

## Умови доцільності застосування подвоєння (потроєння) шин колісних енергетичних засобів

Наведено методику визначення умов доцільності застосування подвоєння (потроєння) шин колісних енергетичних засобів задля зменшення ущільнювального впливу на ґрунт, а отже підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

**Ключові слова:** ущільнення ґрунту, подвоєння шин, глибина колії, урожайність.

**Суть проблеми.** Навіть за достатньої наявності гумусу та поживних речовин родючість ґрунту може бути суттєво знижена, якщо допустити його переущільнення. Вплив цього явища на структуру ґрунтового середовища та врожайність сільськогосподарських культур досить повно описано в роботі [1].

Одним з технічних заходів, які сприяють збереженню структури ґрунту шляхом зменшення його ущільнення, є подвоєння або потроєння<sup>1</sup> шин колісних мобільних енергетичних засобів [1, 2]. Як показує практика, таке конструктивне рішення, крім вказаного вище ефекту, дозволяє знизити питомі витрати палива за рахунок зменшення буксування рушіїв до 14-20% (у відносному вимірі) і підвищити тягове зусилля трактора до 15-20% [3]. Застосування подвоєних чи потроєних шин обумовлює кращу плавність руху не лише енергетичного засобу, а й усього машинно-тракторного агрегату. Окрім зменшення буксування, це забезпечує такий синергетичний позитивний ефект, як підвищення швидкості робочого руху (а значить, і продуктивності роботи) того чи іншого МТА.

Водночас, науковці і практики досить часто висловлюють думку, що з використанням подвоєних чи потроєних шин рушіїв колісних енергетичних засобів можливі більш втрати врожаю сільськогосподарських культур, оскільки з використанням одинарного рушія зона ущільнення ґрунту за більшої глибини має меншу площу.

З огляду на це **метою** дослідження є спроба визначити ті умови, за дотримання яких використання принаймні подвоєних рушіїв замість одинарних буде доцільним.

**Методика та результати дослідження.** Для початку розглянемо три агротехнічних фони: перший – ущільнений одинарним рушієм, другий – подвоєним чи потроєним, а третій – контрольний – без ущільнення ґрунту. Врожайність сільськогосподарської культури на ньому позначимо як  $U_0$ . Втрати врожаю (ц/га) від ущільнення ґрунту на перших двох агрофонах нехай будуть відповідно  $\Delta U_1$  і  $\Delta U_2$ . Тоді у загальному вигляді можна записати, що

$$\Delta U_1 = U_0 - U_1;$$

$$\Delta U_2 = (U_0 - U_2)K,$$

де  $U_1$ ,  $U_2$  – урожайність сільськогосподарської культу-

<sup>1</sup> установка більше трьох шин на одній півосі енергетичного засобу практично не застосовується.

ри на агрофонах, ущільнених відповідно одинарним та подвоєним (потроєним) рушіями;  $K$  – кратність збільшення ширини рушія (в нашому випадку  $K \geq 2$ ).

Оскільки кінцевою метою застосування більшої кількості рушіїв є зростання урожайності сільськогосподарської культури, то втрати врожаю на ділянці, ущільненій енергетичним засобом з подвоєними (потроєними) шинами, мають бути меншими (принаймні не більшими), ніж на агрофоні, ущільненому одинарним рушієм. Тобто

$$\Delta U_2 \leq \Delta U_1$$

$$\text{або} \quad (U_0 - U_2)K \leq U_0 - U_1.$$

Звідси першу умову доцільності застосування подвоєння (або потроєння) шин колісних енергетичних засобів можна виразити таким чином:

$$U_2 \geq [U_0(K - 1) + U_1]/K.$$

Друга така умова полягає в тому, що урожайність сільськогосподарської культури на фоні, ущільненому подвоєним (потроєним) рушієм, не може дорівнювати або бути більшою за урожайність, отриману на неуцільненому агрофоні. Тобто

$$U_2 < U_0.$$

В цілому ж маємо:

$$U_0 > U_2 \geq [U_0(K - 1) + U_1]/K. \quad (1)$$

При  $K=2$  залежність (1) набуде такого вигляду:

$$U_0 > U_2 \geq (U_0 + U_1)/2. \quad (2)$$

Аналіз виразу (2) показує, що застосування подвоєних шин мобільного енергетичного засобу буде доцільним за умови, коли урожайність сільськогосподарської культури на ущільненому ним агрофоні буде не меншою за середню урожайність, отриману на контрольній та ущільненій одинарним рушієм ділянках поля.

Звідси цілком закономірно постає питання: наскільки реальним є виконання умови (2) на практиці? Аби дати на нього відповідь, слід мати певну інформацію. По-перше, потрібно знати, як змінюється ущільнення ґрунту з використанням подвоєного рушія у порівнянні з одинарним. По-друге, необхідно вивести залежність, яка б відображала вплив ущільнення агрофону на величину урожайності сільськогосподарської культури.

Слід підкреслити, що ступінь ущільнення ґрунту рушієм ( $\rho$ ) певною мірою залежить від глибини створюваної ним колії ( $h$ ). Автор цієї статті отримав таку залежність [4]:

$$h = A \cdot \frac{P_w}{\rho \cdot g} - B \cdot \frac{H}{\rho \cdot g} + C \cdot \frac{N_k \cdot \rho \cdot g}{P_w}, \quad (3)$$

де  $P_w$  – тиск повітря в шині колісного рушія;  $H$  – твердість ґрунту;  $N_k$  – вертикальне навантаження на рушій;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $A = 0,01$ ;  $B = 0,0002$ ;  $C = 4,655$  – постійні коефіцієнти, отримані за вологості неущільненого ґрунту в шарі 0...15 см  $W_0 = 24,9\%$  і щільності  $\rho_0 = 1,1$  г/см<sup>3</sup>.

Водночас, В.В. Гуськов встановив залежність, яка пов'язує глибину колії  $h$  з іншими параметрами ґрунту і рушія [5]:

$$h = 3 \sqrt{\frac{N_k^2}{k^2 \cdot b^2 \cdot D}} \quad (4)$$

де  $k$  – коефіцієнт об'ємної деформації ґрунту;  $b$ ,  $D$  – ширина і діаметр колісного рушія відповідно.

За даними цього ж вченого параметр  $k$  можна виразити і так:

$$k = \frac{H}{\sqrt{b \cdot D}},$$

де  $H$  – коефіцієнт об'ємної деформації ґрунту [Н/м<sup>2</sup>], отриманий при вдавлуванні штампу щільноміра (іншими словами – це твердість ґрунту).

З урахуванням сказаного залежність (4) буде такою:

$$h = 3 \sqrt{\frac{N_k^2}{H^2 \cdot b}} \quad (5)$$

Прирівнявши праві частини рівнянь (3) і (5), отримуємо рівняння, яке дозволяє розрахувати ущільнення ґрунту в залежності від низки параметрів ґрунтового середовища і колісного рушія, в тому числі і від ширини останнього ( $b$ ):

$$X_2 \rho^2 - X_1 \rho + X_0 = 0, \quad (6)$$

де  $X_2 = C \cdot N_k \cdot g / P_w^2$ ;  $X_1 = [N_k^2 / (H^2 \cdot b)]^{1/3}$ ;  $X_0 = (A \cdot P_w - B \cdot H) / g$ .

Тепер що стосується залежності, яка б дозволяла розрахувати врожайність сільськогосподарської культури ( $U$ ) від ступеня ущільнення ґрунту ( $\rho$ ). За результатами трирічних досліджень автора на вирощуванні ярого ячменю в умовах південного степу (Запорізька обл.) встановлено, що урожайність задовільно описується таким рівнянням:

$$U = A_0 + B_0 \rho + C_0 \rho^{0.5}, \quad (7)$$

де  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $C_0$  – постійні коефіцієнти. При зміні вологості ґрунту за три роки в межах 23,1-25,6% і щільності агрофону 1,08-1,12 г/см<sup>3</sup> їх значення є такими:  $A_0 = -419,87$ ;  $B_0 = -453,43$ ;  $C_0 = 893,8$ .

Розглянемо методику подальших розрахунків. Спочатку, задавши ширину одинарного рушія колісного енергетичного засобу та значинами інших параметрів, із виразу (6) знаходимо щільність ґрунту. Після цього з формул (3) або (5) визначаємо глибину колії. Насамкінець з виразу (7) розраховуємо урожайність культури.

Результати теоретичних розрахунків показують (див. табл.), що застосування подвоєного рушія замість одинарного дозволяє зменшити щільність ґрунту на 20%, а глибину колії – на 25%.

І що найголовніше, умова (2) при цьому задовольняється повністю, оскільки

## Вихідні дані та результати розрахунків

Показник	Од. виміру	Значення показника	
Твердість ґрунту	H, МПа	0,70	
Щільність ґрунту контрольна	$\rho_0$ , кг/см <sup>3</sup>	1,1	
Вологість ґрунту	$W_0$ , %	24,9	
Вертикальне навантаження на колесо (16R20)	$N_k$ , кН	11,0	
Тиск повітря в шині	$P_w$ , МПа	0,13	
Урожайність ячменю контрольна	$U_0$ , ц/га	38,6	
Ширина рушія	$b$ , м	0,41	0,82
Щільність ґрунту	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,42	1,13
Глибина колії	$h$ , м	0,08	0,06
Урожайність ячменю	$U_1$ ( $U_2$ ), ц/га	27,0	37,8

$$U_0 = 38,6 \text{ ц/га} > U_2 = 37,8 \text{ ц/га} > (U_0 + U_1) / 2 = 32,4 \text{ ц/га}.$$

Слід підкреслити, що задовольняється вона і за потроєння рушія колісного енергетичного засобу.

**Висновки.** Подвоєння (потроєння) рушіїв колісних енергетичних засобів є дієвим заходом в напрямку зменшення ущільнювального впливу на ґрунт, а отже підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Застосування такого конструктивного рішення є доцільним за умови забезпечення на практиці виконання вимоги (1).

## Список літератури

1. Ясенецький В. До питання ущільнення ґрунту рушіями мобільної сільськогосподарської техніки / В. Ясенецький, В. Марченко, М. Гудзь, В. Опалко, В. Яворів // Техніка і технології АПК. – 2012. – №3.
2. Медведєв В.В. Нормативи утворення і збереження структури ґрунту / В.В. Медведєв // Вісник аграрної науки. – 2010. – №3.
3. Щитов С.В. Зависимость тягово-цепных свойств трактора от площади контакта колеса с почвой / С.В. Щитов // Техника в сельском хозяйстве. – 2002. – № 5.
4. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства / В.Т. Надикто, В.О. Улексін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД». – 2008. – 270 с.
5. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов. – М.: Машиностроение, 1966. – 196 с.

**Аннотация.** Приведена методика определения условий целесообразности применения сдваивания (страивания) шин колесных энергетических средств с точки зрения уменьшения уплотняющего воздействия на почву, и следовательно – повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

**Summary.** The method determination terms expedience application doubling tires of the wheeled power facilities is resulted from point of diminishing making more a compact influence of their wheels on soil and increase of the productivity conditioned these with agricultural cultures.