідження проводили на полі, вологість ґрунту якого становила 16,5%, а щільність – $1,26 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$. Коливання нерівностей профілю поверхні поля були високочастотними. Однозначно на це вказує довжина кореляційного зв'язку (абсциса першого нульового значення нормованої автокореляційної функції ρ) ординат даного процесу, що не перевищує 0,3 м (див. рис. 3). Більше того, судячи з нормованої автокореляційної функції, коливання амплітуди поздовжнього профілю поля містить приховану періодичну складову з періодом, що приблизно дорівнює 0,75 м.

Дисперсія коливань була також незначною (1,21 см) і зосереджена в діапазоні частот 0... 12 м^{-1} . При швидкості руху орного машино-тракторного агрегату 1,98 $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ це становить 0...24 с^{-1} або 0...4 Гц.

Із проведеного вище кореляційно-спектрального аналізу можна зробити висновок, що відносно висока частота й мала дисперсія коливань нерівностей повздовжньо-вертикального профілю поверхні поля не можуть бути генераторами більш-менш істотних коливань тягового опору агрегованих із трактором ХТЗ-16131 фронтального й задньонавішеного плугів. Основні зміни цього параметра (тобто тягового опору) буде формувати, як правило, внутрішня структура ґрунтового середовища, на яку впливають робочі органи орних знарядь [8, 9, 11].

Плуги машино-тракторних агрегатів, працюючих за схемами «0+5» і «2+4» були налаштовані на ту саму глибину оранки – 25 см.

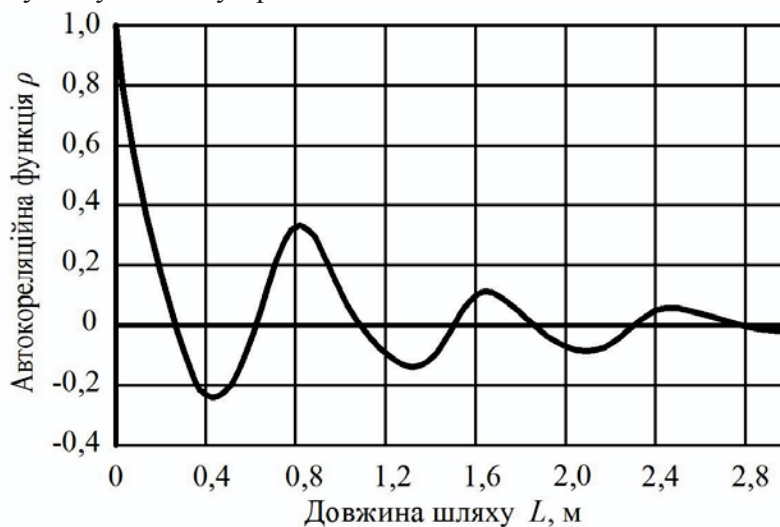
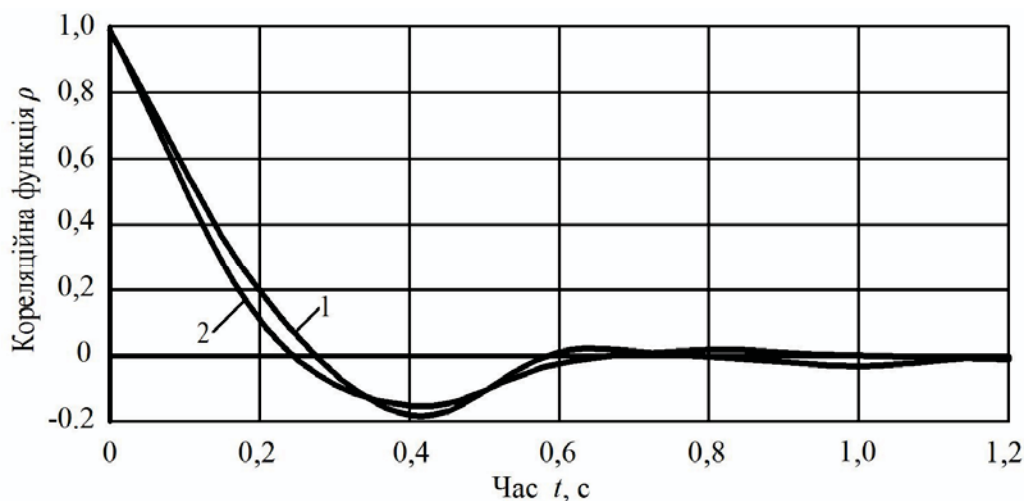


Рисунок 3 – Нормована автокореляційна функція (ρ) коливань профілю поверхні поля як функція шляху L

Для машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «0+5» тяговий опір плуга змінювався в межах 26,6...28,4 кН. Середнє квадратичне відхилення цього параметра становило $\pm 4,0...4,8$ кН. У результаті коефіцієнт варіації тягового опору змінювався в межах 14,01...8,0%, що вказує на середню варіабельність даного процесу [6]. У порівнянні з орним знаряддям ПЛН-5-35 сумарний тяговий опір фронтального й задньонавішеного плугів агрегату за схемою «2+4», при приблизно такому ж значенні середнього квадратичного відхилення (± 5 кН), становило 31,5...34,7 кН. Час кореляційного зв'язку для даних процесів змінювався при цьому в межах 0,24...0,26 с (рис. 4).



1 – «0+5»; 2 – «2+4»

Рисунок 4 – Нормовані кореляційні функції коливань тягового опору плугів орних машино-тракторних агрегатів, працюючих за схемами

З аналізу попередніх досліджень й використання подібних агрегатів відомо, що така тривалість кореляційного зв'язку (за часом) характеризує процес як високочастотний [7]. Реальним доказом цього є спектр дисперсій коливань тягового опору плугів. У досліджуваних машино-тракторних агрегатів він зосереджений у діапазоні частот $0...25\text{ с}^{-1}$ або $0...4\text{ Гц}$.

За результатами вимірів дійсна ширина захвату машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «push-pull» (тобто «2+4») була на 20,9% більше, ніж в орного агрегату, працюючого за схемою «0+5». Що стосується робочої швидкості руху, то для машино-тракторного агрегату з одним п'ятикорпусним плугом за рахунок меншої ширини захвату, а значить і меншого тягового опору агрегатованого знаряддя, вона була більшою на 1,5% (табл. 2).

У результаті продуктивність роботи за 1 годину для агрегату, працюючого за схемою «2+4» виявилася на 19,5% більшою, ніж у машино-тракторного агрегату з одним задньоначіпленим п'ятикорпусним плугом.

Оскільки тяговий опір плугів орного машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «2+4» більше, ніж в агрегату, що працює за схемою «0+5», то він, природно, мав більше буксування коліс агрегатуючого трактора (табл. 2). В абсолютному вимірі – на 0,6%, а у відносному – на 4,3%.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень орних машино-тракторних агрегатів на базі трактора ХТЗ-16131

Схема тракторного агрегату	Робоча швидкість руху, $V_p, \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$	Робоча ширина захвату $V_p, \text{ м}$	Продуктивність роботи агрегату за годину $W_a, \text{ га}\cdot\text{год}^{-1}$	Глибина оранки $h, \text{ см}$	Буксування коліс трактора $\delta, \%$	Тяговий опір плуга $P_{сп}, \text{ кН}$	Годинна витрата палива $G_h, \text{ кг}\cdot\text{год}^{-1}$	Питома витрата палива агрегатом $G_{it}, \text{ кг}\cdot\text{га}^{-1}$
«0+5»	2,01	1,77	1,28	24,9±0,3	13,8	27,4	21,2	16,5
«2+4»	1,98	2,14	1,53	25,1±0,1	14,4	33,1	22,3	14,6

У той же час, за рахунок більшої продуктивності роботи, питома витрата палива для машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «push-pull» виявилася, на 11,5% меншою. Ця економія має місце завдяки більш ефективному використанню тягових властивостей переднього мосту агрегатуючого трактора. Їхне поліпшення відбувається за рахунок використання фронтального знаряддя, правильне агрегування якого спричиняється довантаженням передніх рушіїв енергетичного засобу.

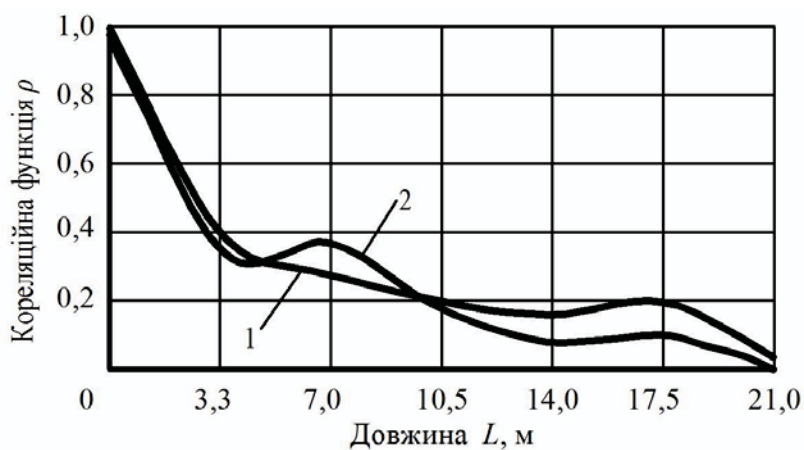
Одним з основних агротехнічних показників роботи орного машино-тракторного агрегату є рівномірність глибини оранки. Згідно експериментальних даних середнє квадратичне відхилення цього параметра в обох порівнюваних агрегатів не перевищувало агротехнічних вимог ($\pm 2\text{ см}$) і окремо становило: для машино-тракторного агрегату, працюючого за схемою «0+5» – 1,98 см, а для машино-

тракторного агрегату, працюючого за схемою «2+4» – 1,52 см.

З отриманих результатів дисперсійного аналізу випливає, що на статистичному рівні значимості 0,05 різниця між цими середніми квадратичними відхиленнями є не випадковою, оскільки відповідно до F-критерію Фішера нуль-гіпотеза про рівність порівнюваних статистичних оцінок не відхиляється.

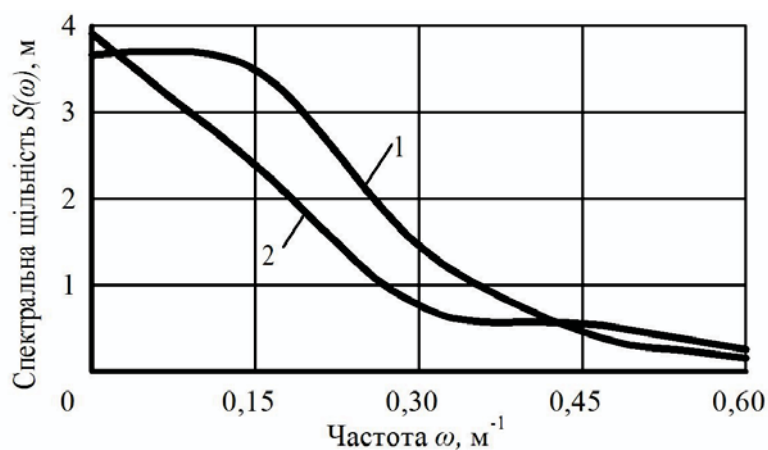
Інакше кажучи, з довірчою ймовірністю 95% можна стверджувати, що машино-тракторний агрегат, працюючий за схемою «2+4», здійснює оранку з більш високою стабільністю по глибині обробки ґрунту. Однією з причин такого результату може бути та обставина, що передній міст агрегуючого трактора ХТЗ-16131 через наявність фронтального плуга здійснює менші вертикальні коливання при його русі в борозні. У підсумку саме це позитивно відбивається на плавності переміщення як фронтального, так і задньоначіпленого плугів.

Варто підкреслити, що нормовані кореляційні функції й спектральні щільності коливань глибини оранки порівнюваних машино-тракторних агрегатів між собою відрізняються мало (рис. 5 та рис. 6). Для обох варіантів машино-тракторних агрегатів довжина кореляційного зв'язку становить не менше 21 м.



1 – «0+5»; 2 – «2+4»

Рисунок 5 – Нормовані кореляційні функції (ρ) коливань глибини оранки машино-тракторними агрегатами, працюючими за схемами



1 – «0+5»; 2 – «2+4»

Рисунок 6 – Спектральні щільності [$S(\omega)$] коливань глибини оранки машино-тракторними агрегатами, працюючими за схемами

Причому, коливання глибини оранки не містять прихованої періодичної складової. Пояснити такий результат можна тим, що агротехнічний фон перед оранкою був вирівняний за допомогою дискової борони. Доказом цього є маленька дисперсія коливань нерівностей поверхні поля, складова всього 1,24 см².

Більше того, під час робочого руху колеса трактора мають певне буксування. І тому, що цей процес супроводжується зрізанням ґрунту ґрунтозачепами рушіїв, то відбувається додаткове вирівнювання шляху руху для енергетичного засобу.

Амплітуда його вертикальних коливань при цьому зменшується, що обумовлює зниження вертикальних коливань агрегованих із трактором плугів. Остаточним наслідком цього є підвищення стабільності глибини оранки машино-тракторним агрегатом, працюючим за схемою «push-pull».

Висновки.

1. Отримані результати експериментальних досліджень та випробувань показали наявні переваги фронтального агрегування орних знарядь із колісним агрегуючим трактором і дозволяють створювати на його основі високоефективні машино-тракторні агрегати, що працюють за схемою «push-pull».

2. Орний машино-тракторний агрегат такої схеми в складі трактора ХТЗ-16131, двохкорпусного фронтального й чотирьохкорпусного задньонавішеного плугів («2+4») у порівнянні із машино-тракторним агрегатом у складі цього ж енергетичного засобу й задньонавішеного п'ятикорпусного орного знаряддя («0+5») має більшу на 19,5% продуктивність роботи й меншу на 11,5% питому витрату палива.

3. Використання орного машино-тракторного агрегату, що працює за схемою «2+4» дозволяє обробляти ґрунт із більшою стабільністю ходу корпусів плугів по глибині.

Список літератури

1. Надыкто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом [Текст] / В.Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1994.– №7. – С. 18-21.
2. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства [Текст] / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 2004. – 504 с.
3. Гуськов В.В. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» [Текст] / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
4. Кістечок О.Д. Дослідження стійкості руху орного МТА за схемою «push-pull» [Текст] / О.Д. Кістечок та ін. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2015. – Вип. №2 (101). – С. 99-105.
5. Кувачов В.П. Методика та результати оцінки нерівностей профілю ґрунтово-дорожніх фонів за допомогою ЕОМ [Текст] / В.П. Кувачов, В.М. Кюрчев та ін. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2008. – Вип. 6, т. 6. – С. 28–34.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Булгаков В.М. Агрегативання плугів [Текст] / В.М. Булгаков, В.І. Кравчук та ін. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 134 с.
8. Касымов А.Ш. Установившееся прямолинейное движение пахотного агрегата с передней и задней навеской [Текст] / А.Ш. Касымов, В.В. Золотарев // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1988.– №1. – С. 13 – 18.
9. Гячев Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов [Текст] / Л.В. Гячев. – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.
10. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – М.: Колос, 1984. – 480 с.
11. Василенко П.М. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов) [Текст]: учебное пособие / П.М. Василенко, В.П. Василенко. – К.: УСХА, 1980. – 137 с.

Oleksandr Kistechok, eng.

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Zaporozhye region, Ukraine

Working indicators of arable machine-tractor unit which created according to the «push-pull» scheme

Receiving and analysis of experimental assessment results of trajectory, traction, power and agrotechnical indicators of operation of the arable unit working according to the scheme «push-pull» with «2+4» number of the bodies. When carrying out researches methods of machine using, field experiments and processing of their results with use of the correlation and spectral analysis are used. The obtained experimental data indicate that the working width of the aggregate which created according to the «push-pull» – «2+4» was by 20.9% greater than that of the aggregate created according to the scheme «0+5». Working speed of movement of first aggregate was by 1.5% lower, because of advantage in a working width productivity of its work was 19.5% higher. Therefore the specific fuel consumption by the aggregate created according to the scheme «2+4» turned out to be by 11.5% lower. The mean root square deviation in the depth of ploughing by both the compared aggregates did not exceed the agrotechnical requirements (± 2 cm); however the use of a ploughing aggregate, created according to the scheme «push-pull» – «2+4», ensures soil cultivation with more uniform plough by depth. The arable unit consisting of a tractor HTZ-16131 and front-mounted double-bodies and a rear-mounted four-bodies ploughs («2+4») in comparison with the machine-tractor unit consisting of a same tractor and five-bodies rear-mounted plough («0+5») has bigger on 19.5% work performance and lower by 11.5% specific fuel consumption. Use of the arable machine-tractor unit which works according to the scheme «2+4» allows to process the soil with bigger stability of plows bodies movement on depth.

machine-tractor unit, plowed land, aggregation, «push-pull», frontal plow, productivity, fuel consumption

Одержано 17.10.16

УДК 631.362.36; 633.1

Б. І. Котов, проф., д-р техн. наук

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

С.П. Степаненко, канд. техн. наук, ст. науч. співр., В.О. Швидя, канд. техн. наук

Національний науковий центр „Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”, с.м.т. Глеваха, Україна, E-mail: stepanenko_s@ukr.net

Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі

У статті розглянуто питання підвищення ефективності вібровідцентрового сепаратора з ступінчасто-конічним решетою, шляхом дії примусового повітряного потоку. Наведені математичні моделі руху падаючих часток при дії бокового повітряного потоку.

зерновий матеріал, вертикальний канал, повітряний потік, вібровідцентровий сепаратор, решето

Б.И. Котов, проф., д-р техн. наук

Винницкий национальный аграрный университет, г. Винница, Украина

С.П. Степаненко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр, В.А. Швидя, канд. техн. наук

Национальный научный центр „Институт механизации и электрификации сельского хозяйства”, п.г.т. Глеваха, Украина

Технологические аспекты сепарации зерна в вертикальном канале

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности виброцентробежного сепаратора с ступенчато-коническим решетою, путём действия принудительного воздушного потока. Наведены математические модели движения падающих частиц при воздействии бокового воздушного потока.

зерновой материал, вертикальный канал, воздушный поток, виброцентробежный сепаратор, решето

© Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя, 2016