

УДК 631.311.001.57

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ НА БАЗІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ, ОБЛАДНАНОГО ЗДВОЄНИМИ ШИНАМИ

Калінін Є.І, асп.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

E-mail: kalininhntusg@gmail.com

Анотація - в статті висвітлюються експериментальні дослідження шляхів підвищення курсової стійкості агрегату при виконанні ґрунтообробних робіт у складі трактору зі здвоєними шинами на основі раніше проведених теоретичних досліджень.

Ключові слова – курсова стійкість, ґрунтообробний агрегат, шини, ґрунт, датчики.

Постановка проблеми. Збільшення термінів обробітку сільськогосподарських культур призводить до того, що колісні трактори, як найбільш поширений тип тракторів, експлуатуються на вологому ґрунті, що негативно впливає на паливно-економічні та тягово-зчіпні їх властивості. Одним з можливих шляхів підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів на ґрунтах зі слабкою несучою здатністю є збільшення площі плями контакту рушія з опорною поверхнею. Цього можна домогтися встановленням широкопрофільних шин або здвоюванням коліс.

Аналіз останніх досліджень. Найпростіший спосіб, що не вимагає значних змін в конструкції, – використання на тракторах широкопрофільних шин, які створюють менший тиск на ґрунт. Проте для них потрібна широка борозна, яка може бути отримана шляхом застосування плуга з ромбічними корпусами або із спеціальними заплужниками, встановленими за останнім корпусом плуга [1].

Для зниження тиску на ґрунт і підвищення тягового ККД за рахунок меншого буксування колісних тракторів зарубіжні фірми обладнують їх здвоєними шинами.

Крім того, встановлення здвоєних шин зменшує механічну деградацію ґрунту за рахунок зниження тиску на останній [2]. Так, згідно [3], використання здвоювання шин на тракторі ХТЗ-150К при-

зводить до зменшення тиску в плямі контакту в 1,5 разу – з $0,9 \text{ кг/см}^2$ до $0,6 \text{ кг/см}^2$, унаслідок чого трактор відповідає світовим стандартам. Тому все частіше виробники тракторів рекомендують використовувати здвоєні шини на поверхневій обробці ґрунту з одночасним внесенням добрив, сівбі широкозахватними агрегатами, підгодівлі озимих і багаторічних трав, а також на глибокій оранці ґрунтів, що мають підвищений опір [4, 5, 6]. Проте на даному етапі не вивчений вплив здвоювання шин на курсову стійкість трактору у складі ґрунтообробного агрегату, тому в роботах [7, 8] була розроблена динамічна модель орного агрегату із здвоєними шинами, що враховує нерівномірний розподіл дотичних сил тяги по бортах останнього. Було виділено три можливі схеми руху даного агрегату на гоні (рис. 1):

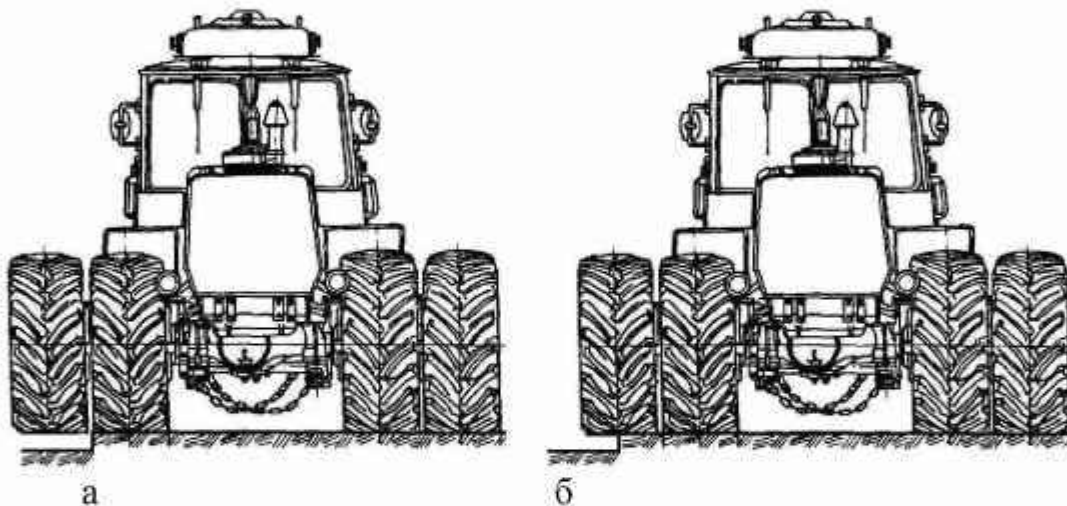


Рис. 1. Можливі схеми руху орного агрегату на гоні.

1. схема 2×1 характеризується рухом всіх коліс лівого борту по незораній поверхні, а правий борт тільки одним колесом рухається по полю, тоді як друге колесо не взаємодіє з несучою поверхнею (рис. 1, а); Рис. 2. Можливі схеми руху орного агрегату на гоні

2. схема $2 \times 1,5$, при якій лівий борт всіма колесами рухається по незораному полю, а на правому борту одне колесо пари повністю, а друге – на половину ширини, взаємодіє з несучою поверхнею (рис. 1, б).

На підставі розробленої динамічної моделі було встановлено, що рух трактору по схемі 2×1 негативно впливає на його курсову стійкість, оскільки вертикальне навантаження під рушієм правого борту перевищує несучу здатність ґрунту, унаслідок чого останній руйнується. В той же час, рух по схемі $2 \times 1,5$ практично не змінює курсової стійкості трактору і є прийнятним для виконання орних робіт на тракторах із здвоєними шинами. Також встановлено, що аналіз курсової стійкості агрегату можна проводити за значеннями бічного прискорення центру мас його складової частини.

Формулювання цілей статті. Метою динамічних випробувань трактору є визначення впливу встановлення здвоєних шин на динамічні властивості ґрунтообробного агрегату та перевірка динамічної моделі на прикладі орного агрегату як найдинамічніше нестійкого при русі на гоні.

Основна частина. Дослідження проводилися на полігоні ВАТ «Харківський тракторний завод» за наступною програмою:

1. динамічні випробування трактору у складі орного агрегату;
2. аналіз результатів випробувань.

Для проведення динамічних випробувань був вибраний агрегат ХТЗ-150К-09 + ПЛН-5-35 як один з найбільш поширених орних агрегатів. Значення бічних прискорень реєструвалися за допомогою датчика прискорень фірми Analog Devices «ADXL210».

Мікросхема ADXL210 реєструє прискорення в двох координатах в діапазоні $\pm 10g$. Акселерометр є датчиком інерційного типу. Вихідні сигнали широтно-імпульсно модульовані (ШИМ) по циклах, які пропорційні прискоренням. Ці виходи безпосередньо підключені до входів мікроконтролера, де за допомогою таймерів обчислюється часовий інтервал між циклами ШИМ. Даний датчик не вимагає аналого-цифрового перетворювача або логіки з'єднання. Період ШИМ можна регулювати від 0,5 мс до 10 мс. Вибраний період складає 8 мс. Ширина пропускнуої смуги ADXL202 може встановлюватися від 0,01 Гц до 5 кГц. Похибка вимірювань не перевищує $5 \times 10^{-3} g$ при частоті 60 Гц. Зовнішній вигляд датчика, встановленого на передній напіврамі трактору, приведений на рис. 3.

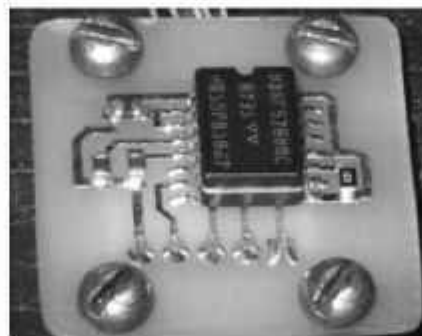


Рис.3. Встановлення датчика прискорень на передній напіврамі трактору.

Датчик працює у складі комп'ютерного комплексу з програмним пакетом DASyLab (Data Acquisition System Laboratory), на підставі якого створюється електронний масив даних.

Для градуювання датчиків прискорень використовувався метод прикладання постійного прискорення – градуювання в полі тяжіння. Метод полягає у вимірюванні сигналу, що отримується у випадку, коли істинна вісь чутливості датчика орієнтована під кутом α до місцевої вертикалі (рис. 4). Точність градуювання істотно залежить від помилок вимірювання вихідної напруги і величини кута. Даний метод зручний для швидкої повірки чутливості системи перед початком вимірювання [9]. Датчик розташовувався на повздовжній вісі передньої напіврамі трактору (на капоті) з деяким зсувом від центру мас напіврамі за ходом руху трактору (рис. 5).

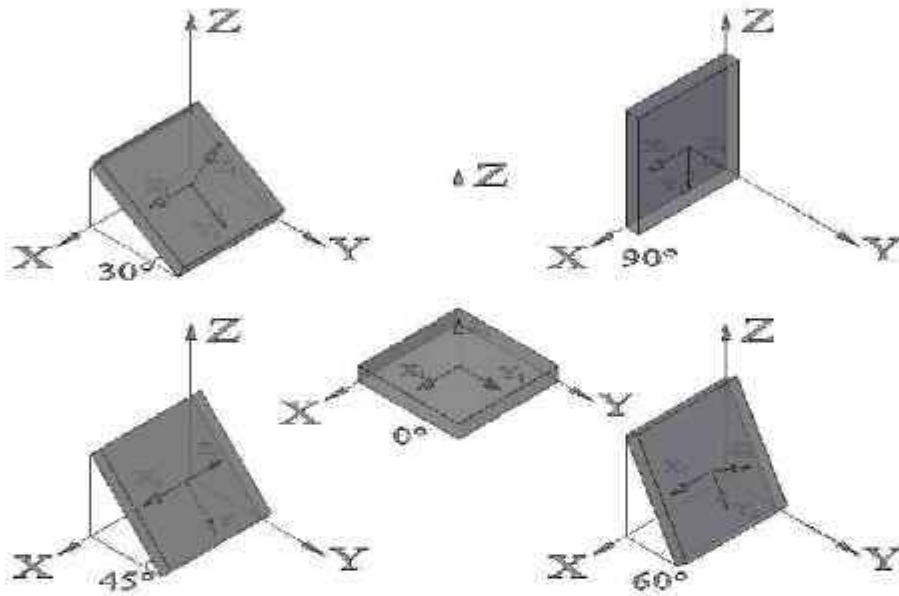


Рис.4. Положення датчика при виконанні градуювання методом постійного прискорення.

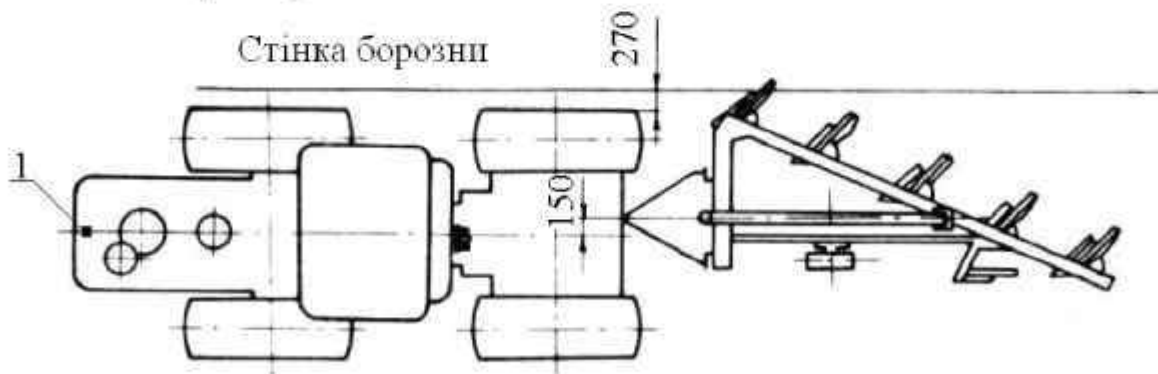


Рис. 5. Розташування датчика прискорення на передній напіврамі трактору: 1 – акселерометр.

Даний зсув пояснюється розташуванням в центрі мас напіврамі миттєвої осі обертання, швидкість якої (як і прискорення) постійна і дорівнює нулю. Визначення координат місцезнаходження трактору здійснюється за допомогою приймача сигналів глобального

позиціонування GPS (Global Positioning System) TRIMBLE EZ-Guide Plus, який розташовується в кабіні трактору (рис. 6).

GPS навігатор дозволяє виводити інформацію про поточне місцезнаходження трактору по протоколу NMEA 0183 для введення в зовнішні пристрої.



Рис. 6. Встановлення приймача сигналів глобального позиціонування в кабіні трактору.

На підставі масиву даних, отриманих в результаті динамічних випробувань трактору з одинарними і здвоєними шинами на агрофоні нормальної і підвищеної вологості (рис. 7), побудовані апроксимовані методом найменших квадратів залежності бічного прискорення передньої напіврама трактора від часу.



Рис.7. Трактор ХТЗ-150К-09 зі здвоєними шинами в агрегаті з плугом ПЛН-5-35: а – вид спереду; б – вид ззаду.

На основі динамічних випробувань орного агрегату на агрофоні нормальної вологості (рис. 8, 9) можна зробити висновок про те, що граничне відхилення в 1 м досягається агрегатом з одинарними шинами на 16,42 сек., а агрегату зі здвоєними шинами при схемі руху 2×1 – на 7 сек.

Значення прискорень в даній проміжок часу складають для трактору з одинарними шинами $0,3 \text{ м/с}^2$, а для трактору зі здвоєними шинами при схемі руху 2×1 - $0,4 \text{ м/с}^2$.

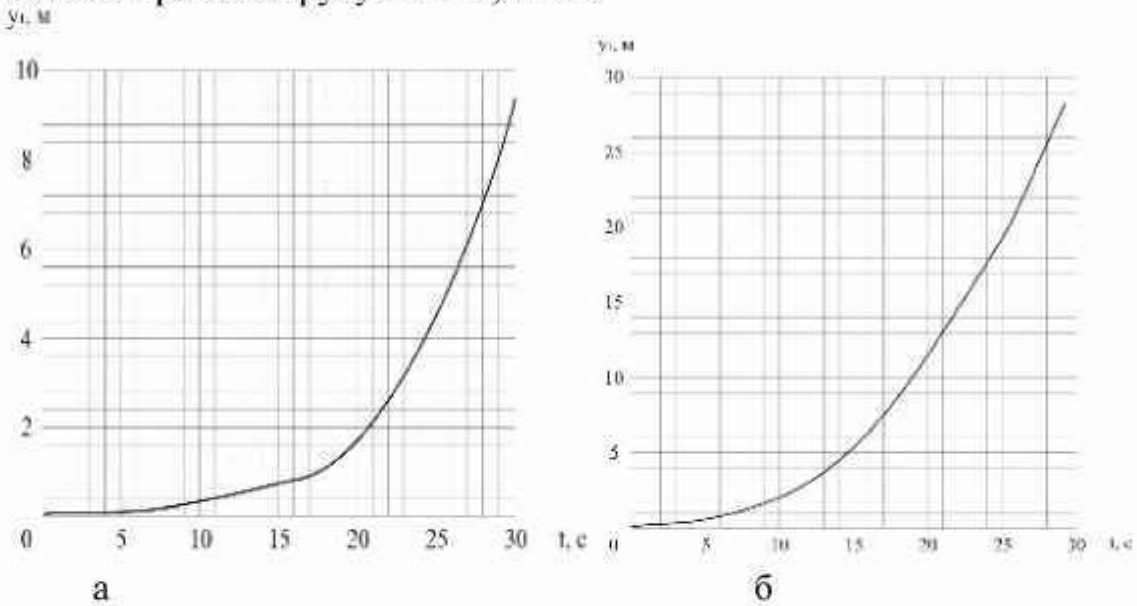


Рис.8. Апроксимовані залежності від часу поперечної координати передньої напіврамі трактору у складі орного агрегату на агрофоні нормальної вологості: а – з одинарними шинами; б – зі здвоєними шинами по схемі 2×1 .

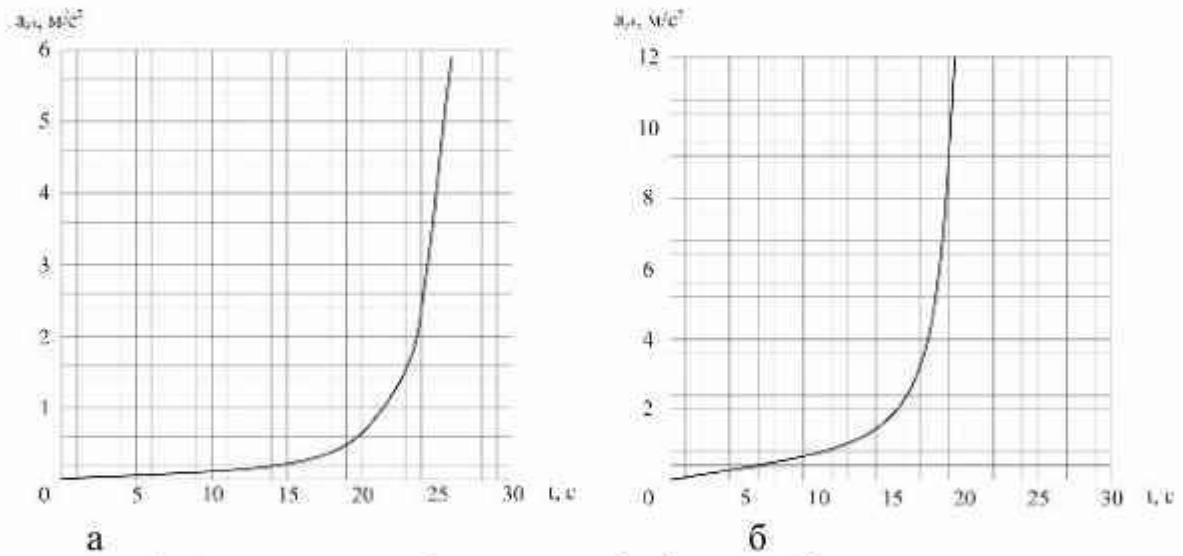


Рис.9. Апроксимовані залежності від часу бічного прискорення передньої напіврамі трактору у складі орного агрегату на агрофоні нормальної вологості: а – з одинарними шинами; б – зі здвоєними шинами по схемі 2×1 .

Для орного агрегату з одинарними і здвоєними шинами (при схемі руху 2×1) на агрофоні підвищеної вологості (рис. 10, 11) граничне відхилення в 1 м досягається на 15,0 сек. і 4 сек. відповідно.

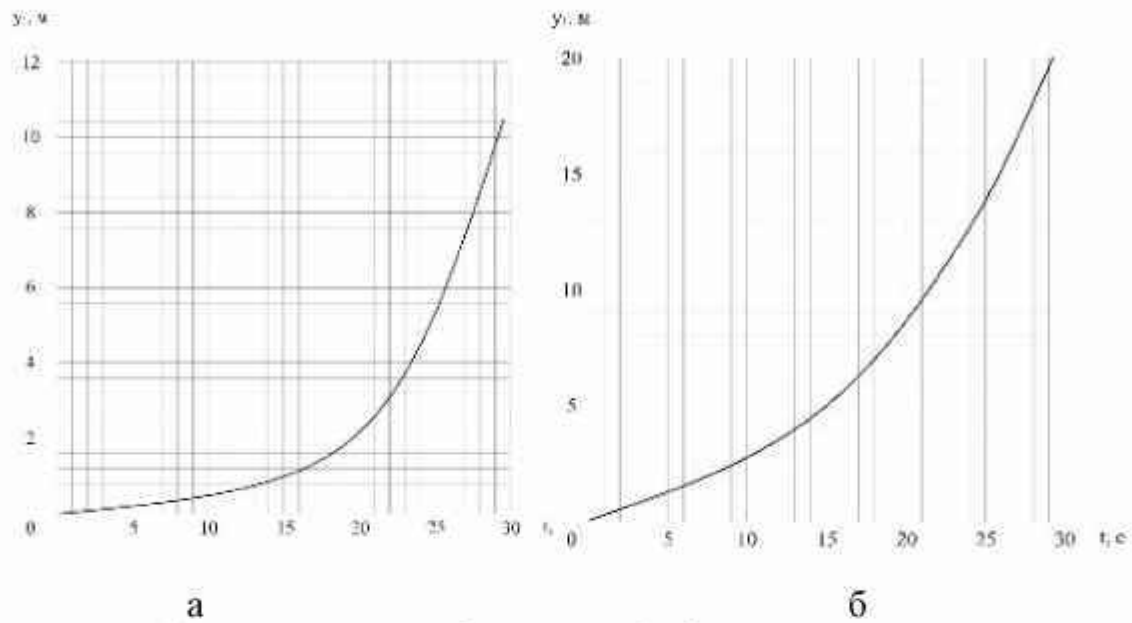


Рис.10. Апроксимовані залежності від часу поперечної координати передньої напіврамі трактору у складі орного агрегату на агрофоні підвищеної вологості: а – з одинарними шинами; б – зі здвоєними шинами по схемі 2×1.

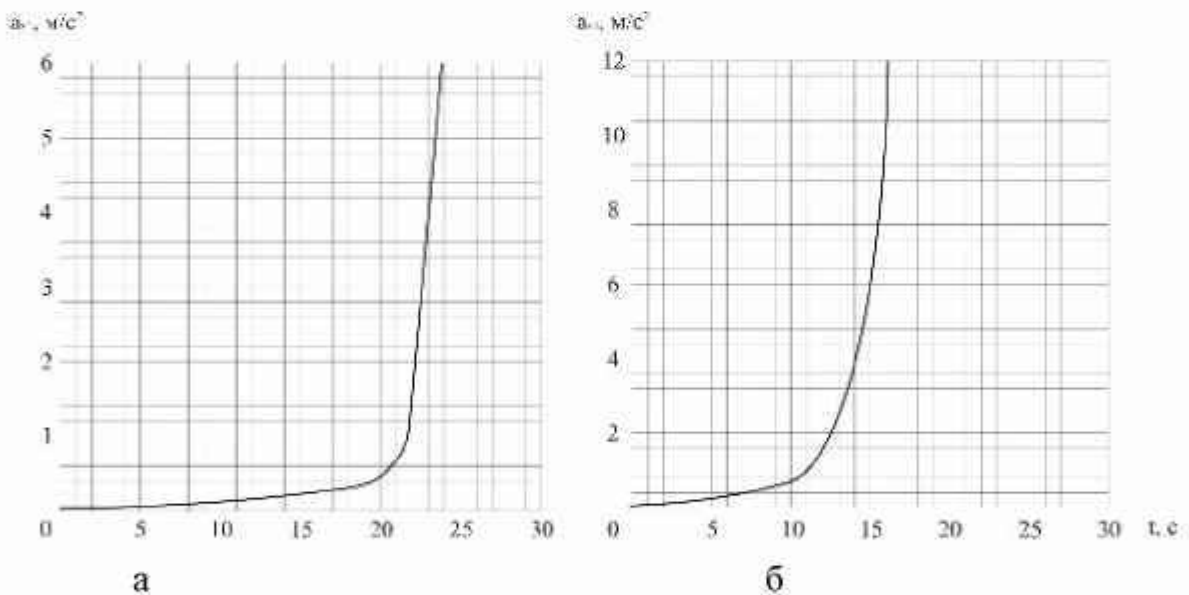


Рис.11. Апроксимовані залежності від часу бічного прискорення передньої напіврамі трактору у складі орного агрегату на агрофоні підвищеної вологості: а – з одинарними шинами; б – зі здвоєними шинами по схемі 2×1.

На 15,0 сек. прискорення передньої напіврамі трактору з одинарними шинами складає $0,2 \text{ м/с}^2$. Для трактору із здвоєними шинами (2×1) максимально допустиме відхилення від прямолінійної траєкторії досягається при значенні бічного прискорення в $0,4 \text{ м/с}^2$. На підставі проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок

про те, що робота трактору зі здвоєними шинами по схемі 2×1 негативно впливає на курсову стійкість орного агрегату, що корелюється з результатами теоретичних досліджень. Апроксимовані залежності поперечної координати передньої напіврами трактору обладнаного здвоєними шинами при проведенні орних робіт за схемою $2 \times 1,5$ на агрофоні нормальної і підвищеної вологості представлені на рис. 12.

З рис. 12 можна зробити висновок, що для орного агрегату зі здвоєними шинами що працює за схемою $2 \times 1,5$ на агрофоні нормальної вологості максимально допустиме відхилення від прямолінійної траєкторії настає через 16,45 сек., а на агрофоні підвищеної вологості – через 15,42 сек.

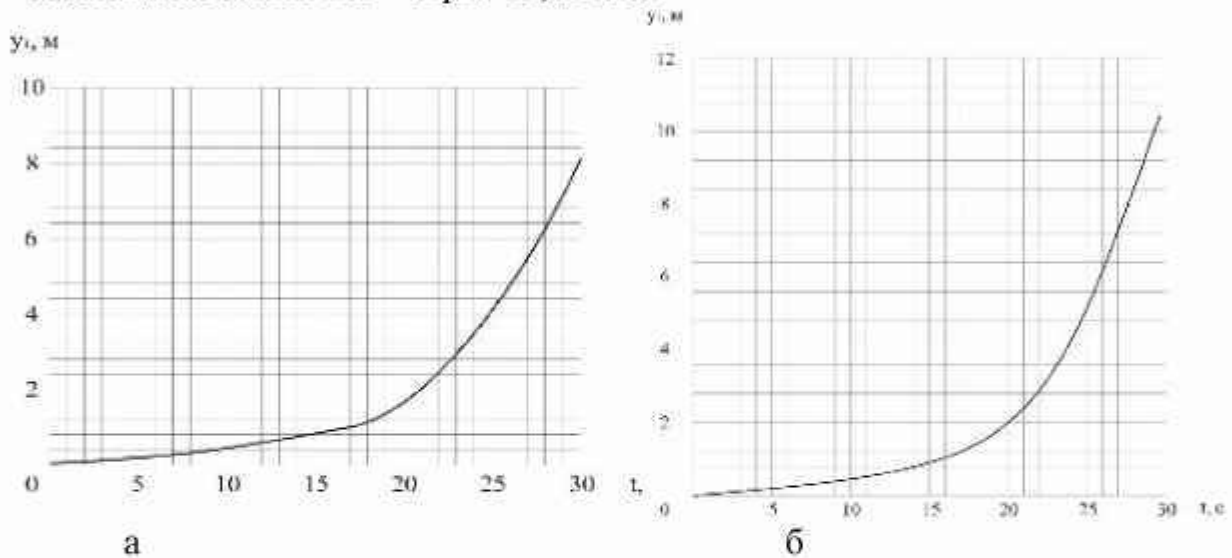


Рис. 12 . Апроксимовані залежності від часу поперечної координати передньої напіврами трактору обладнаного здвоєними шинами у складі орного агрегату при схемі руху $2 \times 1,5$: а – на агрофоні нормальної вологості; б – на агрофоні підвищеної вологості.

Апроксимовані залежності бічних прискорень передньої напіврами трактору обладнаного здвоєними шинами, який працює за схемою $2 \times 1,5$ на агрофоні нормальної і підвищеної вологості представлені на рис. 13. З рис. 13 видно, що для орного агрегату із здвоєними шинами при схемі руху $2 \times 1,5$ на агрофоні нормальної вологості максимально допустиме поперечне прискорення передньої напіврами трактору складає $0,21 \text{ м/с}^2$, а на агрофоні підвищеної вологості – $0,89 \text{ м/с}^2$. Таким чином можна зробити висновок, що в порівнянні з орним агрегатом на одинарних шинах робота трактору за схемою $2 \times 1,5$ на агрофоні нормальної вологості призводить до того, що курсова стійкість практично не змінюється (збільшення в 1,002 разу), а на агрофоні підвищеної вологості – збільшується в 1,03 разу, що говорить про ефективніше використання здвоєних шин при роботі орного агрегату за схемою $2 \times 1,5$.

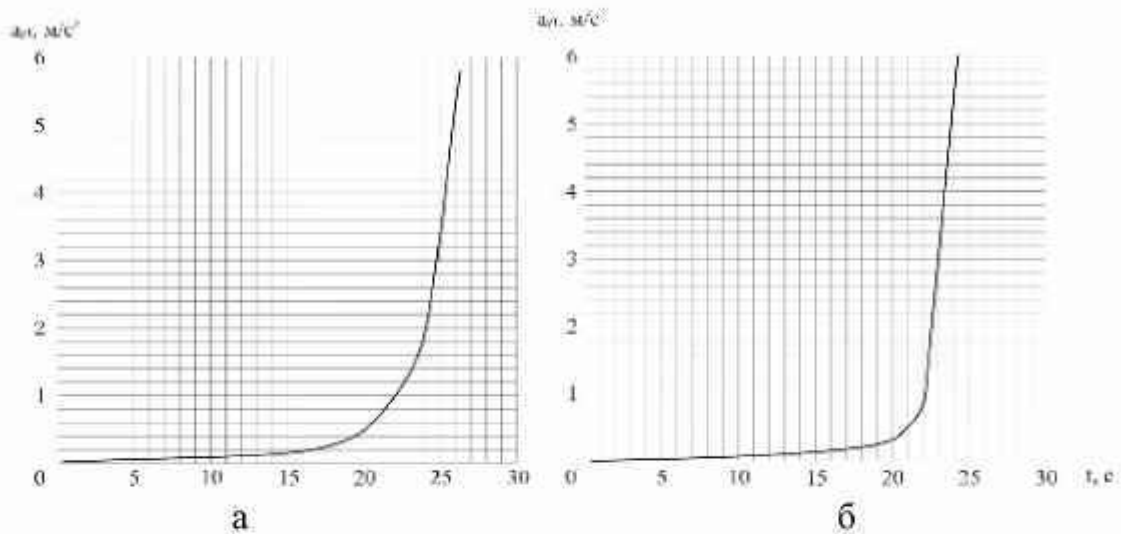


Рис. 13. Апроксимовані залежності від часу бічного прискорення передньої напіврамі трактору обладнаного здвоєними шинами у складі орного агрегату що працює за схемою $2 \times 1,5$: а – на агрофоні нормальної вологості; б – на агрофоні підвищеної вологості.

Висновки. В результаті експериментальних досліджень підтверджена адекватність раніше опублікованої динамічної моделі ґрунтообробного сільськогосподарського агрегату на базі трактору зі здвоєними шинами. Також встановлено, що використання здвоювання шин при схемі руху 2×1 недоцільно через те, що погіршується курсова стійкість орного агрегату, а, отже, і його паливно-економічні показники за рахунок видовження траєкторії руху. Це пояснюється збільшенням вертикального навантаження під рушієм трактору, значення якого перевищує несучу здатність ґрунту, за рахунок чого останній руйнується. Робота трактору зі здвоєними шинами за схемою $2 \times 1,5$ практично не змінює курсову стійкість агрегату, тому може бути використана при виконанні орних робіт на агрофоні зі слабкою несучою здатністю (ранньо-весняні та пізньо-осінні роботи).

Література

1. Уткин-Любовцов О.Л. Оценка сдваивания колес тракторов классов 30 и 50 кН по некоторым показателям / Уткин-Любовцов О.Л., Шабаров А.А., Ляско М.И. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1981. – № 3 – с. 4 – 7.
2. Астафьев В.Л. Совершенствование технической оснащённости села с учетом уплотняющего воздействия МТА на почву / Астафьев В.Л., Гридин Н.Ф., Окунев Г.А., Гайнуллин И.А. // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 2002. – №9 – с. 11 – 12.
3. Комплекты деталей для установки сдвоенных колес на тракторы ХТЗ (електронний ресурс). Режим доступа <http://www.ukr-firma.com/node/977>

4. ООО «Интерснаб» Трактор ОрТЗ-150К со сдвоенными колесами (электронный ресурс). http://www.ortz.ru/catshow.php?showinfo=01_012
5. Трактор ХТЗ-17221/17021 (электронный ресурс). Режим доступа <http://www.road-machines.ru/mode.7642-id.31239-type.html>
6. Минский тракторный завод. Агрегатирование. (электронный ресурс). Режим доступа <http://belarus-tractor.com/ru/main.aspx?guid=1141>
7. Лебедев А.Т. Динамічна модель ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів з пасивними робочими органами у складі енергетичного засобу зі здвоєними шинами / Лебедев А.Т., Калінін Є.І. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил імені Івана Кожедуба «Системи обробки інформації». – X, 2010. – Вип. 2(83). – С. 109 – 115.
8. Калинин Е.И. Оценка установки сдвоенных шин как одного из способов повышения эффективности работы пахотного агрегата на агрофоне со слабой несущей способностью / Калинин Е.И. // Последние научные достижения – 2010. Материалы за VI международна научна практична конференция. – София.: «Бял ГРАД-БГ» ООД. – 2010. – Том 16. – С.65 – 73.
9. Аш. Ж. Датчики измерительных систем: в 2 кн. / Аш. Ж. – Перев. с франц. – М.: Мир, 1992. – 480 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА, ОБОРУДОВАННОГО СДВОЕННЫМИ ШИНАМИ

Е.И. Калинин

Аннотация - в статье освещаются экспериментальные исследования путей повышения курсовой устойчивости агрегата при выполнении почвообрабатывающих работ в составе трактора со сдвоенными шинами на основе ранее проведенных теоретических исследований.

EXPERIMENTAL STUDY THE POSSIBILITY OF TRACTOR WITH THE DOUBLED TIRES COURSE STABILITY INCREASE AT IMPLEMENTATION OF TILLAGE WORKS

E. Kalinin

Summary

The article highlights the experimental study ways to improve the tractor with the doubled tires course stability increase at implementation of tillage works.