

УДК 631.37

№ держреєстрації: 0116U002718

Інв. №: 2019_01

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА
УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ім. ДМИТРА МОТОРНОГО

72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т. Б.Хмельницького,18
тел. (0619) 42-06-94

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор НДІ МЗПУ,
д.т.н. _____ В.Т.Надикто
«___» _____ 2019 р.

ЗВІТ
про науково-дослідну роботу
(проміжний)

Програма 1 «Розробити технічні засоби для реалізації нових технологій
вирощування сільськогосподарських культур в умовах
півдня України»

Завідувач відділу: _____ д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії: _____ д.т.н. Надикто В.Т.

2019

Результати роботи розглянуто НТР,
протокол № ____ від « ____ » _____ 2019 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний виконавець -
завідувач лабораторії,
доктор технічних наук,
професор

В. Надикто
(реферат, вступ,
розділи 1, 2, 3, 4)

Доктор технічних наук,
професор

В. Кюрчев
(2, 3, 4, висновки)

Кандидат технічних наук,
доцент

А. Аюбов
(участь у 4.2)

Провідний інженер

Т. Рева
(участь у 4.2)

Провідний інженер

М. Григоренко
(участь у 4.2)

Завідувач лабораторії

С. Шило
(участь у 4.2)

Старший лаборант

О. Котов
(участь у 4.2)

Аспірант

М. Тиховод
(участь 3.2)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 15 с., 7 рис., 2 табл., джерел.

Об'єкт досліджень: процес буксування рушіїв колісного трактора.

Мета роботи: виведення аналітичної залежності, яка б дозволила розрахувати максимально допустиму значину буксування коліс трактора з точки зору допустимого впливу його рушіїв на ґрунт.

Методи досліджень.

Особливістю методичного підходу при розв'язанні цієї проблеми є застосування у горизонтальній площині того обмеження тиску коліс трактора на ґрунт, яке регламентоване стандартом України у вертикальній площині (ДСТУ 4521:2006). Указане обмеження використано для визначення максимально допустимого буксування рушіїв трактора з точки зору впливу розвинутої ним дотичної сили тяги на ґрунтове середовище.

В результаті проведених досліджень встановлено, що для ґрунтів, середня значина коефіцієнта зчеплення якого приблизно дорівнює $4000 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-3}$, середня значина коефіцієнта опору коченню – 0,16, а відношення допустимого тиску на ґрунт до радіуса кочення колеса – на рівні 222 кПа/м , максимально допустима значина буксування коліс трактора δ_{max} не повинна перевищувати 15%.

Об'єкт досліджень: орний агрегат у складі трактора тягового класу 3 серії ХТЗ-170 з двигуном ЯМЗ-236 і тензометричного плуга, обладнаного текроновими рольовими дошками і полицями.

Мета роботи: встановлення залежності впливу застосування текронових елементів плуга на його тягово-енергетичні показники.

Методи досліджень.

Лабораторно-польові випробування орного агрегату з плугом, обладнаним текроновими полицями і польовими дошками.

В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування текронових полиць і польових дощок замість сталевих унеможливило залипання полиць вологим ґрунтом. За рахунок цього замість руху «ґрунт по ґрунту» має місце рух «ґрунт по поверхні полиці». Після заміни сталевих полиць і польових дощок текроновими тяговий опір плуга зменшується на 13,6%. Продуктивність роботи нового орного агрегату при цьому зростає на 12,6%, а імовірність дотримання агротехнічного допуску на глибину оранки ($\pm 2 \text{ см}$) збільшується з 88 до 93%.

ТРАКТОР, КОЛЕСО, ГРУНТ, БУКСУВАННЯ, ПЛУГ, ПОЛИЦЯ, ПОЛЬВА
ДОШКА, ТЯГОВИЙ ОПІР, ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	6
3.1 Теоретичні основи визначення максимального буксування рушіїв колісного трактора.....	6
3.2 Методика досліджень ораного агрегату з плугом, обладнаного текроновими елементами	7
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
4.1 Обґрунтування максимально допустимого буксування рушіїв колісного трактора.....	9
4.2 Результати випробувань орного агрегату з плугом, обладнаним текроновими полицями і польовими дошками	10
ВИСНОВКИ.....	14
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	15

ВСТУП

Оскільки колісний трактор є тяговою машиною, то буксування його коліс не виняток, а норма. Теоретично цей процес виникає у момент початку руху колеса під впливом підведеного до нього крутного моменту, який створює дотичну силу тяги. Буксування рушіїв колісного енергетичного засобу, як відомо, не тільки потребує витрат пального на свій прояв і обумовлює знос шин, але й руйнує структуру ґрунту. Цей процес обумовлений деформаціями зминання та зрізу під дією того тиску, який здійснює на ґрунт бокова стінка останнього по ходу колеса ґрунтозачепу. У цілому чим більше буксування рушія енергетичного засобу, тим більш інтенсивно здійснюється руйнування структури ґрунту. Водночас, малій величині буксування відповідає менша значина дотичної сили тяги, яку розвиває колесо. За даними багаторічних досліджень максимальна величина цієї сили має місце при буксуванні рушіїв трактора на рівні 22...24% [1–4]. А це, на нашу думку, значно перевищує той рівень, за якого можливе здійснення неприйнятеного руйнування ґрунтового середовища. Звідси випливає потреба у пошуку наступного компромісу: граничне буксування колісного рушія має бути таким, щоб за мінімально припустимого погіршення структури ґрунту розвивати максимально можливу дотичну силу тяги. Розв'язанню даної задачі і присвячені дані дослідження.

Одним із найбільш розповсюджених способів обробітку ґрунту є оранка. На практиці, як відомо, вона здійснюється плугами. І хоча історія їх появи і розвитку є досить довгою, принципів змін конструкції плугів за цей час досить мало. А із тих, що відбулися, більшість спрямована на зменшення тягового опору плугів. Це обумовлено тим, що оранка і нині залишається найбільш енергоємною технологічною операцією обробітку ґрунту [5–10].

З усіх варіантів зменшення тягового опору плуга найдешевшим є заміна сталюї поверхні полиць плуга на таку, яка має менший коефіцієнт тертя по ній ґрунту. Дані дослідження присвячені питанню використання композитного матеріалу текрону у сільськогосподарській техніці. За своїми технічними характеристиками текрон дуже близький до сталі 60, із якої виготовляються полиці і польові дошки плугів. За величиною коефіцієнту тертя ґрунту по ньому (k_f) текрон значно переважає сталь, оскільки значення k_f у нього у 2,6 рази менший. Цей факт вказує на те, що за умови заміни у плуга сталюї полиць і польових дошок текроновими можна очікувати зменшення його тягового опору.

Ця наукова гіпотеза була прийнята для перевірки результатами експериментальних досліджень.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Теоретичне визначення максимального буксування рушіїв колісного трактора
- 1.2 Визначення тягового опору плуга з текроновими полицями і польовими дошками.

2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. **Об'єкт досліджень** – процес буксування рушіїв колісного енергетичного засобу. Особливістю методичного підходу при розв'язанні цієї проблеми є застосування у горизонтальній площині того обмеження тиску коліс трактора на ґрунт ($[Q]$), яке регламентоване стандартом України у вертикальній лощині (ДСТУ 4521:2006). Вказане обмеження використано для визначення максимально допустимого буксування рушіїв трактора з точки зору впливу розвинутої ним дотичної сили тяги на ґрунтове середовище [1].

2.2. **Об'єкт досліджень** – орний агрегат у складі трактора тягового класу 3 серії ХТЗ-170 з двигуном ЯМЗ-236 і тензометричного плуга, обладнаного текроновими рольовими дошками і полицями (рис. 2.1).



Рис. 2.1 – Рис. 3. Орний агрегат на основі трактора ХТЗ-170

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 3.1 Теоретичні основи визначення максимального буксування рушіїв колісного трактора

За даними професора Є.Д. Львова максимально можливу за зчепленням з ґрунтом дотичну силу тяги колеса трактора ($P_{\text{кmax}}$) можна виразити так:

$$P_{k\max} = \delta_{\max} \cdot F_v \cdot k_o \cdot L, \quad (3.1)$$

де F_v – сума вертикальних проекцій упорних поверхонь занурених у ґрунт ґрунтозачепів колеса трактора, m^2 ;

k_o – коефіцієнт об'ємного зім'яття ґрунту, $H \cdot m^{-3}$;

L – довжина дуги зчеплення ґрунтозачепів колеса трактора с ґрунтом, m .

Із формули (3.1) випливає, що

$$\delta_{\max} = \frac{P_{k\max}}{F_v \cdot k_o \cdot L}. \quad (3.2)$$

Вираз для визначення величини L є таким:

$$L = R_k \cdot \left(\arctg \frac{f_k \cdot \sqrt{1 - f_k^2}}{0.5 - f_k^2} + 2 \cdot f_k^2 \right), \quad (3.3)$$

де R_k – динамічний радіус кочення колеса, m ;

f_k – коефіцієнт опору коченню колеса трактора.

Як і у роботах [1, 3] приймаємо, що відношення сили $P_{k\max}$ до площі F_v є напруження, яке можна обмежити тією величиною $[Q]$ ($H \cdot m^{-2}$), яка визначена ДСТУ 4521:2006 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт». Тото:

$$P_{k\max} / F_v = [Q]. \quad (3.4)$$

Підставивши значення величини L із виразу (3.4) в формулу (3.2) і врахувавши вираз (4), остаточно отримаємо:

$$\delta_{\max} = \frac{[Q]}{k_o \cdot R_k \cdot \left(\arctg \frac{f_k \cdot \sqrt{1 - f_k^2}}{0.5 - f_k^2} + 2 \cdot f_k^2 \right)}. \quad (3.5)$$

3.2 Методика досліджень ораного агрегату з плугом, обладнаного текроновими елементами

Текрон (tekrone) – це розроблений у Бельгії композитний матеріал на основі термопласти. Основні фізико-технічні характеристики цього матеріалу у порівнянні зі сталлю, яка застосовується для виготовлення полиць і польових дощок (рис. 2.2) серійних плугів, наведені у табл. 1.



Рис. 2.2 – Текронові полиця і польові дошки

Таблиця 2.1

Фізико-технічні характеристики текрону у порівнянні зі сталлю

Показник	Одиниця вимірювання	Значина	
		<i>текрон</i>	<i>сталь 60</i>
Щільність	кг/м ³	930	7800
Твердість нормалізована	–	60 (по Шору)	217 (НВ)
Модуль пружності при розтягу (1 мм/хв.)	МПа	720	920
Модуль повзучості при розтягу (1 год)	МПа	460	590
Статичний коефіцієнт тертя (k_f)		0,20	0,52

Першим показником, за яким ці порівнювані матеріали відрізняються досить суттєво, є щільність. У сталі вона щонайменше у 8 разів більша, ніж у текрону. Цілком зрозуміло, що це відповідним чином позначається на показнику нормалізованої твердості, яка у сталі теж вища.

Водночас, як випливає із аналізу даних таблиці 1, за показниками модулів пружності та повзучості, межі текучості і відносної деформації при розтягу, зразки текрону та сталі відрізняються несуттєво.

Розглянуті вище фізико-технічні характеристики текрону в основному можуть репрезентувати довговічність і надійність функціонування виробу із нього.

Для зменшення тягового опору плуга більш важливою є така характеристика текрону, як коефіцієнт тертя (k_f). У нового матеріалу значина показника k_f щонайменше у 2,6 рази менша, ніж у сталі (див. табл. 2.1). А такий факт потенційно вказує на те, що плуг, обладнаний текроновими полицями і польовими дошками замість сталевих, може мати менший тяговий опір.

Для визначення впливу матеріалу полиць і польових дощок корпусів плуга на його тяговий опір використовували тензометричний плуг (рис. 2.3). Сигнал із тензометричної ланки плуга потрапляв на аналогово-цифровий перетворювач, а із нього – у цифровому вигляді – на комп'ютер.



Рис. 2.3 – Тензометричний плуг з текроновими полицями і польовими дошками

Орне знаряддя було відрегульоване на глибину оранки 25 см. Трактор з модернізованим плугом в усіх дослідах рухався на одній і тій же передачі.

Під час проведення експериментальних досліджень на полі у п'ятикратній повторності вимірювали вологість і щільність ґрунту.

Перший із цих параметрів визначали широковідомим термостатно-ваговим методом. В умовах досліду середня значина вологості ґрунту в шарі 0...25 см становила 22,8%.

Для визначення щільності агротехнічного фону використовували розроблений щільно мір [11]. Особливістю цього приладу є те, що його електронні ваги одразу показують щільність ґрунту у г/см^3 .

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Обґрунтування максимально допустимого буксування рушіїв колісного трактора

Аналіз виразу (3.5) показує, що максимально допустиме буксування коліс трактора залежить практично від одного конструктивного параметра – радіуса кочення R_k . В реальних умовах чим більша його значина, тим більша площа п'ятна контакту колеса з опорною поверхнею, тобто ґрунтом. Але у цьому випадку можна приймати і відповідно більшу значину величини допустимого тиску $[Q]$.

З урахуванням зростання цього параметру за одночасного збільшення радіуса колеса R_k у першому наближенні можна прийняти, що відношення величин $[Q]$ і R_k залишається практично постійним [12]. Тобто

$$\frac{[Q]}{R_k} \approx \text{const.} \quad (4.1)$$

З урахуванням цього максимально допустима значина буксування коліс трактора, як показує залежність (3.5), визначається лише трьома параметрами

грунту. А саме: 1) допустимий диск $[Q]$ ($\text{Н}\cdot\text{м}^{-2}$); 2) коефіцієнт об'ємного зім'яття k_o ($\text{Н}\cdot\text{м}^{-3}$); коефіцієнт опору коченню f_k .

На півдні України максимальна значина параметра $[Q]$ у весняно-літній період дорівнює $160 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-2}$.

Найбільш розповсюдженими не тільки в Україні, а й у Європі є трактори тягових класів 3 і 5. Їх експлуатаційна маса складає приблизно 8,2 і 12,0 т відповідно, а енергонасиченість – як у енергозасобів тягової концепції [2,13–16]. Трактори тягового класу 3 обладнані шинами 23,1R26, трактори тягового класу 5 – шинами 28,1R26. Радіус кочення коліс з такими шинами $R_k = 0.72 \text{ м}$.

Значина коефіцієнта об'ємного зім'яття в умовах півдня України для дерново-підзолистих ґрунтів складає приблизно $4000 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-3}$.

Що стосується коефіцієнта опору коченню f_k , то його значину у польових умовах прийнято розглядати для двох агротехнічних фонів: 1) серні і 2) поля, підготовленого під сівбу. На другому агрофоні буксування рушіїв трактора більше. Саме тому він і прийнятий у якості визначального.

Практика показує, що для поля, підготовленого під сівбу параметр f_k змінюється у межах 0,12-0,20. Середня значина його при цьому становить 0,16.

З урахуванням цього із рівняння (3.5) знаходимо, що для ґрунтових умов з характеристиками $[Q] = 160 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-2}$, $k_o = 4000 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-3}$ і $f_k = 0.16$ максимальна (допустима) значина буксування (δ_{\max}) тракторів з радіусом кочення їх коліс на рівні $R_k = 0.72 \text{ м}$ не повинно перевищувати 15%.

Причому, зміна параметра R_k у більшу чи меншу сторону суттєвого впливу на величину δ_{\max} не повинно створювати, оскільки у цьому випадку відповідним чином можна змінювати (тобто збільшувати чи зменшувати) значину параметру $[Q]$ так, щоб не порушувалась умова (4.1).

4.2. Результати випробувань орного агрегату з плугом, обладнаним текроновими полицями і польовими дошками

За результатами вимірювань середня значина щільності ґрунту дослідного поля у шарі 0...25 см дорівнювала $1,21 \text{ г}/\text{см}^3$.

Під час проведення експериментальних досліджень було встановлено, що у сталених полиць корпусів плуга мало місце їх залипання ґрунтом (рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Залипання сталених полиць плуга ґрунтом



Рис. 4.2 – Стан текронових полиць плуга після його виглукнення

Натомість, при застосуванні у тих же самих ґрунтових умовах текронових полиць цього явища практично не було (рис. 4.2). Із практики використання орних знарядь відомо, що за наявності залипання полиць має місце рух «ґрунт по ґрунту». А це завжди призводить до зростання тягового опору плуга.

За результатами аналізу експериментальних даних встановлено, що застосування текронових полиць і польових дощок замість сталевих дозволило зменшити середню значину тягового опору досліджуваного плуга. Так, якщо зі сталевими елементами корпусу орного знаряддя величина цього показника становила 34,5 кН, то з текроновими – 29,8 кН. Отримана різниця між тяговими опорами плуга становить 4,7 кН або 13,6%.

Із довірчою ймовірністю 95% можна стверджувати, що ця різниця між середніми значинами тягових опорів плуга є суттєвою, оскільки вона значно перевищує найменшу істотну (НІР₀₅), яка дорівнює лише 0,21 кН.

Дисперсія коливань тягового опору плуга з текроновими елементами становила 6,40 кН². Значина цього статистичного параметру у орного знаряддя із сталевими полицями та польовими дошками була більшою і дорівнювала 8,70 кН². Водночас, за F-критерієм Фішера різниця між цими дисперсіями є несуттєвою.

Коефіцієнти варіації коливань тягових опорів для обох варіантів плуга не перевищували 9%. Ширина захвату орних агрегатів для обох досліджуваних варіантів була однаковою і у середньому становила $1,76 \pm 0,01$ м.

Дійсна глибина оранки плугом з текроновими елементами змінювалась в межах $24,5 \pm 0,3$ см (табл. 4.1). При обробі ґрунту цим же орним знаряддям, але обладнаним сталевими полицями та польовими дошками, значина даного параметру (тобто тягового опору плуга) становила $23,9 \pm 0,3$ см.

Як бачимо із даних табл. 4.1, різниця між глибинами оранки становить 0,6 см. Найменша істотна різниця між цими порівнюваними параметрами НІР₀₅ = 0,4 см. З цього випливає, що плуг з текроновими полицями і польовими дошками функціонував хай і не значно, але на більшій глибині оранки.

Таблиця 4.1

Статистичні параметри глибини оранки порівнюваними плугами

Параметр	Значина для плуга з полицями і польовими дошками	
	сталевими	текроновими
Довірчий інтервал (95%), см	$23,9 \pm 0,3$	$24,5 \pm 0,3$
Дисперсія, см ²	1,80	1,51
Середнє квадратичне відхилення, ± см	1,34	1,23
Коефіцієнт варіації, %	5,6	5,0
Найменша істотна різниця (НІР ₀₅), см	0,4	

Для оцінювання частоти коливань глибини оранки порівнюваними плугами використовували нормовані кореляційні функції цих процесів. Їх аналіз показав (рис. 4.3), що довжина кореляційного зв'язку коливань глибини оранки порівнюваними плугами практично однакова і становить приблизно 0,9 м.

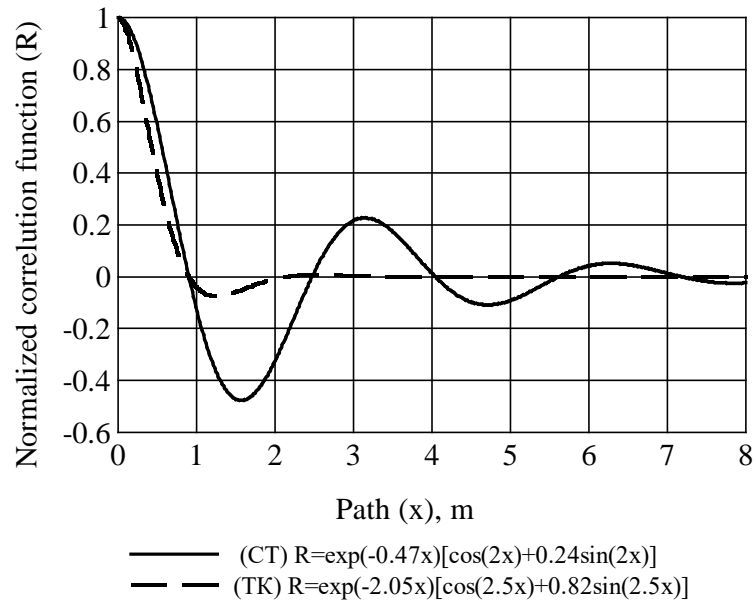


Рис. 4.3 – Нормовані кореляційні функції коливань глибини оранки плугами зі стальними (СТ) і текроновими (ТК) полицями

Водночас, процес коливань глибини оранки плугом зі стальними (СТ, рис. 4.3) полицями характеризується наявністю періодичної складової. А це вказує на те, що даний процес є більш високочастотним [17][18], ніж процес коливання глибини оранки плугом з текроновими (ТК, рис. 4.3) полицями.

Підтвердженням цього факту є нормовані спектральні щільності порівнюваних процесів (рис. 4.4).

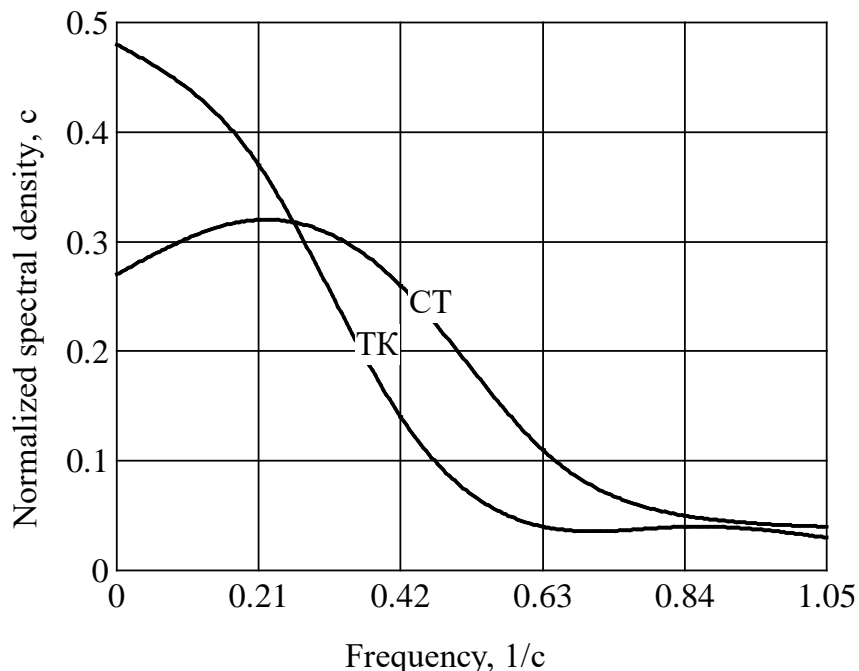


Рис. 4.4 – Нормовані спектральні щільності процесів коливань глибини оранки плугами зі стальними (СТ) і текроновими (ТК) полицями

Аналіз цих характеристик показує, що дисперсія коливань глибини оранки плугом зі стальними елементами (крива СТ) розподілена у більш широкому діапа-

зоні частот, ніж дисперсія коливань цього ж параметру (крива ТК) для плуга з текроновими полицями і польовими дошками. Самі ж дисперсії обох процесів ($1,80 \text{ см}^2$ і $1,51 \text{ см}^2$, табл. 2) згідно з F-критерієм Фішера репрезентують одну і ту ж генеральну сукупність. Тобто, нуль-гіпотеза про рівність порівнюваних дисперсій (тобто $1,80 \text{ см}^2$ і $1,51 \text{ см}^2$) на рівні статистичної значущості 0,05 не відхиляється.

Агротехнічний допуск на коливання глибини оранки (Δ) орним агрегатом становить $\pm 2 \text{ см}$. Частоту (ω) виходу реальної глибини оранки за даний допуск розраховують за формулою:

$$\omega = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \exp\left(\frac{-\Delta^2}{2 \cdot D}\right),$$

де α , β – константи апроксимації нормованої спектральної щільності процесу коливань глибини оранки; D – дисперсія коливань глибини оранки.

Для плуга зі сталевими полицями і польовими дошками маємо $\alpha = 2,05$, $\beta = 2,5$ і $D = 1,80 \text{ см}^2$. У цьому випадку $\omega = 0,169 \text{ м}^{-1}$, а імовірність дотримання орним агрегатом агротехнічного допуску $\Delta = \pm 2 \text{ см}$ становить 88%.

Для плуга з текроновими елементами корпусу плуга $\alpha = 0,47$, $\beta = 2,0$ і $D = 1,45 \text{ см}^2$. З урахуванням цього маємо $\omega = 0,084 \text{ м}^{-1}$. Імовірність дотримання плугом з текроновими елементами агротехнічного допуску на глибину оранки $\Delta = \pm 2 \text{ см}$ вища і дорівнює 93%.

Результати польових випробувань показали, що швидкість робочого руху орного агрегату з текроновими елементами плуга становила 8,1 км/год. У орного агрегату зі сталевими елементами корпусів плуга цей показник був 7,2 км/год. Цілком зрозуміло, що така перевага у швидкісному режимі роботи МТА з текроновими полицями і польовими дошками орного знаряддя обумовлена його меншим, як це показано вище, тяговим опором. У підсумку, за практично однакової ширини захвату порівнюваних орних агрегатів (1,76 м) основна (тобто чиста) продуктивність їх роботи була різною: у модернізованого МТА вона була більшою на 12,6% (1,43 га/год проти 1,27 га/год).

ВИСНОВКИ

1. З метою зменшення руйнівного впливу трактора на ґрунт максимально допустиме буксування його коліс не повинно перевищувати значини, розрахованої за формулою (3.5). Для ґрунтів, середня значина коефіцієнта з'яття якого приблизно дорівнює $4000 \text{ кН}\cdot\text{м}^{-3}$, середня значина коефіцієнта опору коченню – 0,16, а відношення допустимого тиску на ґрунт до радіуса коченню колеса – на рівні 222 кПа/м , максимально допустима значина буксування коліс трактора δ_{max} не повинна перевищувати 15%.
2. У порівнянні зі сталлю коефіцієнт тертя ґрунту по такому композитному матеріалу як текрон практично у 2,6 рази менший. Це створює передумови використання цього матеріалу для виготовлення елементів корпусів сільськогосподарських плугів.
3. Експериментально встановлено, що застосування плуга з текроновими полицями і польовими дошками замість сталєних унеможливує залипання полиць вологим ґрунтом. За рахунок цього замість руху «ґрунт по ґрунту» має місце рух «ґрунт по поверхні полиці». Як встановлено експериментальними дослідженнями, після заміни сталєних полиць і польо-

вих дощок текроновими тяговий опір плуга зменшується на 13,6%. Продуктивність роботи нового орного агрегату при цьому зростає на 12,6%, а імовірність дотримання агротехнічного допуску на глибину оранки (± 2 см) збільшується з 88 до 93%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Надикто В. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт // Техніка і технології АПК. Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки~..., 2014. № 7. С. 34–38.
2. Bulgakov V. et al. Structure Development and Results of Testing a Novel Modular Power Unit // Agric. Agric. Sci. Procedia. Elsevier Srl, 2015. Vol. 7, № 2000. С. 40–44.
3. Nadykto V., Arak M., Olt J. Theoretical research into the frictional slipping of wheelttype undercarriage taking into account the limitation of their impact on the soil // Agron. Res. Estonian Research Institute of Agriculture, 2015. Vol. 13, № 1. С. 148–157.
4. Надикто В.Т., Чаплинський А.П. До питання про тяговий коефіцієнт корисної дії модульного енергетичного засобу // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. 2006. № 35. С. 118–129.
5. Надикто В.Т. Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. № 10. Р. 8–11.
6. Булгаков, В.М., Танчик С.П., Надикто В.Т. Теорія і практика обробітку ґрунту в сучасних умовах // Механізація та електрифікація сільського господарства. 2015. № 2(101). С. 30–38.
7. Кутьков Г.М. et al. Выбор рациональной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. № 21–23.
8. Кутьков Г.М. et al. Выбор рацилнальной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. № 3. С. 21–23.

9. Надикто В.Т., Генев О.І., Аюбов А.М. Аналіз рівноваги заднього та фронтального плугів у поздовжньо-вертикальній площині // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. 2003. № 21. С. 105–112.
10. Надикто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994. № 7. С. 21–23.
11. Nadykto V., Kotov O. Method for determining soil bulk density (in Ukrainian: Sposib vyznachennya shchilnosti gruntu): pat. UA 97828, G 01N 1/00 USA. Ukraine, 2015.
12. Надикто, В.Т. et al. Перспективы использования трактора ХТЗ-120 // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1995. № 10. С. 15–18.
13. Надикто В.Т. Роль енергонасиченості тракторів в формуванні їх типажа // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 3. Р. 16–21.
14. Безуглий М.Д. et al. Чи потрібен Україні типаж тракторів // Вісник аграрної науки. 2009. № 7. С. 55–58.
15. Надикто В. Методика визначення потужності двигуна сільськогосподарського трактора // Техніка і технології АПК. 2014. № 1. С. 7–9.
16. Надикто В.Т. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації // Техніка і технології АПК. 2011. № 9. С. 8–11.
17. Надикто В., Величко О. Означення точки оптимуму кривої та спосіб її визначення // Техніка і технології АПК. 2014. № 2. С. 16–18.
18. Надикто В. Т., Назарова О.П., Черная Т.С. Частотно-дисперсионный показатель оценки непрямолинейности рядов пропашных культур // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 8. С. 15–17.