

Підвищення агроекологічних якостей сільськогосподарських колісних тракторів

Підвищення агроекологічних якостей сільськогосподарських колісних тракторів під час виконання технологічного процесу досягається зниженням динамічного впливу рушіїв на ґрунт. До такого впливу відносяться динамічні вертикальні навантаження коліс трактора на ґрунт і їх буксування, які можуть бути враховані у створенні систем безперервного їх контролю та коригування режимів роботи тракторного агрегата.

Ключові слова: колісні трактори, агроекологічні якості, ґрунт, щільність, твердість, динамічний вплив, вимірювальний комплекс.

Суть проблеми. Використання мобільної сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів, недопустиме без поліпшення основних компонентів природного середовища. При цьому першорядною проблемою є підвищення агроекологічних якостей сільськогосподарських тракторів за показниками впливу рушіїв на ґрунт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рушії тракторів ущільнюють, руйнують орний і підорний горизонти ґрунту, що приводить до порушення екологічної рівноваги ґрунтового покриву і зниження родючості ґрунту та врожайності сільськогосподарських культур [1, 2]. За останні 30 років маса тракторів збільшилася в 2,5-3 рази, тиск на ґрунт їх ходових систем також значно збільшився і досягає 420 кПа та більше. Створюється залишкове ущільнення в орних і в підорних горизонтах ґрунту (на глибині 0,6-1,0 метра), що зберігається протягом декількох років [3, 4]. За ДСТУ 4521: 2006 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунти» для агрофону з щільністю 0,9-1,0 г/см³ і вологістю 0,4-0,5 НВ регламентується допустимий максимальний тиск ходових систем тракторів на ґрунт не більше 160 кПа. Методи визначення дії ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки на ґрунт рекомендовані ДСТУ 4428:2005 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Методи визначення дії ходових систем на ґрунт». Ці методи базуються на способі оцінки тиску рушія на ґрунт по статичному навантаженні, внаслідок чого не можливо оцінити його вплив під час виконання трактором технологічного процесу.

Відомо [5], що на ущільнення ґрунту ходовою системою рухомого трактора впливають динамічні вертикальні навантаження, що призводять до залишкової (дисипативної) і пружної деформації ґрунту. Від повторних проходів трактора по попередньому сліду щільність ґрунту внаслідок залишкової деформації на глибині 0,6 м збільшується на 10-15%. Це пояснює причину підвищення ущільнення в підорних горизонтах ґрунту від впливу вертикальних динамічних навантажень рушіїв мобільних машин. Велику небезпеку становить кумулятивний характер накопичення ущільнювальних впливів на ґрунт і прогресивне зниження її родючості.

До істотного зниження агроекологічних якостей колісних тракторів призводить буксування їхніх рушіїв,

під час якого порушується структура ґрунту, що приводить до ерозійно-небезпечного стану. Обґрунтовано [6], що для запобігання руйнуванню структури ґрунту у весняний період польових робіт максимально допустиме буксування колісних рушіїв тракторів тягових класів 5, 3 та 1,4 повинно становити 15%, 12% і 9% відповідно. У літньо-осінній період значення буксування можуть бути більшими і відповідно становити 20%, 16% і 13%.

У світовій практиці тракторовикористання для зниження ущільнювального впливу на ґрунт рушіями колісних тракторів використовують широкопрофільні шини, здвоєні і строєні колеса [2]. Обґрунтовано [6], що колісні трактори тягового класу 5, обладнані одинарними штатними колесами, можуть використовуватися на польових роботах лише в літньо-осінній період. Для експлуатації навесні вони обов'язково мають бути обладнані здвоєними колесами. Такі трактори мають переваги за тягово-енергетичними показниками перед тракторами з одинарними колесами, але поступаються у динамічній напруженості ґрунту на поворотній смузі [7].

Аналіз відомих досліджень і публікацій показав, що зниження динамічного впливу рушіїв тракторів на ґрунт є основою системного підходу підвищення агроекологічних якостей сільськогосподарських тракторів.

Мета досліджень – підвищення агроекологічних якостей сільськогосподарських колісних тракторів за показниками динамічного впливу ходових систем на ґрунт.

Виклад основного матеріалу. У Харківській філії УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого були проведені теоретичні та експериментальні дослідження з оцінки динамічного впливу ходових систем колісних тракторів на ґрунт від вертикальних коливань, буксування коліс і динамічної напруженості ґрунту на поворотах агрегата.

В основу оцінки вертикальних коливань трактора покладена аналітична модель (рис. 1), яка складається з точкової маси m , яка спирається на безінерційну лінійну пружину K , яка має демпфер в'язкості C . Маса встановлена таким чином, що вона може переміщуватися під дією сили $f(t)$ тільки в одному напрямку X , тобто система має один ступінь свободи. У цій моделі пружина K характеризує накопичення енергії системою, а демпфер C – розсіювання енергії. Нерівність

накопичення і розсіювання енергії під дією сили визначає динаміку системи, математична модель якої у часі може бути отримана відповідно до другого закону Ньютона до аналітичної моделі. Прирівнюючи внутрішні сили (пружності) і зовнішні (збудження), отримуємо таку математичну модель динамічної системи:

$$m\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) = f(t) \quad (1)$$

Ця модель є основою оцінки динаміки трактора.

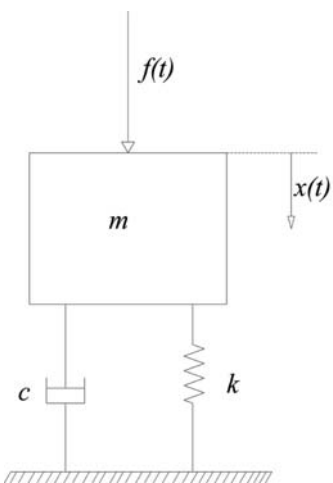


Рис. 1 – Аналітична модель вертикальних коливань трактора

Рух трактора під час виконання технологічного процесу призводить до виникнення поздовжніх, бічних і вертикальних коливань підресорених і невідресорених мас і коліс трактора. Поздовжні і бічні коливання трактора призводять до підвищення динамічної напруженості ґрунту внаслідок буксування, юзу рушіїв, а вертикальні коливання є основною причиною динамічного ущільнення ґрунту.

Вертикальні коливання трактора оцінені за динамічною моделлю з Урахуванням підресорених m_n і невідресорених мас переднього m_1 і заднього m_2 мостів, сума яких визначає масу трактора M (рис. 2).

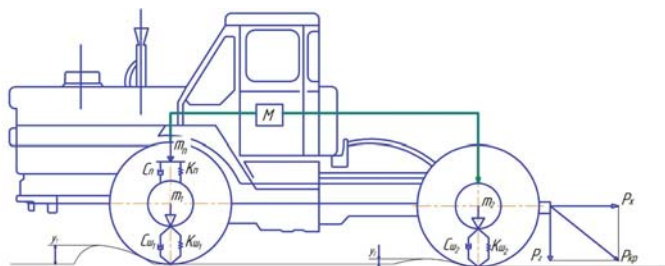


Рис. 2 – Динамічна модель вертикальних коливань трактора

Для цієї динамічної моделі записано диференціальне рівняння вертикальних коливань трактора агрегатованого з сільгоспмашиною з тяговим навантаженням $P_{кр}$:

$$M_T \ddot{Z} + (C_{II} + C_{III}) \dot{Z} + (K_{II} + K_{III}) Z - C_{II} \cdot \dot{\xi} - K_{II} \cdot \xi + P_Z = C_{III} \cdot \dot{y} + K_{III} \cdot y \quad (2)$$

де M_T – маса трактора, кг; Z, \dot{Z}, \ddot{Z} – вертикальне переміщення, швидкість, прискорення остова трактора, м, м/с, м/с²; C_{II}, C_{III} – коефіцієнти демпфування підвіски і шин, Н·с/м; K_{II}, K_{III} – коефіцієнти жорсткості

підвіски і шин, Н/м; $\xi, \dot{\xi}$ – вертикальне переміщення і швидкість переміщення переднього моста, м, м/с; P_Z – вертикальна складова тягового навантаження, Н; y, \dot{y} – висота нерівності рельєфу і швидкість її подолання, м, м/с.

Тиск на ґрунт σ_m коліс переднього і заднього мостів залежить від вертикального динамічного навантаження $G_k(t)$, ЯКЕ діє на колеса і змінюється під час руху трактора, визначається за формулою:

$$\sigma_{m1} = \frac{G_{k1}}{F_{k1}}; \sigma_{m2} = \frac{G_{k2}}{F_{k2}} \quad (3)$$

де F_{k1}, F_{k2} – контурна площа контакту шини коліс переднього і заднього мостів з ґрунтом, визначена на жорсткій поверхні, м².

Динамічні навантаження переднього G_{k1} і заднього G_{k2} мостів залежать від параметрів підвіски і коліс трактора і визначаються залежностями:

$$G_{k1} = F_p + F_{аш1} \quad F_{a1} + m_1 \ddot{\xi}_1; \quad (4)$$

$$G_{k2} = F_{a1} + F_{аш2} + m_2 \ddot{\xi}_2 + P_Z \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

де F_p – сила пружного елемента підвіски (ресори) передньої осі, Н; F_{a1} – сила амортизатора, Н; $F_{аш1}, F_{аш2}$ – сили від амортизаційних властивостей коліс переднього і заднього мостів, Н; $\ddot{\xi}_1, \ddot{\xi}_2$ – вертикальні прискорення переднього і заднього мостів, м/с²; φ – кут відхилення остова трактора від вертикальної осі під час руху по нерівностях ґрунту, рад.

Аналіз залежностей (4) і (5) показує, що динамічні вертикальні навантаження мостів трактора залежать від параметрів підвіски і коліс, тягового навантаження і вертикальних прискорень переднього і заднього мостів.

Для контролю вертикальних прискорень переднього і заднього мостів трактора використовувався розроблений реєстраційно-вимірювальний комплекс (рис. 3), що дозволяє реєструвати поздовжні, бічні і вертикальні прискорення трактора під час виконання технологічного процесу.



Рис. 3 – Розміщення вимірювально-реєстраційного комплексу в кабіні трактора ХТЗ-17221: 1 – датчики прискорень; 2 – ЕОМ для зняття та архівації даних

Цей комплекс використовувався раніше для оцінки тягових властивостей трактора за змінами поздовжніх прискорень та стійкості руху за бічними прискорення-

ми відхилення напрямку його руху.

Вертикальні прискорення переднього і заднього мостів під час виконання трактором технологічного процесу свідчать про динамічні навантаження, які діють на ґрунт. Використані для проведення експерименту датчики ММА 7260QT – ємнісні акселометри з трьома робочими осями і межею вимірювання $\pm 1,5g$, мають вбудований фільтр корекції зміни температури, фільтр нижніх частот і кратних значень і не вимагають додаткових пристроїв. Датчики використовують низьку напругу 2,2-3,6 V, мають високу чутливість 800 В/д, характеризуються хорошою стійкістю до перепадів напруги і впливу статичної електрики.

За допомогою цього комплексу були оцінені вертикальні прискорення центру мас трактора, переднього і заднього мостів під час агрегування трактора ХТЗ-17221 з плугом ПЛН-5-35. У першому випадку використовувався один датчик ММА 7260QT, у другому – два з установкою відповідно в кабіні трактора і на корпусах мостів. Експериментальні дослідження були проведені в літньо-осінній період на орних роботах (агрегат ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35) на полі після збирання пшениці (тип ґрунту – чорнозем середньо-суглинний глибокий 3А твердості 1,5МПа і вологості 0,3-0,4 НВ в літній і 1,3МПа, 0,4-0,5 НВ в осінній періоді).

У результаті експериментальних досліджень було визначене найбільше прискорення центру мас трактора ХТЗ-17221 агрегуваного з плугом ПЛН-5-35 під час розгону агрегата (рис. 4), що можна пояснити в основному підвищенням інтенсивності зростання вертикальної складової тягового навантаження P_z (рис. 2). На цих графіках по осі Z відображено вертикальне прискорення $\ddot{\xi}$ центра мас трактора, X – час t проведення експерименту.

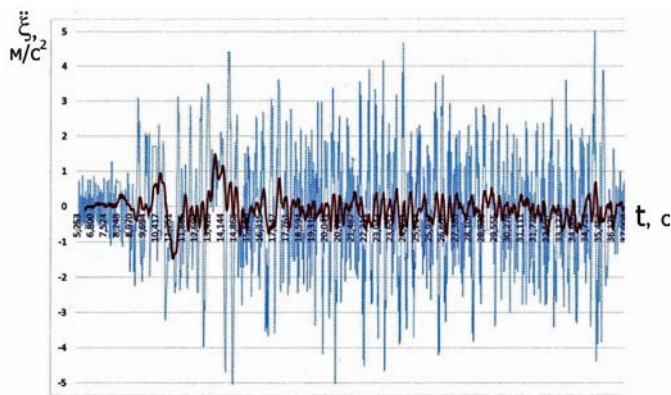


Рис. 4 – Загальний вигляд графіків вертикальних

прискорень $\ddot{\xi}$ центра мас трактора ХТЗ-17221 з плугом ПЛН-5-35 на оранці в літній період на моніторі

реєстраційно-вимірювального комплексу: 1 – масив $\ddot{\xi}$; 2 – графік $\ddot{\xi}$ з використанням фільтра Калмана

Під час розгону агрегата ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35 найбільш інтенсивно проявляється частота коливань центра мас трактора в період 10-14 с.

На орних роботах трактора ХТЗ-17221 експериментально з використанням двох датчиків ММА 7260QT, які встановлюються на корпусах переднього і

заднього мостів, отримані верти-кальні прискорення $\ddot{\xi}_1$ і $\ddot{\xi}_2$ залежно від швидкості руху агрегата. Розв'язуючи рівняння (2), (4) і (5) за допомогою програмного пакета MathCad з урахуванням експериментальних $\ddot{\xi}_1$ і $\ddot{\xi}_2$ обґрунтовано залежність вертикальних динамічних навантажень переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 з плугом ПЛН-5-35 (оранка на глибині 25-27 см) від швидкості руху (рис. 5).

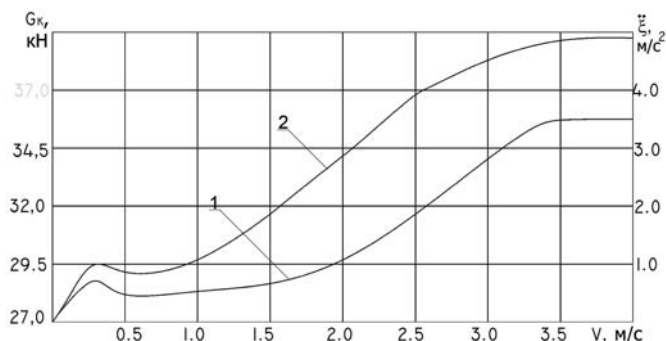


Рис. 5 – Зміна вертикальних динамічних навантажень G_k і

прискорень $\ddot{\xi}$ переднього (крива 1) і заднього (крива 2) мостів трактора ХТЗ-17221 від швидкості V руху на орних роботах

Аналіз залежностей $G_k = f(V)$ і $\ddot{\xi} = f(V)$

показує, що $\ddot{\xi}_{\max}$ досягається для переднього мосту з $V = 3,5$ м/с (12,6 км/год), заднього – 3,2 м/с (11,5 км/год), яким відповідають $G_{k1 \max} - 35,5$ кН і $G_{k2 \max} - 39$ кН. За підвищеної вологості ґрунту в

осінній період $G_{k1 \max} - 34$ кН і $G_{k2 \max} - 38,1$ кН. Відмічено також, що в момент розгону трактора ХТЗ-17221 до швидкості 1,8 км/год під час заглиблення плуга ПЛН-5-35 динамічні навантаження заднього моста зростають більш інтенсивно, ніж переднього.

Зі зростанням швидкості руху агрегата завжди $G_{k2} > G_{k1}$, що є в основному наслідком зростання вертикальної складової P_z тягового навантаження (рис. 2), яка передається на задній міст трактора.

Тиск σ_n коліс переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 на ґрунт під час агрегування з плугом ПЛН-5-35, який призводить до зміни його щільності і твердості, розраховано залежностями (3) з урахуванням експериментальних значень вертикальних динамічних навантажень G_k і використанням методики оцінки ущільнення ґрунту на глибині [8] Інституту ґрунтознавства і агрохімії ім. А.Н. Соколовського УААН (табл.).

Під час експериментальних дослідів впливу дії колісних рушіїв на ґрунт оцінювалась по сліду коліс трактора і ділянці поля між бортами (контрольна ділянка) до проходження плуга за зміною щільності (об'ємної маси) і твердості ґрунту. Повторність експерименту трикратна на довжині гону 100 м.

Таблиця
Зміна щільності й твердості ґрунту під дією колісних рушіїв трактора ХТЗ-17221 агрегатованого з плугом ПЛН-5-35 в літній період

Глибина, см	Контроль		Щільність за мостами, г/см ³		Твердість за мостами, МПа	
	Щільність, г/см ³	Твердість, МПа	передній	задній	передній	задній
0...10	1,06	0,75	1,18	1,22	1,50	1,68
10...20	1,17	1,15	1,24	1,26	1,93	2,05
20...30	1,21	1,50	1,27	1,30	2,20	2,34
30...40	1,24	1,78	1,30	1,33	2,34	2,48
40...50	1,27	2,05	1,33	1,36	2,48	2,64
50...60	1,30	2,21	1,36	1,40	2,65	2,80

Примітка: шини серійні 23, 1R26; швидкість руху 9,8 км/год; ґрунт: чорнозем; вологість – 0,3-0,4 НВ, попередник – стерня озимої пшениці.

Аналіз щільності ґрунту по сліду коліс трактора показує, що колеса заднього моста на глибині більш інтенсивно ущільнюють ґрунт, перевищуючи показник контрольного ділянки на глибині 10 см на 15%, глибше 60 см – на 7,6%. При цьому твердість ґрунту відповідно зросла в 2,24 і 1,26 рази. По глибині ґрунту 0...60 см щільність ґрунту по сліду коліс зростає в 1,15 рази, а твердість – в 1,76 рази. Це обумовлює ущільнення ґрунту підорного горизонту на глибині більш ніж 0,6м. Цьому сприяє також ефект «галоупування» трактора під час руху на гоні, який є наслідком різних за значенням і нестабільністю вертикальних динамічних навантажень і прискорень мостів трактора (рис. 5). Можна вважати, що в цьому випадку трактор працює як трамбувальник ґрунту.

Рішенням проблеми зниження ступеня дії колісними рушійми трактора на ґрунт у напрямку забезпечення нормативних значень його щільності й твердості може бути досягнуто за допомогою реєстраційно-вимірювального комплексу (рис. 3), який дозволяє оцінювати максимальні вертикальні прискорення трактора і його мостів під час виконання технологічного процесу. Коректування швидкісного режиму роботи тракторного агрегата дозволяє виконувати технологічний процес з мінімально допустимими вертикальними динамічними навантаженнями на ґрунт, створюваними рушійми трактора.

До значного зниження агроєкологічних якостей тракторів приводить буксування їх рушіїв під час виконання технологічного процесу. Під час буксування окрім зниження швидкості руху трактора порушується структура ґрунту і зв'язки між його часточками, що призводить до збільшення глибини занурення рушіїв у ґрунт і до додаткових витрат енергії на утворення колії. Реалізація ведучого моменту рушія (колеса) трактора супроводжується буксуванням, в результаті чого рушій ніби переміщується назад на якусь відстань. У цьому полягає фізична сутність буксування рушіїв трактора. Дотична сила тяги рушія зростає з підвищенням буксування до певного значення, після чого відбувається її зниження. Максимальна дотична сила тяги еластичного колеса (шини) досягається, коли значення буксування дорівнює 0,15-0,20 (15%-20%) на твердій опорній поверхні, 0,22-0,24 (22%-24%) на деформованій і більш ніж 0,3 (33%) для фону «поле під посів» [9].

Буксування понад 0,3 суттєво знижує показники роботи агрегата і призводить до недопустимих руйнувань структури ґрунту. Запропоновані [6] максимально допустимі буксування колісними рушійми тракторів класів 1,4; 3 і 5 для весняних і літньо-осінніх польових робіт, за яких забезпечуються нормативні тягові показники тракторів і не порушується рушійми структура ґрунту.

Для забезпечення роботи трактора з буксуванням в оптимальних межах необхідний безперервний контроль буксування трактора під час виконання технологічного процесу. Для вирішення цієї проблеми необхідне вимірювання дійсної швидкості трактора. У світовій практиці тракторобудування для вирішення цієї проблеми успішно використовують радари [10].

В Інституті радіофізики і радіоелектроніки НАН України ім. А.Я.Усикова (м. Харків) за участі ХФ УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого розроблено і виготовлено вимірювач буксування трактора під час виконання технологічного процесу. У вимірювачі реалізується залежність буксування δ трактора від відношення лінійних швидкостей трактора V_T і обертів ведучого колеса V_K :

$$\delta = 1 - \frac{V_T}{V_K} \quad (6)$$

$$V_K = 3,6 \cdot \left(\frac{L}{T} \right)$$

де V_K – м/с; L – довжина окружності колеса, м; T – час, за який колесо здійснює один оберт, с.

Для виміру показників V_T і δ використовується радіолокаційний вимірювач швидкості V_T трактора (рис. 6), заснований на вимірі ефекту Доплера, і контактний вимірювач лінійної швидкості обертання колеса V_K на основі датчика Холла.

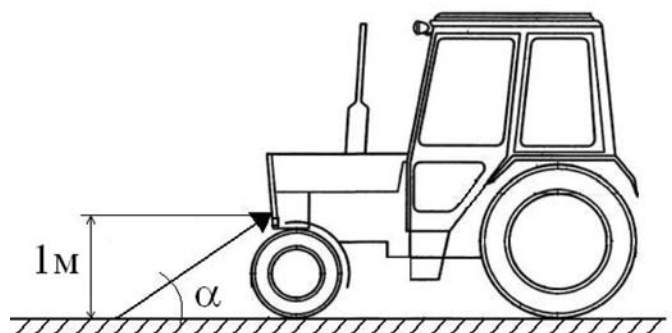


Рис. 6 – Розміщення радіолокаційного вимірювача швидкості на тракторі

Радіолокаційний датчик провадить вимірювання доплерівського зсуву частоти під час переміщення радара відносно поверхні руху трактора

$$f_{\delta} = \frac{2V_p}{\lambda} \cos \alpha$$

де V_p – швидкість носія, λ – робоча довжина хвилі радара, α – кут нахилу променя радара відносно поверхні руху трактора.

У результаті порівняння показань обох датчиків

буксування рушіїв трактора обчислюється за виразом (6).

Перед вимірюваннями виконується процедура калібрування для визначення постійних величин α і L , під час якої коректуються результати вимірювань за динамічним радіусом кочення колеса.

У результаті експериментальних досліджень трактора ХТЗ-17221 з плугом ПЛН-5-35 на орних роботах на глибині 25-27 см в літній період (вологість ґрунту 0,3-0,4 НВ) трактор має буксування 15%, в осінній період (вологість ґрунту 0,4-0,5 НВ) буксування перебуває в межах 17-18%. Порівняння отриманих результатів з результатами за ДСТУ 30745-2003: «Трактори сільськогосподарські. Визначення тягових показників» показало, що похибка вимірювання буксування тракторів під час виконання технологічного процесу не перевищує 2,7%.

До суттєвого зниження агроєкологічних якостей тракторів зі здвоєними колесами призводить їх жорстке з'єднання. У відомих технічних рішеннях (рис. 7) зі здвоюванням основного 1 і додаткового 3 коліс реалізовані жорсткі кінематичні зв'язки за допомогою проставки 2. Найбільш несприятливим з погляду впливу здвоєних коліс на ґрунт є непрямолінійність руху і особливо повороти і розвороти з малими радіусами.

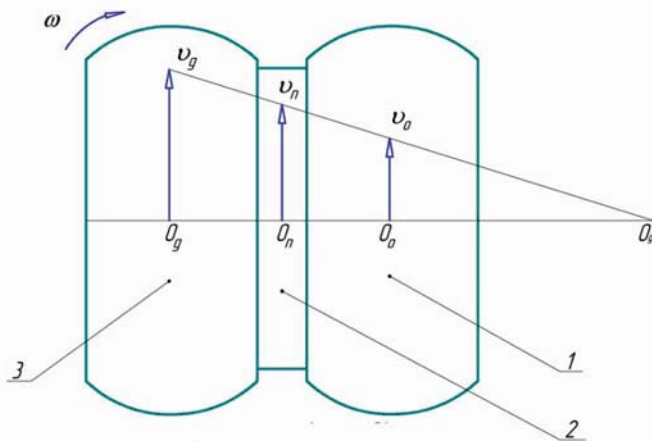


Рис. 7 – Схема повороту здвоєних коліс трактора:
1, 3 – основне і допоміжне колесо; 2 – проставка

Наприклад, на повороті здвоєних коліс з кутовою швидкістю ω поступальні швидкості основного колеса v_o і додаткові v_d щодо їх геометричних центрів O_o і O_d відрізняються від поступальної швидкості v_n геометричного центру O_n . У цьому випадку додаткове колесо котиться з зусом, основне – з буксуванням. Це призводить до циркуляції потужності і до зрізання верхніх шарів ґрунту.

Вирішення проблеми підвищення агроєкологічних якостей здвоєних коліс тракторів може бути досягнуто створенням опорно-зчпного пристрою для здвоювання коліс, що дозволяє роздільно передавати крутний момент на основні і додаткові колеса.

Застосуванням здвоєних (строєних) коліс не вирішується повною мірою проблема зниження ущільнення ґрунту від динамічних вертикальних навантажень, хоча ущільнення орного горизонту знижується на

10...15%. Однак, підвищення площі контакту з ґрунтом здвоєних (строєних) коліс трактора призводить до підвищення загальної площі сільгоспугідь, схильних до впливу рушіїв трактора.

Висновки. Зниження динамічного впливу рушіїв тракторів на ґрунт є основою системного підходу підвищення агроєкологічних якостей сільськогосподарських тракторів. Для вирішення цієї проблеми необхідно знизити вертикальні динамічні навантаження рушіїв трактора на ґрунт, які призводять до збільшення ущільнення в орних і підорних горизонтах ґрунту на глибині більш ніж 0,6 м. За максимальних вертикальних прискорень переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 на орних роботах у літній період 3,5 м/с² та 4,9 м/с² динамічні навантаження на ґрунт відповідно дорівнюють 35,5 кН і 39,0 кН, в осінній період – 34,8 кН і 38,1 кН.

Щільність ґрунту по сліду коліс трактора на орних роботах показує, що колеса заднього мосту на глибині більш інтенсивно ущільнюють ґрунт, перевищуючи показники контрольної ділянки на глибині 10 см на 15%, глибше 60 см – на 7,6%. При цьому твердість ґрунту відповідно зростає в 2,24 і 1,26 рази.

Рішення проблеми зниження ступеня дії колісними рушіями трактора на ґрунт у напрямку забезпечення нормативних значень його щільності й твердості може бути досягнуто за допомогою реєстраційновимірювального комплексу, який дозволяє оцінювати поздовжні, бічні і вертикальні прискорення трактора під час виконання технологічного процесу.

Список літератури

1. Ксеневич И.П. Проблема воздействий движителей на почву / И.П. Ксеневич, В.А. Руса-нов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – №1. – С. 15-20.
2. Ясенецький В. До питання ущільнення ґрунту рушіями мобільної сільськогосподарської техніки / В. Ясенецький, В. Марченко, М. Гудзь, В. Опалко, В. Яворів // Техніка і технології АПК. – №3(30). – 2012. – С. 33-36.
3. Кушнарєв А.С. Биосферные основы формирования требований к экологической экспертизе агротехнологий / А.С. Кушнарєв, В.И. Кравчук // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – №4 – С. 7-9.
4. Келлер Н. Экологическое нормирование агротехнологий / Н. Келлер // Техніка і технології АПК. – 2012. – №7(34). – С. 38-40
5. Третьяк В.М. Моделирование процессов взаимодействия движителей тягово-транспортных средств с опорной поверхностью методом конечных элементов / В.М. Третьяк, В.Н. Болдовский // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. – 2006. – Вип. 46. – С. 31-37.
6. Надикто В. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахування обмеження їх тиску на ґрунт / В. Надикто // Техніка і технології АПК. – 2014. – №7(58). – С. 34-38.
7. Беляев А.Н. Исследование физико-механических свойств почвы на поворотной полосе трактора / А.Н. Беляев, В.В. Жередекин, Д.Г. Козлов, В.Н. Крюков // Механизация и электрификация сельского

хозяйства – 2009. – №3. – С. 11-12.

8. Медведев В.В. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведев, Т.Е. Лындина, Т.Н. Лактионова – Х.: Изд-во 13 типография, 2004. – 248 с.

9. Тракторы: Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

10. Малорецкий Л.Г. Радарные измерители скорости машинотракторных агрегатов / Л.Г. Малорецкий // Зарубежная радиотехника. – 1986. – №7. – С. 84-91

Аннотация. *Повышение агроэкологических качеств сельскохозяйственных колесных тракторов при выполнении технологического процесса достигается снижением динамического воздействия движи-*

телей на почву. К таким воздействиям относятся динамические вертикальные нагрузки колес трактора на почву и их буксование, которые могут быть учтены при создании систем непрерывного их контроля и корректирования режимов работы тракторного агрегата.

Summary. *To improve the quality of agri-environmental farm wheel tractors when the process is achieved by reduction of the dynamic effects on soil movers. Such impacts include the dynamic vertical load of tractor wheels on the ground and slipping, which can be used in the creation of systems for continuous monitoring and adjustment of operating modes of the tractor unit.*

Стаття надійшла до редакції 30 листопада 2015 р.