

УДК 631.3.06

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТРАКТОРА ХТЗ-280Т ЗІ ЗМІННИМИ КОЛІСНО-ГУСЕНИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

**Антощенко Р. В., к. т. н., доц., Антощенко В. М., к. т. н., проф.,  
Іванов В. І. к. т. н., доц.**

*(Харківський національний технічний університет  
сільського господарства імені Петра Василенка)*

*В роботі наведені результати експериментальних досліджень динамічних та тягово-енергетичних характеристик трактора ХТЗ-280Т з гусеничними рушіями в складі орного агрегату*

**Вступ.** Харківський тракторний завод продовжує розвивати лінійку енергонасичених тракторів. Найближчим часом буде представлено 280-сильний трактор. Він збереже шарнірно-зчленовану раму та отримає можливість встановлення не лише колеса, а й гусеничні рушії. Це трактори серії 280Т.

**Аналіз основних публікацій, досліджень.** Встановлення гусеничної ходової системи робить трактор тягового класу 6-7 тонн оптимальним для виконання ранньовесняних робіт, сівби комплексними агрегатами прямого висіву, енергоємного основного обробітку ґрунту, що вимагає більших тягових зусиль при малому тиску на ґрунт. Заміна гусеничних рушіїв на колеса перетворює трактор в колісний загального призначення тягового класу 5 тонн для виконання транспортних робіт, агрегаткування з комбінованими та іншими сільгоспмашинами з активними органами (фрези, косарки та інші). Перевагою гусеничного трактора вважається його висока прохідність. Гусеничний трактор надає не такий великий тиск на ґрунт, як колісний, що дозволяє використовувати його в роботі на слабо несучих ґрунтах, також він незамінний при польових роботах у несприятливих погодних умовах. З недоліків (крім тракторів з гумо-тросовими гусеницями) можна виділити їх руйнівний вплив на асфальтне покриття доріг [1].

**Мета та постановка задачі.** Метою даної роботи є приведення результатів експериментальних досліджень динамічних та тягово-енергетичних характеристик трактора ХТЗ-280Т з гусеничними рушіями в складі орного агрегату з плугом ПЛН-8-35.

**Основна частина.** Об'єктом випробувань був машинно-тракторний агрегат (МТА) у складі трактора ХТЗ-280Т №001 з плугом ПНЛ-8-35 (рис. 1).

До проведення випробувань трактор був обкатаний відповідно до інструкції заводу виробника. Для проходження випробувань трактор був відправлений в НДП «Центральне» ХНТУСГ ім. П. Василенка. Машинно-тракторний агрегат виконував оранку поля після збирання соняшнику.

Програма випробувань включала в себе проведення наступних видів робіт [2]: дослідження динамічних та тягово-енергетичних характеристик трактора ХТЗ-280Т, а саме: рух одиночного трактора по полю на транспортних передачах; рух одиночного трактора по колу для визначення мінімального радіуса повороту; рух трактора ХТЗ-280Т, до якого через тензометричний датчик приєднувався ХТЗ-200 з плугом ПНЛ-5-35 для визначення тягової характеристики трактора.



Рисунок 1. Трактор ХТЗ-280Т з плугом ПНЛ-8-35

Під час проведення попередніх випробувань, досліджувального зразка трактора, згідно технічного завдання необхідно було визначити наступні показники його роботи: максимальне значення сили тяги на різних передачах; дійсну швидкість руху; прискорення руху; буксування рушіїв; радіус повороту трактора.

Тягові показники визначають у функції гакового навантаження, прикладеного до тягово-зчіпного пристрою. Методика таких випробувань тракторів регламентована ДСТУ 7057-81, ДСТУ 7057-2003 [3]. При тягових випробуваннях трактор завантажують спеціальної динамометричної візком, обладнаної гальмівним пристроєм. За допомогою цього пристрою створюють змінне опір руху і завантажують трактор в широкому діапазоні тягових зусиль. В якості завантажувального пристрою можна використовувати трактори, опір руху яких регулюється зміною подачі палива і перемиканням передач. Комплектація

трактора з урахуванням баласту і маси водія повинна відповідати зазначеній у технічному описі та конструкції з експлуатації для найбільш енергоємної по тяговому зусиллю операції, відповідної призначенням трактора.

До тягових випробувань напрацювання трактора повинна бути не менше 150 мото-годин. При цьому знос ґрунтозацепів рушіїв по висоті не повинен перевищувати 35%, а збільшення кроку гусениці – 3% в порівнянні з встановленими в нормативно-технічній документації для нових рушіїв. Тягово-зчіпний пристрій повинен бути встановлений в найвище положення. Механізми та обладнання, що не передають потужність рушіїв, що не забезпечують роботу двигуна і не беруть участь в основному процесі роботи агрегату, повинні бути відключені. Якщо відключення не передбачено конструкцією, то вони повинні працювати з мінімальним навантаженням. При наявності на тракторі блокуемого гідротрансформатора випробування слід проводити як з блокованим, так і з неблокованим гідротрансформатором.

Випробування слід проводити при атмосферному тиску не менше 96,6 кПа і температурі навколишнього повітря  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Довжина ділянки випробування повинна бути не менше 60 м. Тягове навантаження на кожній передачі повинна змінюватися послідовно від нуля до максимального значення. Число ступенів навантаження повинно бути не менше 12.

Максимальне тягове зусилля повинне обмежуватися початком нестійкої роботи двигуна або буксуванням, граничне значення якого має бути 15% для гусеничних і 30% для колісних тракторів. Максимальну тягову потужність визначають на треку не менше ніж на шести передачах. При цьому граничне буксування має бути 7% для гусеничних і 15% для колісних тракторів. Вологість ґрунту на глибині до 10-16 см повинна бути в межах: 8-22%, а твердість 1,0-1,5 кПа. Нахил ділянки поля не повинен перевищувати  $2^\circ$  в будь-якому напрямку. Контрольні заміри при випробуваннях здійснюються на ділянках поля довжиною не менше 50 м при русі трактора зі швидкістю 2,5 м / с і не менше 80 при швидкості більше 2,5 м / с.

При проведенні досліджень використовувалася «Вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин (ВСДЕММ)» [4], розроблена доцентом кафедри трактори та автомобілі Антощенковим Р.В. яка включала обчислювальний блок, ноутбук і наступні датчики: інерціальний вимірювальний пристрій (ІВП) – це ув'язнені в одному корпусі трьох осьові акселерометр і гіроскоп; навігаційний приймач GPS, антена якого розташовувалася на даху трактора; датчики швидкості обертання коліс, які встановлювалися співвісно з бортовими редукторами; датчик тягового зусилля (електронний динамометр). Схеми установки датчиків на трактор ХТЗ-280Т наведено на рис 2.

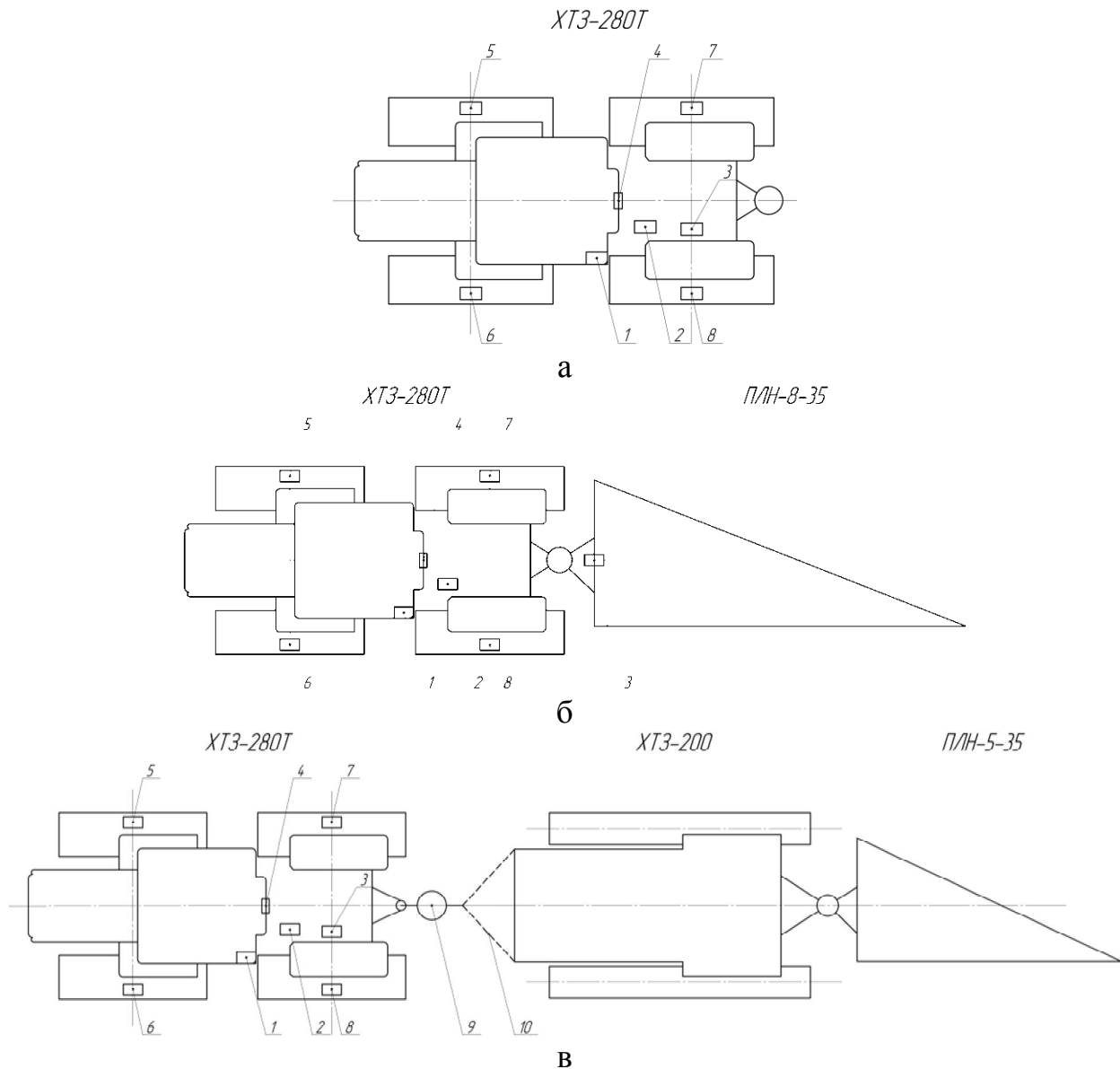


Рисунок 2. Схема розташування датчиків на тракторі та агрегаті при проведенні експериментальних досліджень

Повний опис складу та роботи вимірювальної системи наведений в [4-6]. Відповідно до програми досліджень датчики на тракторі та агрегаті розташувались наступним чином (рис. 2): 1 – ІВП (інерціальний вимірювальний пристрій включає в себе трьох осьовий акселерометр і гіроскоп) розташований на рамі кабіни трактора, 2 – ІВП розташований на задній напіврамі трактора ближче до шарніру трактора, 3 – ІВП розташований на другий напіврамі трактора вертикально над задньою ведучою віссю, 4 – антена GPS приймача, 5-8 – датчики швидкості обертання коліс (відповідно переднього правого, переднього лівого, заднього правого і заднього лівого), 9 – електронний динамометр, 10 – трос.

Результати експериментальних досліджень МТА на оранці в складі трактора ХТЗ-280Т і плуга ПНЛ-8-35 на передачі (2-4) наведено на рис. 3-5, де використано наступні позначення:  $t$  – час досліду, с;  $a_x$  – прискорення вздовж осі  $x$ , м/с<sup>2</sup>;  $a_y$



– прискорення вздовж осі  $y$ ,  $\text{м/с}^2$ ;  $a_z$  – прискорення вздовж осі  $z$ ,  $\text{м/с}^2$ ;  $\omega_x$  – кутова швидкість обертання навколо осі  $x$ ,  $\text{м/с}^2$ ;  $\omega_y$  – кутова швидкість обертання навколо осі  $y$ ,  $\text{м/с}^2$ ;  $\omega_z$  – кутова швидкість обертання навколо осі  $z$ ,  $\text{м/с}^2$ ;  $v_d$  – дійсна швидкість руху трактора,  $\text{м/с}$ ;  $v_T$  – теоретична швидкість руху,  $\text{м/с}$ , яка визначалася:

$$v_{Ti} = 2 \cdot \pi \cdot \omega_i \cdot r_{ki}, \quad (1)$$

де  $\omega_i$  – швидкість обертання бортового редуктора (зірочки),  $\text{с}^{-1}$ ;  $r_{ki}$  – радіус ведучого колеса (зірочки),  $\text{м}$ ;  $v_{T1}, v_{T2}, v_{T3}, v_{T4}$  – теоретичні швидкості руху рушіїв трактора певні по швидкості обертання ведучого колеса (зірочки) (відповідно переднього правого, переднього лівого, заднього правого і заднього лівого коліс).

Буксування рушія визначалося за формулою:

$$\delta = \frac{v_T - v_d}{v_d} \cdot 100\%. \quad (2)$$

$\delta_i$  – буксування рушія, % (відповідно передньому правому, передньому лівому, задньому правому і задньому лівому колесам).

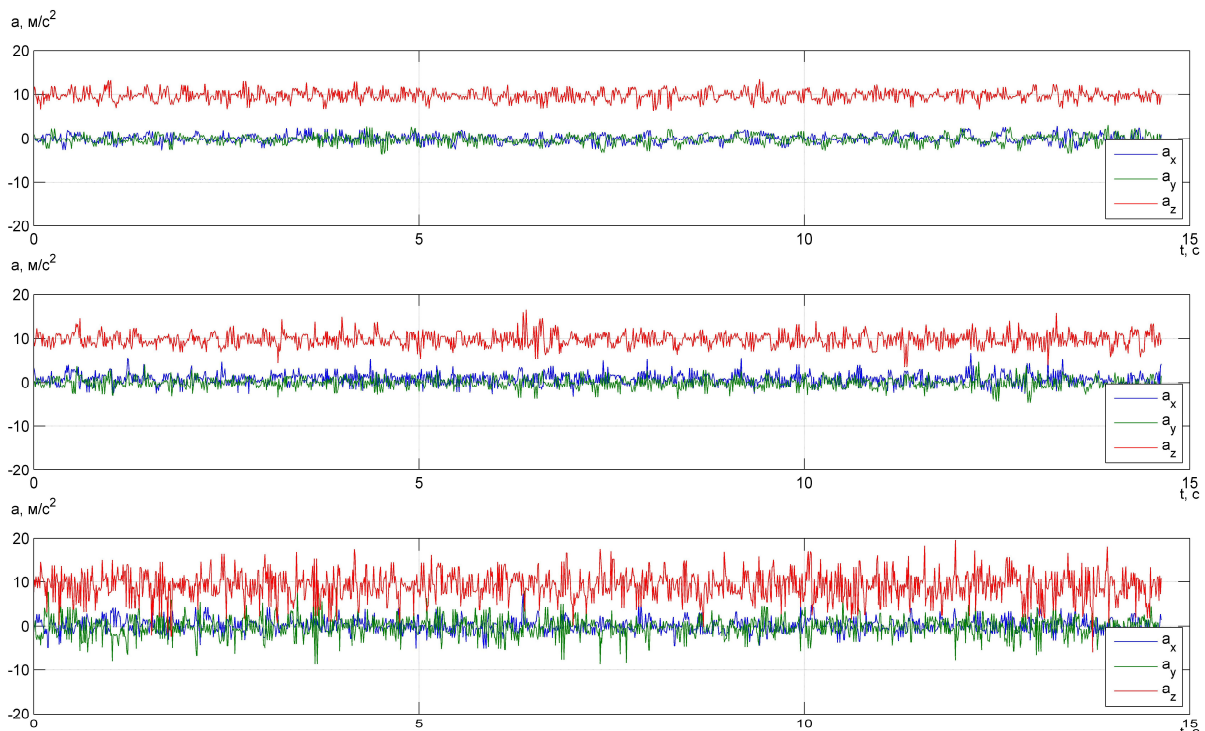


Рисунок 3. Прискорення елементів орного агрегату (датчик 1 – 3)

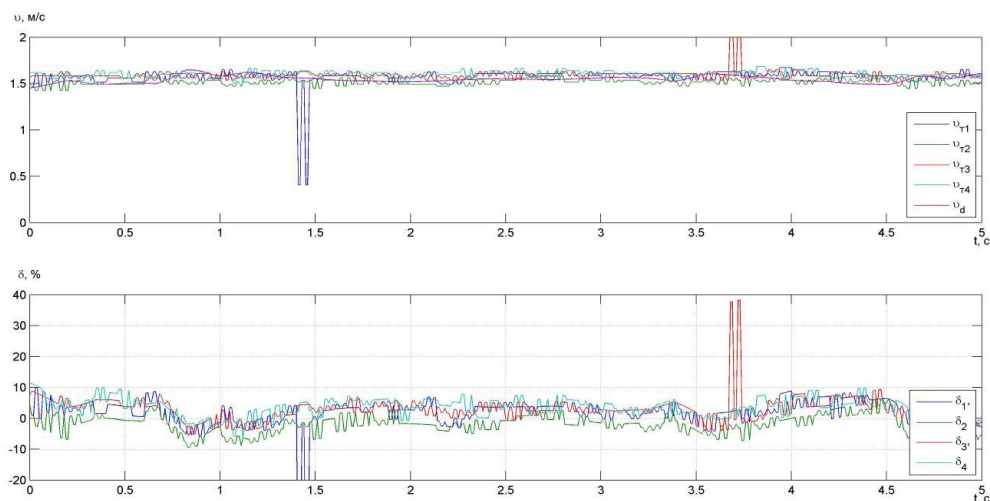


Рисунок 4. Теоретичні, дійсна швидкість руху і буксування

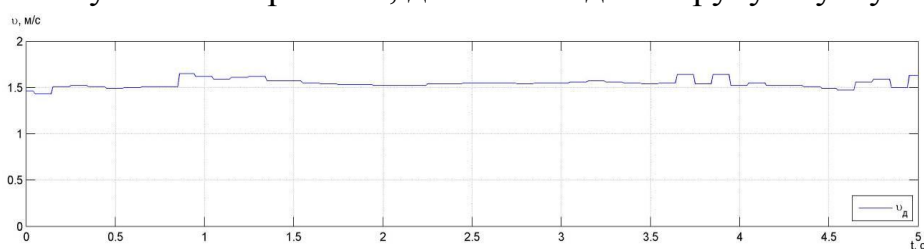


Рисунок 5. Дійсна швидкість руху на оранці

При тягових випробуваннях трактор ХТЗ-280Т (передача 2-1) навантажувався машинно-тракторним агрегатом ХТЗ-200-ПЛН-5-35 через трос і динамометр, які з'єднувалися послідовно до зчпного тягового пристрою ХТЗ-280Т (рис. 2, в).

Результати тягових випробувань наведені на рис. 6-8.

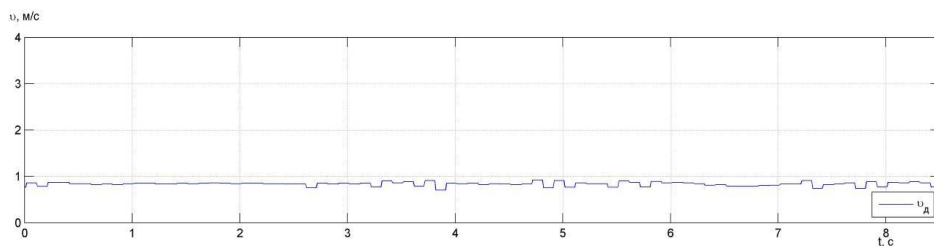


Рисунок 6. Дійсна швидкість руху

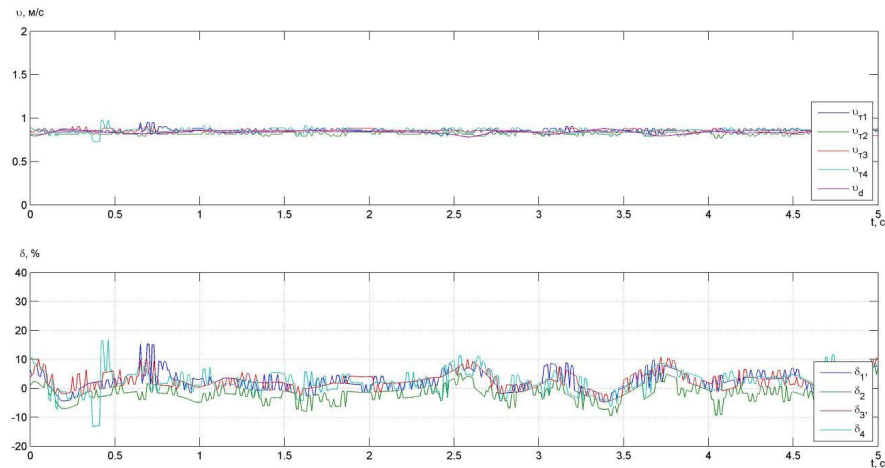


Рисунок 7. Теоретична ( $v_t$ ) і дійсна ( $v_d$ ) швидкості руху трактора і буксування ( $\delta$ )

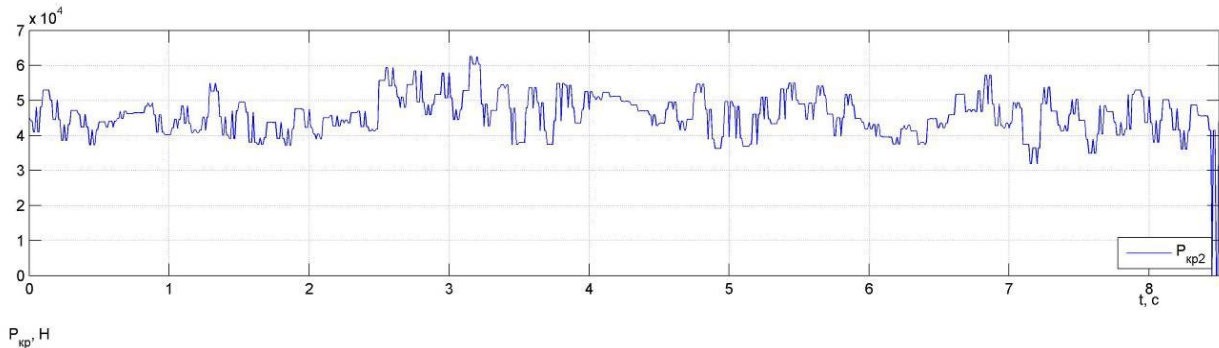


Рисунок 8. Сила тяги на гаку

Тягові випробування не вдалося провести в повному обсязі відповідно до ГОСТ 7057-81, ГОСТ 7057-2001 з наступних причин: характеристики ґрунту не відповідали заявленим вимогам в ГОСТ, так як випробування проводилися 23 листопада 2014; температура навколишнього середовища була  $-7^{\circ}\text{C}$ ; ґрунт промерз на глибину 10 см; на початку випробувань був розірваний трос, який з'єднав між собою трактора ХТЗ-280Т і ХТЗ-200.

Тим не менш, були отримані наступні результати: на передачі 2-1 дійсна швидкість руху склала  $v_{d2-1} = 0,7 \text{ м/с}$ , сила тяги на гаку  $P_{kp} = 4,5 \text{ кН}$  і буксування  $\delta = 0\%$ .

При визначенні радіуса розвороту трактора ХТЗ-280Т використовувалися дані навігаційного приймача GPS в той момент, коли трактор здійснював рух по колу. Радіус повороту трактора визначався при русі вліво і право, після чого обчислювався середнє його значення. Результати наведені на рис. 9.

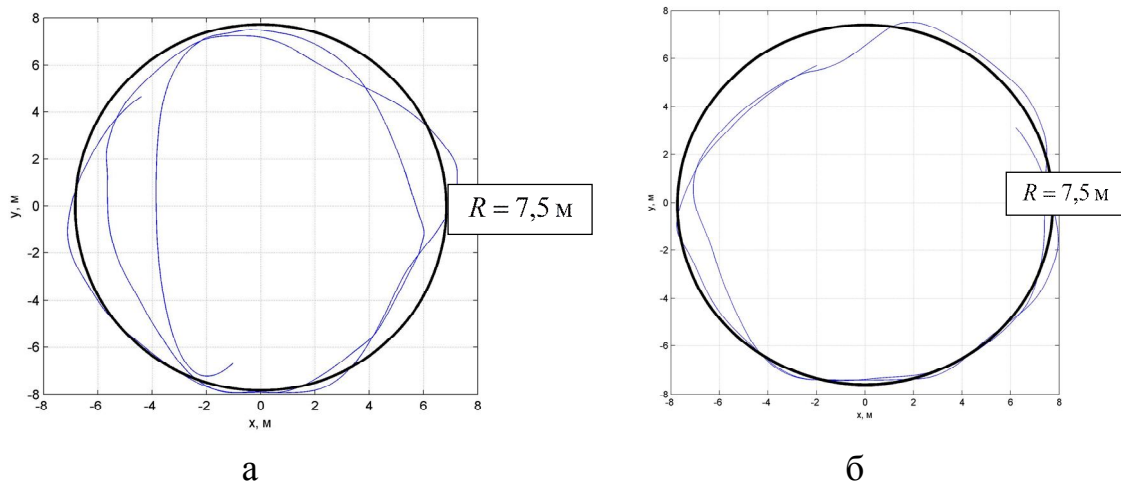


Рисунок 9. Радіус повороту трактора при русі вліво і вправо

### Висновки

Аналізуючи дані отримані при експериментальних дослідженнях можна побачити, що: швидкості руху трактора ХТЗ-280Т на оранці були наступні: на передачі 2-1 –  $v_{д2-1} = 0,7$  м/с; передача 2-2 –  $v_{д2-2} = 1,0$  м/с; передача 2-3 –  $v_{д2-3} = 1,25$  м/с; передача 2-4 –  $v_{д2-4} = 1,5$  м/с; при оранці на передачах 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 буксування рушіїв знаходилося в межах похибки вимірювання приладу і склало не більше 5%. Отримані радіуси повороту трактору при русі в ліво та право. Вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин дозволила з достатньою точністю визначити динамічні показники трактора.

### Список літератури

1. Аносов, В.И. Тракторы ХТЗ: День сегодняшний и перспективы [Текст] / В.И. Аносов // AgroToday. – 2014. № 1. – С. 13 – 15.
2. Отчет: О научно – исследовательской работе на тему: «Исследования трактора ХТЗ-280Т со сменными колёсно-гусеничными системами». по договору № 2/1-2014 от 17 ноября 2014года г [Текст] / ХНТУСХ. Харьков – 2014. – 85 с.
3. ДСТУ ГОСТ 7057-2003 (ГОСТ 7057-2001, IDT). Трактори сільськогосподарські. Методи випробування. – 7 с.
4. Пат. 92889 Україна, МПК В60К 31/00, G05D 3/00. Вимірювальна система динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин / Антощенко Р.В., Антощенко В.М.; заявник Антощенко Р.В., Антощенко В.М. – № u 2014 03215; заяв. 31.03.14; надрук. 10.09.14, Бюл. № 17.
5. Антощенко, Р.В. Спосіб та вимірювальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини [Текст] / Р.В. Антощенко, В.М. Антощенко // Технічний сервіс машин для рослинництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 145. – С. 210-216.
6. Пат. 96661 Україна, МПК В60В 39/00. Спосіб визначення буксування коліс



мобільної машини / Антощенко Р.В., Антощенко В.М.; заявник Антощенко Р.В., Антощенко В.М. – № у 2014 09937; заяв. 10.09.14; надрук. 10.02.15, Бюл. № 3.

**Аннотация**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАКТОРА ХТЗ-280Т СО СМЕННЫМИ КОЛЕСНО-ГУСЕНИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Антощенко Р.В., Антощенко В.М., Иванов В.И.

*В работе приведены результаты экспериментальных исследований динамических и тягово-энергетических характеристик трактора ХТЗ-280Т с гусеничными движителями в составе пахотного агрегата*

**Abstract**

**STUDY OF THE DYNAMICS OF TRACTOR ХТЗ-280Т WITH CHANGEOVER TRACK SYSTEM**

R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, V. Ivanov

*The results of experimental studies of dynamic and energetic characteristics of the tractor ХТЗ-280Т with a crawler track system as part of a plowing unit are presented in this article.*

Рецензент: д.т.н., професор Лебедев А.Т.