

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-2-22>

УДК 631.37:631.3.00.65

В. П. Кувачов, докт. техн. наук

В. М. Дружич, аспірант

С. О. Шевченко, аспірант

К. О. Зеленов, аспірант

ORCID: 0000-0002-5762-256X

ORCID: 0009-0007-5361-5921

ORCID: 0009-0007-3371-1262

ORCID: 0009-0001-1235-6341

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАВІСНОГО ЗНАРЯДДЯ НА РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ КОЛЕСАМИ БАГАТОВІСНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ

Анотація. Проблема забезпечення високих тягово-зчіпних властивостей багатовісних енергетичних засобів із навісними сільськогосподарськими знаряддями, розміщеними в їхньому міжколісному просторі, полягає у суттєвому перерозподілі зчіпної ваги на рушіїх. Досліджень у цьому плані було проведено недостатньо. Метою дослідження є підвищення тягово-зчіпних властивостей багатовісних енергозасобів шляхом обґрунтування параметрів їхніх навісних пристроїв і схеми приєднання до них навісних сільськогосподарських машин і знарядь. Наукова новизна полягає в отриманні математичних моделей, використання яких дає змогу обґрунтувати схему і параметри навісного пристрою багатовісного енергетичного засобу під час використання навісних сільськогосподарських знарядь із позиції достатнього зчеплення його рушіїв з опорною поверхнею у технології Controlled Traffic Farming (CTF). Практична цінність досліджень полягає у наданні рекомендацій щодо вибору параметрів розміщення та налаштування навісного пристрою багатовісного енергетичного засобу під час його агрегування з навісним сільськогосподарським знаряддям. У результаті проведених досліджень встановлено, що зміна кутів нахилу центральної тяги навісного пристрою на 10° призводить до зменшення навантаження на передніх колесах енергетичного засобу на 8–12%, що впливає на його зчіпні властивості і, як наслідок, на величину буксування та енерговитрати. Водночас його віддалення від задньої осі на кожні 10 см до центру мас енергозасобу розвантажує задній міст на 5–8%, що негативно впливає на енерговитрати. Подальші дослідження спрямовані на визначення оптимальних параметрів кріплення навісного пристрою на багатовісних енергетичних засобах з урахуванням умов і специфіки роботи в різних технологічних схемах землеробства.

Ключові слова: Controlled Traffic Farming (CTF), ефективність використання техніки, сільськогосподарські технології, підвищення ефективності землеробства, інноваційні агротехнології, подолання голоду.

Постановка проблеми. Із появою багатовісних енергетичних засобів із широким прольотом, що працюють за принципом Controlled Traffic Farming (CTF), виникла необхідність створення нових конструкцій навісних пристроїв, здатних ефективно агрегувати сільськогосподарські машини та знаряддя з ними [1–4]. Традиційні підходи до вдосконалення навісних механізмів здебільшого базуються на існуючих схемах та конструктивних рішеннях, що не враховують нові вимоги до маневреності, точності та ефективності роботи в умовах CTF.

Для оптимальної інтеграції багатовісного енергетичного засобу, який працює в умовах CTF, і навісного сільськогосподарського знаряддя необхідно розробити принципово нову конструкцію навісного пристрою, який забезпечить:

- розміщення навісного пристрою у міжколісному просторі багатовісного енергетичного засобу;
- надійне навісне агрегування с.-г. машин та знарядь без використання у них опорних рушіїв;
- оптимізовану кінематику підйому та опускання с.-г. машин та знарядь.

Особливості навісних с.-г. машин та знарядь, зокрема це відсутність необхідності опорних рушіїв та значні вертикальні навантаження на опорні колеса багатовісного енергетичного засобу, потребують нових рішень у конструкції навісного пристрою. Ефективність агрегування багатовісного енергетичного засобу із сільськогосподарськими машинами та знаряддями залежить від вибору конструкції навісного пристрою на ранніх етапах проєктування, а також від налаштувань і регулювання під час роботи.

Ефективність використання багатовісних енергетичних засобів із широким прольотом у сільському господарстві залишається недостатньою, особливо в поєднанні з напівнавісними та навісними знаряддями. Більшість таких машин та знарядь має власні опорні рушії (колеса), які в процесі роботи знаходяться в агротехнічній плодоносній зоні поля. А це суперечить концепції СТФ, за якою не відбувається ущільнюючого впливу на ґрунт у плодоносній зоні поля. Водночас у науковій літературі не приділяється достатньо уваги впливу ваги навісного знаряддя на вертикальне навантаження, яке розподіляється на опорні колеса багатовісного енергетичного засобу. Це навантаження має подвійний ефект: збільшення тягового зусилля, що сприяє ефективнішому використанню потужності, та зменшення буксування рушіїв, що веде до зниження енерговитрат. Покращення тягово-зчіпних характеристик багатовісного енергетичного засобу сприяє підвищенню загальної продуктивності його роботи, що є важливим для оптимізації ресурсного використання та підвищення ефективності польових робіт у технології СТФ.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження впливу схеми та конструктивних параметрів агрегатів із навісними знаряддями є актуальною темою сучасної агроінженерної науки. У науковій літературі висвітлюються різні аспекти функціонування таких агрегатів, зокрема їх стабільність, динамічні характеристики та вплив на енергетичні показники роботи трактора.

Науковцями достатньо опрацьовані питання використання напівнавісних с.-г. машин та знарядь на енергетичних засобах із широким прольотом у технологіях СТФ [1–4]. Проте використання навісних с.-г. знарядь у представлених роботах не розглядається.

Натомість Volodymyr Bulgakov та ін. у своїй роботі [5] провели аналітичне дослідження умов стабільності функціонування фронтального плуга без опорного колеса. Вони вивели аналітичні залежності та здійснили аналіз результатів їх розрахунку, що дало змогу оцінити вплив основних параметрів плуга на його роботу. Проте дослідження не враховує особливості роботи багатовісних енергетичних засобів у системах СТФ, зокрема зміну навантаження на опорні колеса під час роботи агрегату в технологічних коліях.

Volodymyr Nadykto та ін. у роботі [6] зосередилися на визначенні вертикальних коливань трактора з фронтальним плугом без опорного колеса. Вони отримали експериментальні дані та проаналізували результати математичного моделювання, що дало змогу виявити чинники, які впливають на стійкість агрегату. Однак автори не врахували специфіку навантаження на рушії у технології СТФ, де багатовісні енергозасоби повинні працювати в чітко визначених технологічних коліях, що може впливати на зміну тягового зусилля та знос шин.

Подальші експериментальні дослідження впливу фронтального плуга без опорного колеса на стабільність глибини оранки представлено в роботі Petrov G. та Nadykto V. [7]. Автори проаналізували експериментальні дані та обґрунтували рекомендації щодо поліпшення роботи таких агрегатів. Водночас у дослідженні не було розглянуто особливості взаємодії навісного знаряддя з багатовісними енергетичними засобами в умовах СТФ, де відсутність опорного колеса може змінювати розподіл навантаження між із різних боків енергозасобу з широким прольотом та впливати на керованість агрегату в межах технологічних колій.

У збірниках тез наукових конференцій також висвітлюються окремі аспекти досліджуваної проблематики. Так, Г.А. Петров у роботі [8] проаналізував умови стабільності функціонування

фронтального плуга, але не розглянув динамічний перерозподіл навантажень у процесі руху агрегату в умовах СТФ, де зменшення навантаження на передню вісь може впливати на втрату зчеплення рушіїв з опорною поверхнею технологічної колії. У спільній його роботі з В.Т. Надикто [9] досліджено динаміку вертикальних коливань трактора під час використання фронтального плуга без опорного колеса. Проте авторами не було оцінено вплив вертикальних коливань на стабільність руху енергетичного засобу в технологічних коліях, що є критичним для СТФ.

Узагальнюючи результати аналізу, можна відзначити, що сучасні дослідження зосереджені на вивченні стабільності функціонування навісних с.-г. машин та знарядь без опорних коліс, визначенні їхніх динамічних характеристик та вплив на енергетичні параметри роботи с.-г. трактора. Проте недостатньо уваги приділено питанням адаптації таких агрегатів до умов СТФ, зокрема їх взаємодії з багатовісними енергетичними засобами, у яких навісні пристрої розміщені в їх міжколісному просторі, а також розподілу навантаження між опорними колесами тощо. Подальші дослідження мають урахувати ці аспекти для забезпечення ефективної роботи багатовісних енергетичних засобів у системах СТФ.

Формулювання мети статті. Метою досліджень є підвищення тягово-зчіпних властивостей багатовісних енергетичних засобів шляхом обґрунтування параметрів їхніх навісних пристроїв і схеми приєднання до них навісних с.-г. машин і знарядь.

Основна частина. Для вирішення поставленого завдання складемо умову рівноваги енергетичного засобу з розміщеним навісним знаряддям у його міжколісному просторі в поздовжньо-вертикальній площині. Для цього розглянемо його як фізичне тверде тіло, яке має подовжню площину симетрії, що проходить через центр його мас. З агрегатованою з ним навісним с.-г. знаряддям без опорного колеса представимо його на розрахунковій схемі у вигляді плоскої еквівалентної моделі (рис. 1). Робочі органи с.-г. знарядь на еквівалентній схемі (рис. 1) представимо проєкцією одного ґрунтообробного робочого органу, у якому зосереджена рівнодіюча їх тягового опору (горизонтальний R_x і вертикальний R_y складники, кількісне співвідношення між якими, як відомо, визначається типом самого робочого органу). Указане навісне с.-г. знаряддя агрегатується з енергетичним за допомогою центральної і нижніх тяг його навісного пристрою.

Відповідно до загальноприйнятого принципу про заміну зв'язків силами їхніх реакцій, взаємний вплив енергетичного засобу і сільськогосподарського знаряддя виразимо через сили X і Y , які зосереджено в миттєвому центрі повороту навісного пристрою (точка π , див. рис. 1). При розгляді умови рівноваги енергетичного засобу приймемо позитивний напрямок сил X і Y , а для сільськогосподарського знаряддя – від'ємний.

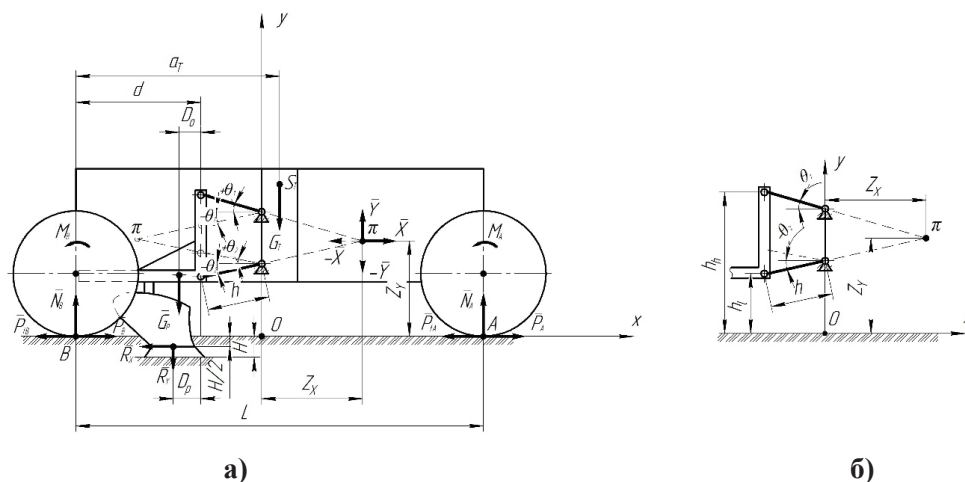


Рис. 1. Схеми сил і моментів, що діють на енергетичний засіб (а) і навісний пристрій (б) у поздовжньо-вертикальній площині

Координати миттєвого центру повороту навісного пристрою енергозасобу (Z_x і Z_y) (див. рис. 1) у процесі його руху змінюються в часі. Але оскільки тренд їхніх коливань малий, то це практично не відбивається на характері перерозподілу вертикальних навантажень на передніх і задніх колесах енергозасобу, тому вони (координати) приймаються постійними.

Із можливих варіантів приєднання навісних машин і знарядь до енергозасобу кути нахилу центральної (θ_1) і нижніх (θ_2) тяг його навісного пристрою можуть бути як позитивними, так і від'ємними або дорівнювати нулю (див. рис. 1б). Через це навісний пристрій енергозасобу залежно від кутів нахилу його центральної і нижніх тяг може мати шість варіантів налаштування:

- 1) $\theta_1 > 0, \theta_2 < 0$;
 - 2) $\theta_1 < 0, \theta_2 > 0$;
 - 3) $\theta_1 \leq 0, \theta_2 < 0, |\theta_1| < |\theta_2|$;
 - 4) $\theta_1 > 0, \theta_2 \geq 0, \theta_1 > \theta_2$;
 - 5) $\theta_1 < 0, \theta_2 \leq 0, |\theta_1| > |\theta_2|$;
 - 6) $\theta_1 \geq 0, \theta_2 > 0, \theta_1 < \theta_2$.
- (1)

Залежно від значень кутів θ_1 і θ_2 нахилу відповідно центральної і нижніх тяг навісного пристрою енергозасобу координати його миттєвого центру повороту (Z_x і Z_y) можуть бути виражені через його ж конструктивні параметри (рис. 1б).

Координати миттєвого центру повороту навісного пристрою енергозасобу в кожному з варіантів (1), відповідно до рис. 1, можуть бути визначені у такий спосіб:

$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{h_h - h_l}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2}; \\ Z_y &= h_l - \frac{(h_h - h_l) \cdot \tan \theta_2}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2}, \end{aligned} \quad (2)$$

де Z_x, Z_y – поздовжня і поперечна координати миттєвого центру повороту навісного пристрою енергозасобу;

h_h, h_l – конструктивні параметри енергозасобу, природа яких зрозуміла з рис. 1.

Для розрахунку двох вертикальних реакцій N_A і N_B на передніх і задніх колесах енергозасобу (див. рис. 1) достатньо скласти два рівняння системи, у яких прирівняти до нуля суму проєкцій усіх сил у вертикальній площині і суму їх моментів відносно, наприклад, точки B :

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n (F_k)_y &= 0; \\ \sum_{k=1}^n M_B(F_k) &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

де $\sum_{k=1}^n (F_k)_y$ – сума k -х сил, які діють на енергозасіб у вертикальній площині;

$\sum_{k=1}^n M_B(F_k)$ – сума моментів k -х сил, які діють на енергозасіб відносно точки B .

Моменти M_A і M_B можна виразити у такий спосіб:

$$M_A = (P_A - P_{fA}) \cdot r_A; \quad M_B = (P_B - P_{fB}) \cdot r_B, \quad (4)$$

де P_A, P_B – дотичні сили тяги на передніх і задніх колесах енергозасобу відповідно;

P_{fA}, P_{fB} – сили опору коченню передніх і задніх коліс енергозасобу відповідно;



r_A, r_B – радіуси кочення передніх і задніх коліс енергозасобу.

Ураховуючи, що:

$$P_A = N_A \cdot \varphi; \quad P_{fA} = N_A \cdot f; \quad P_B = N_B \cdot \varphi; \quad P_{fB} = N_B \cdot f, \quad (5)$$

де f – коефіцієнт опору коченню енергозасобу;

φ – коефіцієнт використання зчіпної ваги енергозасобу.

Згідно зі схемою діючих сил (рис. 1), маємо:

$$\begin{cases} N_B = G_T + Y - N_A; \\ N_A = \frac{G_T \cdot a_T - (G_T - Y) \cdot r_A \cdot (\varphi - f) - Y \cdot (Z_x + h \cdot \cos \theta_2 + d) + X \cdot Z_y}{L - (\varphi - f) \cdot (r_A - r_B)}, \end{cases} \quad (6)$$

де G_T, a_T – вага енергозасобу і горизонтальна координата його центра мас;

L – колісна база енергозасобу;

d – відстань від навісного пристрою агрегатованого с.-г. знаряддя до осі задніх коліс енергозасобу;

h – довжина нижньої тяги навісного пристрою енергозасобу.

Для визначення двох невідомих реакцій X і Y достатньо двох незалежних рівнянь його рівноваги:

$$\begin{cases} \sum_{p=1}^m (F_p)_x = 0; \\ \sum_{p=1}^m (F_p)_y = 0, \end{cases} \quad (7)$$

де $\sum_{p=1}^m (F_p)_x$ – сума p -х сил, що діють на с.-г. знаряддя в горизонтальній площині;

$\sum_{p=1}^m (F_p)_y = 0$ – сума p -х сил, що діють на с.-г. знаряддя у вертикальній площині.

Згідно зі схемою діючих сил (см. рис. 1), маємо:

$$\begin{cases} X = R_x; \\ Y = G_p + R_y, \end{cases} \quad (8)$$

G_p – вага с.-г. знаряддя;

R_x, R_y – горизонтальний і вертикальний складники тягового опору с.-г. знаряддя.

Системи рівнянь (6) і (8) дають змогу визначати вертикальні реакції N_A і N_B на передніх і задніх колесах енергозасобу за різних параметрів агрегату, зокрема кутів (θ_1 і θ_2) нахилу тяг навісного пристрою, та інших конструктивних параметрів. З аналізу вказаних виразів випливає, що крім кутів нахилу тяг навісного пристрою, суттєвий вплив на перерозподіл нормальних реакцій на колесах енергозасобу здійснює місце розміщення навісного пристрою у між-колісному просторі енергозасобу (параметр d).

У процесі досліджень указані значення конструктивних параметрів були прийняті такими: $\theta_1 = 25 \dots 55$ град; $\theta_2 = -10$ град; $h_h = 1$ м; $h_l = 0,3$ м; $R_x = 10$ кН; $R_y = 2$ кН; $G_p = 5$ кН; $G_T = 20$ кН; $a_T = 0,8$ м; $L = 1,6$ м; $h = 0,8$ м; $r_A = 0,6$ м; $r_B = 0,6$ м; $\varphi = 0,45$; $f = 0,08$; $d = 0 \dots 0,8$ м.

Аналіз даних математичного моделювання (рис. 2) показує, що ступінь перерозподілу нормальних реакцій на передніх і задніх колесах енергозасобу суттєво залежить від кута нахилу θ_1 центральної тяги його навісного пристрою, на який навішане с.-г. знаряддя без опорного колеса.

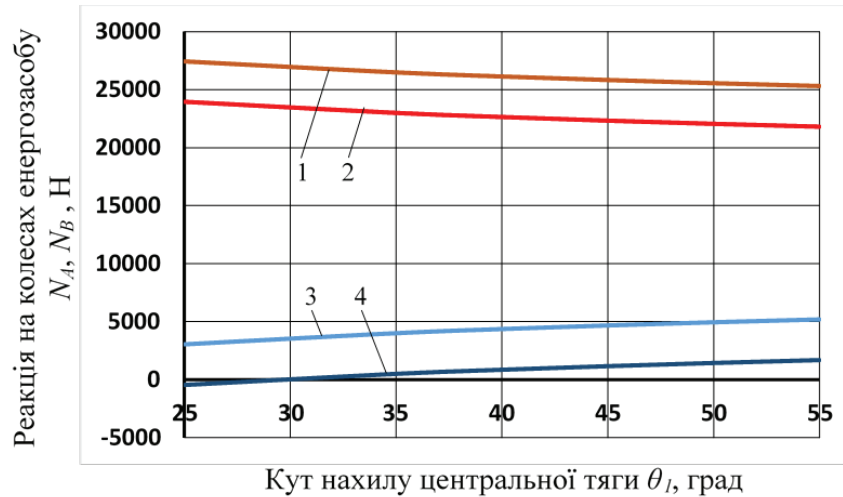


Рис. 2. Ступінь перерозподілу нормальних реакцій на передніх N_B (1, 2), задніх (3, 4) N_A колесах енергозасобу від кута нахилу θ_1 центральної тяги навісного пристрою при відємному нахилі нижніх тяг ($\theta_2 = -10$ град) і за різної відстані d : 1,4 – значення $d = 0,8$ м; 2,3 – значення $d = 0$ м

Аналіз теоретичних досліджень свідчить, що збільшення кута нахилу центральної тяги навісного пристрою спричиняє перерозподіл навантаження між осями багатовісного енергетичного засобу. Зокрема, спостерігається зростання вертикальної реакції на передніх колесах за рахунок зменшення реакції на задніх, що змінює баланс силових впливів на опорну поверхню. Це, своєю чергою, позначається на тягово-зчіпних характеристиках багатовісного енергозасобу та його стійкості під час руху, особливо в умовах нерівномірного рельєфу або змінних характеристик опорної поверхні його руху.

Указане пояснюється аналізом рівноваги сил і моментів, що діють на енергетичний засіб із навісним знаряддям, розташованим у його міжколісному просторі. За збільшення кута нахилу центральної тяги змінюється точка прикладання силової реакції, що спричиняє перерозподіл вертикального навантаження: навантаження на задніх колесах зростає, тоді як на передніх – зменшується. Це може поліпшити тягове зусилля задніх коліс, забезпечуючи кращу реалізацію потужності двигуна, але водночас знижує курсову стійкість агрегату. В умовах технології STF, де точність руху та прогнозованість траєкторії є критично важливими чинниками, така зміна балансу сил може створювати додаткові труднощі для оператора або автоматизованої системи керування енергозасобом.

Якщо ж навісний пристрій зміщувати ближче до центру мас енергетичного засобу, виникає протилежний ефект: зменшується вертикальна реакція на задній осі, що може спричинити її критичне розвантаження. У разі досягнення порогового значення це може призвести до часткової або повної втрати контакту задніх коліс з опорною поверхнею, що робить багатовісний енергозасіб нестабільним і знижує ефективність його роботи. Особливо це небезпечно в умовах підвищеної вологості ґрунту або роботи на схилах, де відсутність достатньої ваги на задніх колесах може призвести до пробуксовування або навіть втрати керованості.

За значного зміщення навісного пристрою вперед відносно задньої осі енергозасобу зростає навантаження на передню вісь, що може спричинити перевантаження передніх коліс, нерівномірний розподіл тягового зусилля. Це також може впливати на знос шин, збільшувати енергетичні витрати на подолання опору коченню та знижувати загальну ефективність роботи багатовісного енергозасобу.

Таким чином, для забезпечення стійкої роботи багатовісного енергетичного засобу в умовах технології STF доцільно оптимізувати положення навісного пристрою, розміщуючи його



якогома ближче до задньої осі. Це дасть змогу рівномірніше розподіляти навантаження між його опорними колесами, зменшувати буксування та поліпшити реалізацію тягового зусилля. Окрім того, правильне розташування навісного пристрою у міжколісному просторі енергозасобу мінімізує негативний вплив на курсову стійкість, забезпечуючи більш точний рух агрегату в польових умовах.

Додатково слід ураховувати вплив ваги навісного знаряддя на динамічну поведінку агрегату. Зміщення центру мас навісного пристрою у напрямку задньої осі може зменшувати коливання під час руху, що позитивно вплине на рівномірність обробітку ґрунту або внесення добрив. Водночас нехтування налаштуванням кутів нахилу тяг на навісному пристрої із навісним с.-г. знаряддям може створювати небажаний ефект «підйому» передньої частини енергетичного засобу, що погіршить його керованість та може вимагати додаткових заходів щодо стабілізації руху агрегату.

З огляду на це, для забезпечення раціонального розподілу навантажень та стабільності руху багатовісного енергетичного засобу за навісного розміщення сільськогосподарського знаряддя у його міжколісному просторі доцільно мінімізувати відстань між ним і задньою віссю енергозасобу. Це дає змогу зберегти оптимальний баланс навантажень на всі опорні колеса енергетичного засобу, зменшити буксування та підвищити ефективність реалізації тягового зусилля, що є ключовими умовами успішного застосування технології СТФ у сучасному землеробстві.

Висновки.

1. Вплив параметрів навісного пристрою з розміщеному на ньому навісному с.-г. знарядді на розподіл вертикального навантаження між передніми та задніми колесами багатовісного енергозасобу є суттєвим. Зміна кутів нахилу центральної навісного пристрою на 10° призводить до перерозподілу навантаження на передні колеса на 8–12%, що впливає на зчипні властивості енергетичного засобу і, як наслідок, на буксування та енерговитрати.

2. Зміщення навісного пристрою ближче до задньої осі сприяє рівномірному розподілу навантажень та поліпшенню тягово-зчипних характеристик багатовісного енергетичного засобу. Тоді як його віддалення від задньої осі на кожні 10 см до центру мас енергозасобу розвантажує його задній міст на 5–8%, що негативно впливає на енерговитрати. Значне зміщення вперед навісного пристрою з навісним с.-г. знаряддям може викликати критичне розвантаження задньої осі, що призводить до втрати контакту задніх коліс з опорною поверхнею і зниження ефективності роботи агрегату.

3. Урахування конструктивних параметрів навісного пристрою та їх взаємодії з багатовісними енергетичними засобами дає змогу значно підвищити ефективність роботи агрегатів у системах СТФ. Зменшення буксування, економія енерговитрат та поліпшення тягово-зчипних характеристик багатовісних енергетичних засобів свідчать про потенціал для зниження витрат і підвищення продуктивності їхньої роботи під час використання таких технологій. Але технологія СТФ вимагає оптимізації схеми та параметрів навісного пристрою для мінімізації впливу на стійкість руху та забезпечення ефективного використання енергетичного засобу в польових умовах.

Подальші дослідження спрямовані на визначення оптимальних параметрів кріплення навісного пристрою у міжколісному просторі енергозасобу з широким прольотом з урахуванням змінних польових умов і специфіки роботи в різних технологічних схемах землеробства.

Список використаних джерел

1. Kuvachov V.P. Justification of the parameters a rear-mounted linkage wide span tractor (vehicle). *Вісник ХНТУСГ*. 2019. Вип. 199. С. 32–48.
2. Bulgakov V., Holovach I., Kuvachov V. et al. Theoretical investigation of a rear-mounted linkage for wide-span tractors. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*. 2018. № 1. P. 11–14.

3. Bulgakov V., Melnik V., Kuvachov V. et al. Theoretical study on linkage unit of wide span tractor. *Proceedings 29th DAAAM International symposium «Intelligent manufacturing and automation»*. 2018. P. 0180–0189.
4. Bulgakov V., Melnik V., Kuvachov V. et al. Theoretical study on linkage unit of wide span tractor. *Proceedings 29th DAAAM International symposium «Intelligent manufacturing and automation»*. 2018. P. 0180–0189.
5. Bulgakov V., Ivanovs S., Nadykto V., Petrov Gennadii. Investigation of front plough functioning stability conditions without support wheel. *Engineering for Rural Development*. 2023. P. 562–570.
6. Nadykto V., Golub G., Kyurchev V. et al. Determining Vertical Oscillations of Front-Plow Tractor Without Support Wheel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024. Volume 1. Issue 7. P. 37–47.
7. Petrov G., Nadykto V. Ploughing depth stability with front plough without support wheel. *Technical service of agriculture, forestry and transport*, 2024. № 25. С. 110–118.
8. Петров Г.А. Дослідження умов стабільності функціонування фронтального плуга без опорного колеса. *Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання»*. Київ : НУБіП України, 2023. С. 238–239.
9. Петров Г.А., Надикто В.Т. Динаміка вертикальних коливань трактора з фронтальним плугом без опорного колеса. *Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання»*. Київ : НУБіП України, 2024. С. 162–163.

Стаття надійшла до редакції 30.03.2025

V. Kuvachov, V. Druzhyh, S. Shevchenko, K. Zelenov

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

RESEARCH ON THE IMPACT OF MOUNTED IMPLEMENTS ON LOAD DISTRIBUTION AMONG THE WHEELS OF A MULTI-AXLE POWER UNIT

Summary

The problem of ensuring high traction and adhesion properties of multi-axle power units equipped with mounted agricultural implements, positioned within their inter-wheel space, lies in the significant redistribution of coupling weight across the driving wheels. Research in this area remains insufficient. The aim of the study is to enhance the traction and adhesion properties of multi-axle power units by substantiating the parameters of their mounting systems and the attachment configurations of mounted agricultural machines and implements.

The scientific novelty of the study consists in developing mathematical models that enable the justification of the mounting system layout and parameters of a multi-axle power unit when using mounted agricultural implements, ensuring sufficient wheel-to-ground adhesion within the Controlled Traffic Farming (CTF) technology.

The practical value of the research lies in providing recommendations for selecting the placement parameters and settings of the mounting system in multi-axle power units when aggregating them with mounted agricultural implements.

The study results indicate that adjusting the tilt angle of the central linkage of the mounting system by 10° leads to an 8–12% reduction in the load on the front wheels of the power unit, which influences its adhesion properties and, consequently, the slip rate and energy consumption. At the same time, shifting the linkage 10 cm further from the rear axle towards the center of mass unloads the rear axle by 5–8%, negatively affecting energy efficiency.

Further research will focus on determining the optimal attachment parameters for mounting systems on multi-axle power units, considering field conditions and the specifics of various agricultural technology schemes.

Keywords: Controlled Traffic Farming (CTF), efficiency of machinery use, agricultural technologies, improving farming efficiency, innovative agro-technologies, hunger eradication.