

Новий посівний МТА на основі трактора серії ХТЗ-160

Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень асиметричного 12-рядного посівного агрегату на базі нового орно-просапного трактора серії ХТЗ-160 (ХТЗ-16131).

Той факт, що скорочення строку сівби сільськогосподарських культур сприяє підвищенню їх врожайності, є загальновідомим і цілком зрозумілим. Вирішувати це завдання можна двома шляхами: екстенсивним та інтенсивним. Перший полягає у збільшенні кількості посівних агрегатів, другий – у застосуванні широкозахватних МТА.

На півдні країни, де зосереджено значну частину

посівів просапних культур з міжряддями 70 см, останнім часом багато сільгоспвиробників йдуть саме першим шляхом. У більшості випадків вони використовують 6- або 8-рядні комплекси на базі універсально-просапних тракторів тягового класу 1,4.

Свого часу д-р техн. наук О.Юшин досить принципово й економічно обґрунтовано ставив питання про необхідність розробки потужного універсально-про-

сапного енергетичного засобу тягового класу 2, на базі якого можна було б реалізувати принаймні 12-рядну систему вирощування просапних [1]. Проте цей напрямок у галузі тракторобудування так і не було реалізовано. Водночас, нині ВАТ «ХТЗ» освоїло виробництво орно-просапних тракторів серії ХТЗ-160 [2], впровадження яких дає можливість отримати високопродуктивні просапні МТА на їх основі. Для цього слід розв'язати лише одну проблему, яка полягає ось у чому.

На вирощуванні просапних з міжряддями 70 см колія енергетичного засобу, як відомо, повинна становити 1400 або 2800 мм. Оскільки колія ХТЗ-160 на штатних шинах 16,9R38 дорівнює 2100 мм, то завод розробив спеціальні проставки, які дозволяють збільшити відстань між колесами до 2800 мм і завдяки цьому симетрично агрегатувати трактори з серійними просапними сівалками та культиваторами.

Проте, переналагодження колії трактора є дуже трудомісткою операцією, що й обмежує на практиці її більш-менш широке застосування. У зв'язку з цим вченими нашого університету разом із співробітниками Південної філії ІМЕСГ розроблено простий зчпний пристрій (рис. 1), який дозволяє на вирощуванні просапних культур з міжряддями 70 см використовувати ХТЗ - 160 без переналагодження з колії 2100 на колію 2800 мм [3].

З використанням цього пристрою агрегатована машина зміщується відносно поздовжньої осі симетрії енергетичного засобу на 35 см. В результаті виключається розміщення висівних секцій просапної сівалки по колії трактора і рух останнього по рядках культурних рослин під час міжрядного обробітку. При цьому слід зазначити, що маса зчпного пристрою майже в 15 разів менша маси чотирьох проставок, призначених для переобладнання колії трактора. Приблизно в стільки ж разів менші витрати часу і на його установаження [2].

Посівний МТА за такою схемою агрегування є асиметричним, оскільки сівалка зміщена в поперечному напрямку відносно поздовжньої осі симетрії трактора. В такому випадку цілком резонно виникає питання щодо стійкості руху агрегату в горизонтальній площині.

В теоретичному аспекті цю задачу розв'язували з допомогою математичного моделювання функціонування розглядової динамічної системи під дією статично випадкових зовнішніх впливів.

Слід підкреслити, що навіть у лінійній інтерпретації



Рис. 1. Пристрій для асиметричного навішування просапної сівалки на трактор

математична модель асиметричного МТА на основі трактора ХТЗ-160 є досить складною. Виходячи з цього, з метою спрощення складання диференціальних рівнянь руху агрегату у горизонтальній площині було прийнято такі припущення [2]:

- поверхня руху (поля) є строго горизонтальною, крен та диферент МТА відсутні;

- трактор серії ХТЗ-160 розглядається у вигляді твердого тіла, яке має поздовжню площу симетрії;

- коливання тягових опорів сівалки та маркера несуттєво впливають на швидкість поступального руху МТА, завдяки чому вона приймається постійною;

- бокова взаємодія шин трактора з поверхнею ґрунту розглядається в рамках гіпотези "бокового відведення";

- через мализну гіроскопічних та стабілізуючих моментів шин, а також моментів опору їх скручуванню відносно вертикальної осі не враховуються;

- кути відведення шин коліс, розміщених на одній геометричній осі, а також вертикальні навантаження та бокові сили, що діють на них, приймаються однаковими;

- невеликі, а тому практично рівні кути повороту керованих коліс трактора під час прямолінійного руху.

В операторній формі запису математична модель посівного агрегату на базі трактора серії ХТЗ-160 має вигляд:

$$K_{11} \cdot x(s) + K_{12} \cdot \varphi(s) = f_{11} \cdot \alpha(s);$$

$$K_{12} \cdot x(s) + K_{22} \cdot \varphi(s) = f_{21} \cdot a(s) + f_{22} \cdot P_{kp}(s) + f_{23} \cdot R_m(s),$$

$$\text{де } K_{11} = s^2 + A_{11} \cdot s;$$

$$K_{12} = A_{12} \cdot s + A_{13};$$

$$K_{21} = A_{21} \cdot s;$$

$$K_{22} = s^2 + A_{22} \cdot s + A_{23};$$

$$A_{11} = (k_a + k_b + k_m) / m \cdot V_0;$$

$$A_{12} = [k_a \cdot (L-a) + k_b \cdot a - k_m \cdot (Lm+a)] / m \cdot V_0;$$

$$A_{13} = -A_{11} \cdot V_0;$$

$$A_{21} = A_{12} \cdot m / J;$$

$$A_{22} = [k_a \cdot (L-a)^2 + k_b \cdot a^2 + k_m \cdot (Lm+a)^2] / V_0 \cdot J;$$

$$A_{23} = -A_{12} \cdot m \cdot V_0 / J;$$

$$f_{11} = [k_a + (P_{ka} - P_{kb})] / m;$$

$$f_{21} = f_{11} \cdot m \cdot (L-a) / J;$$

$$f_{22} = \Delta / J;$$

$$f_{23} = \pm Sm / J,$$

де s – оператор диференціювання; $x(s)$ – координата поперечного зміщення «центра мас» МТА; $\varphi(s)$, $\alpha(s)$ – курсовий кут та кут повороту керованих коліс трактора; $P_{kp}(s)$ – тяговий опір просапної сівалки; $R_m(s)$ – тяговий опір маркера; k_a , k_b – коефіцієнти опору відведення шин передніх та задніх коліс трактора; k_m – коефіцієнт опору відведення опорних коліс сівалки; m , J , V_0 – маса, момент інерції та робоча швидкість руху посівного МТА; L – база трактора; Lm – відстань від заднього моста трактора до «центра мас» сівалки; a – поздовжня координата «центра мас» трактора; Δ – поперечне зміщення просапної сівалки відносно поздовжньої осі симетрії енергетичного засобу; Sm – виліт маркера.

Вплив асиметричного агрегування сівалки оцінювали за допомогою амплітудних (АЧХ) і фазових (ФЧХ)

частотних характеристик, які отримували з передавальної функції по збурювальному впливу відносно курсового кута енергетичного засобу:

$$W(s) = \frac{A_1 \cdot s + A_0}{B_3 \cdot s^3 + B_2 \cdot s^2 + B_1 \cdot s + B_0}$$

$$\begin{aligned} \text{де } A_1 &= f_{22} + f_{23}; & A_0 &= (f_{22} + f_{23}) \cdot A_{11}; \\ B_3 &= 1; & B_2 &= A_{11} + A_{22}; \\ B_1 &= A_{11} \cdot A_{22} - A_{12} \cdot A_{21} + A_{23}; & B_0 &= 0. \end{aligned}$$

Аналіз отриманих результатів показав, що поперечне зміщення просапної сівалки на 0,35 м не впливає на стійкість руху МТА. Як для 12-рядної ($B_p=8,4$ м), так і 18-рядної ($B_p=12,6$ м) просапних систем найбільша різниця між АЧХ при $\Delta = 0$ і $\Delta = 0,35$ м складає 4%.

Певний небажаний ріст АЧХ має місце для одного і того ж поперечного зміщення машини при збільшенні її ширини захвату. Так, для дослідного машинно-тракторного агрегату використання 18-рядної сівалки замість 12-рядної викликає підймання амплітуди колювання його курсового кута на 28,5% на частоті $0,5 \text{ с}^{-1}$. На більш високих частотах ця різниця зменшується практично до нуля (рис. 2).

Що стосується фазових частотних характеристик агрегату, то вони практично не залежать від поперечного зміщення сівалки та збільшення її конструктивної ширини захвату.

Експериментальні дослідження проводили агрегатом у складі трактора серії ХТЗ-160 (16131) та німецької 12-рядної (з міжряддями 70 см) просапної сівалки «Optima» (рис. 3), яку навішували на енергетичний засіб з допомогою спеціально розробленого приєднувального пристрою (див. рис. 1).

Середнє значення вологості ґрунту в шарі 0-10 см становило 17,6%, а щільність – $1,30 \text{ г/см}^3$. Сівалка була налаштована на загорання насіння на глибину 6 см. Робоча ширина захвату посівного МТА дорівнювала 8,4 м. В процесі сівби він рухався зі швидкістю, яка в середньому становила 12,2 км/год. Основна (чиста) продуктивність праці становила при цьому 10,2 га. Навіть при коефіцієнті використання зміни 0,60-0,65 таким агрегатом за 10 годин роботи можна засіяти не менше 60 га.

Траєкторію руху асиметричного посівного МТА оцінювали за допомогою запропонованого вченими ТДАТУ нового частотно-дисперсійного показника [4]

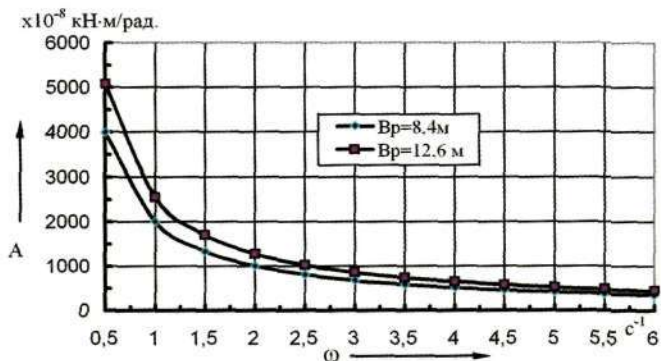


Рис. 2. Амплітудно-частотні характеристики відпрацювання збурювального впливу посівними агрегатами на базі ХТЗ-160



Рис. 3. Посівний агрегат у складі трактора ХТЗ-16131 та 12-рядної просапної сівалки «Optima»

на наступним чином. Після проходження досліджуваного агрегату на полі вибирали маркерний слід (рис. 4).

Паралельно сліду прокладали пряму базову лінію і з кроком 0,5 м заміряли відхилення від неї траєкторії маркерного сліду (див. рис. 4). З отриманого масиву даних розраховували дисперсію (Dy) і частоту зрізування $\omega_{зр}$. Останній відповідає спектральній щільності $S(\omega_{зр})$, яку знаходили з виразу [5]:

$S(\omega_{зр}) = 0,05S(\omega_0)$, де $S(\omega_0)$ – величина нормованої спектральної щільності коливального процесу при $\omega = 0$.

Згідно з новим оцінювальним показником непрямої траєкторії руху посівного МТА слід вважати прийнятною, якщо виконуються дві умови [4]:

$$\left. \begin{aligned} Dy &\leq 12,50 \text{ см}^2; \\ \omega_{зр} &\leq 0,25 \text{ м}^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Аналіз експериментальних даних показав, що дисперсія колювань траєкторії маркерного сліду досліджуваного асиметричного посівного агрегату $Dy = 5 \text{ см}^2$. Нормована спектральна щільність коливального процесу при $\omega = 0 \text{ м}^{-1}$ $S(\omega_0) = 4,9 \text{ м}$ (рис. 5). Звідси $S(\omega_{зр}) = 0,05S(\omega_0) = 0,05 \cdot 4,9 = 0,245 \text{ м}$.

Цій нормованій спектральній щільності, як впливає з рис. 5, відповідає частота зрізування дорівнює $\omega_{зр}$, яка становить $0,24 \text{ м}^{-1}$.

Як бачимо, дійсні значення Dy і $\omega_{зр}$ відповідають вимозі (1), що дає право непрямої траєкторії руху нового асиметричного посівного МТА вважати прийнятною.

Для міжрядного обробітку сходів, посіяних 12-ряд-

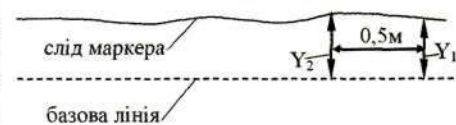


Рис. 4. Траєкторія та методика визначення непрямої траєкторії маркерного сліду асиметричного посівного агрегату

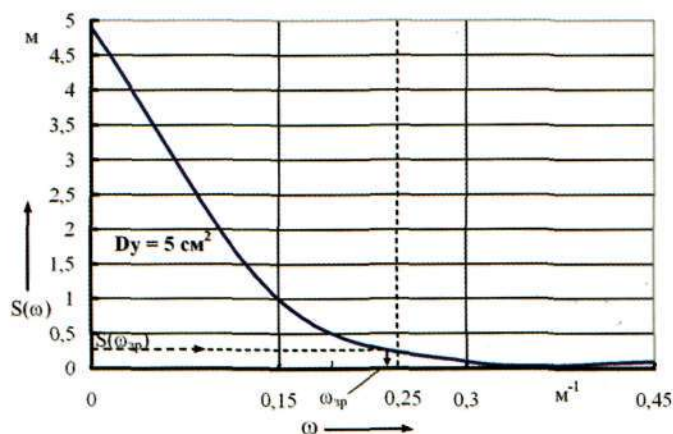


Рис. 5. Нормована спектральна щільність коливань траєкторії маркерного сліду асиметричного посівного МТА

ною сівалкою, трактор серії ХТЗ-160 агрегатується з просапним культиватором КРН-8,4. Як і сівалка, культиватор навішується на трактор з допомогою спеціального зчпного пристрою (рис. 1).

Насамкінець підкреслимо, що тягово-енергетичні властивості тракторів сімейства ХТЗ-160 дають можливість реалізувати на їх базі не лише 12-, а й 18- і навіть 24-рядні комплекси машин для вирощування просапних культур з міжряддями 70 см. Результати досліджень науковців ТДАТУ підтверджують як економічну доцільність, так і технічну здійсненність такого напрямку науково-дослідних робіт.

Список літератури

1. Юшин А.А. Состояние и перспективы развития тракторной энергетики в Украине /А.А.Юшин, В.Г.Евтенко // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. – №2.
2. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві: Навч. посібник / В.Т.Надикто, М.Л.Крижачківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Абдула. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД». – 2006. – 337 с.
3. Пат. 30201А Україна, А01В, 59/04. Зчпний пристрій енергетичного засобу /Надикто В.Т., Абдула С.Л., Санін Г.А., Рославцев А.В.; заявник Південна філія інституту механізації та електрифікації сільського господарства; заяв. 21.01.1998; – опубл. 15.11. 2000. – Бюл. №6-II.
4. Надикто В.Т. Частотно-дисперсионный показатель непрямолинейности рядков пропашных культур / В.Т. Надикто, О.П.Назарова, Т.С. Чорная // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №8.
5. Купер Дж. Вероятностные методы анализа сигналов и систем / Дж.Купер, К. Макгиллем. – М.: Мир. – 1989. – 376 с.

Summary. *The results of theoretical and experimental researches of asymmetric 12-и of row (with spaces between rows 70 sm) sowing aggregate are resulted on the base of the new arable-cultivated tractor series of ХТЗ-160 (ХТЗ-16131).*