

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЯГОВОЇ ДИНАМІКИ ЧОТИРЬОХ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-280Т

Шаповалов Ю. К.

ПАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе»

Мельник В. І., д.т.н., проф., Антощенко Р. В., к.т.н., доц.,

Антощенко В. М., к.т.н., проф., Кісь В. М., к.т.н., доц.,

Галич І. В., ст. викл., Никифоров А. О., ст. викл.,

Богданович С. А., к.т.н., ст. викл., Лукьяненко О. В., ст. викл.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

В роботі наведено результати тягових випробувань чотирьох гусеничного трактора ХТЗ-280Т отриманих за допомогою виміральної системи динаміки і енергетики мобільних машин. Побудовано залежності буксування гусениць, теоретичної, дійсної швидкостей і тягової потужності трактора від сили тяги на гаку.

Постановка проблеми. Створення сучасних енергонасичених машино-тракторних агрегатів (МТА) з їх високими тягово-динамічними якостями, необхідними насамперед для ґрунтообробних, транспортних та інших агрегатів, було б неможливо без фундаментальних розробок з теорії і розрахунку оптимальних параметрів тракторів, а також динаміці і стійкості, виконаних В. І. Анохіним [1], В. В. Гуськовим [2], Г. М. Кутьковим [3] та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що впровадження в сільськогосподарське виробництво енергонасиченої техніки призводить до зниження родючості ґрунту не тільки за рахунок її розпилення, а й за рахунок переущільнення її рушіями МТА, що погіршує агроекологічні показники [4–6]. Тому основне завдання при виконанні механізованих робіт полягає в тому, щоб вплив рушіїв МТА на ґрунт супроводжувалися її найменшим ущільненням і розпиленням. Вирішення цієї проблеми лежить у виборі таких ходових систем, які при русі машин по полю не погіршували б фізико-механічні та біологічні властивості ґрунтів.

Результати експериментальних досліджень колісно-гусеничного трактора ХТЗ-280Т з гумово-гросовими гусеницями представлено у роботі [7]. При цьому досліджувалась можливість та ефективність агрегування з зарубіжними машинами, в даному випадку сівалкою Джон Дір 7200. Дослідження показали, що агрегат, що складався з трактора ХТЗ-280Т та вказаної сівалки, забезпечив високу продуктивність – 13,0 га за 1 годину основного часу, та досить низькі витрати палива 2,2 л/га, що на 40% менше, ніж при використанні агрегату, що складався з трактора Т-150К та вітчизняної сівалки СУПН-12.

У дослідженні [8] встановлено можливість агрегування трактора з

серійними плугами ПН-8-35 та ПЛН-5-35, забезпечуючи при цьому задовільну якість оранки. Одержані при дослідженнях показники по надійності окремих вузлів трактора, їх конструктивній досконалості є матеріалом для заводу для подальшого вдосконалення трактора ХТЗ-280Т.

Було проведено експериментальні дослідження динамічних та тягово-енергетичних характеристик трактора ХТЗ-280Т з гусеничними рушіями в складі орного агрегату з плугом ПЛН-8-35 [9], але тягові випробування не вдалося провести в повному обсязі.

Метою статті є аналіз результатів експериментальних досліджень тягової динаміки чотирьох гусеничного трактора ХТЗ-280Т.

Результати досліджень. Під час проведення попередніх досліджень не визначалися показники тягової динаміки трактора. Тому, восени 2017 року було проведено випробування трактора ХТЗ-280Т на навчальному полі ХНТУСГ ім. П. Василенка (м. Мерефа). Метою проведення випробувань є оцінка ефективності роботи трактора ХТЗ-280Т та визначення його тягово-енергетичних і динамічних показників.

Трактор сільськогосподарського призначення – основна рушійна сила в мобільній енергетиці агропромислового комплексу, тому він знаходиться в безперервній динаміці розвитку і вдосконалення. Нині Харківський тракторний завод пропонує ринку свою нову модель колісно-гусеничного трактора зі змінними ходовими системами ХТЗ-280Т, який повинен відповідати вимогам сучасності (рис. 1).



Рис. 1 – Трактор ХТЗ-280Т

При створенні та впровадженні нової сільськогосподарської техніки важливу роль відіграє широка система заводських, відомчих і державних випробувань, покликана забезпечити своєчасне доведення, всебічну перевірку і відбір для виробництва найбільш перспективних конструкцій машин і

комплексів. Випробування машин є джерелом даних, необхідних для перевірки технічних рішень як розрахунковими, так і польовими методами. До випробувань залучаються самі кваліфіковані фахівці.

Тягові показники визначають у функції крюкового навантаження, прикладеного до тягово-зчпного пристрою. Методика таких випробувань тракторів регламентована ДСТУ ГОСТ 7057:2003 [10]. При тягових випробуваннях трактор завантажують спеціальним динамометричним трактором. За допомогою цього трактора створювався змінний опір руху і завантажують трактор в широкому діапазоні тягових зусиль.

Програма випробувань включала в себе проведення наступних видів робіт:

- підготовка трактора до експериментальних (польових) випробувань;
- зняття тягових характеристик трактора.

Визначення динамічних і тягово-енергетичних показників трактора ХТЗ-280Т відбувалося:

- під час руху одиночного трактора по полю на транспортних передачах для визначення динамічних радіусів зірочок;
- під час руху трактора ХТЗ-280Т, до якого через тензометричний датчик і трос, приєднувався трактор К-700 і плуг ПНЛ-8-35 для визначення тягових характеристик.

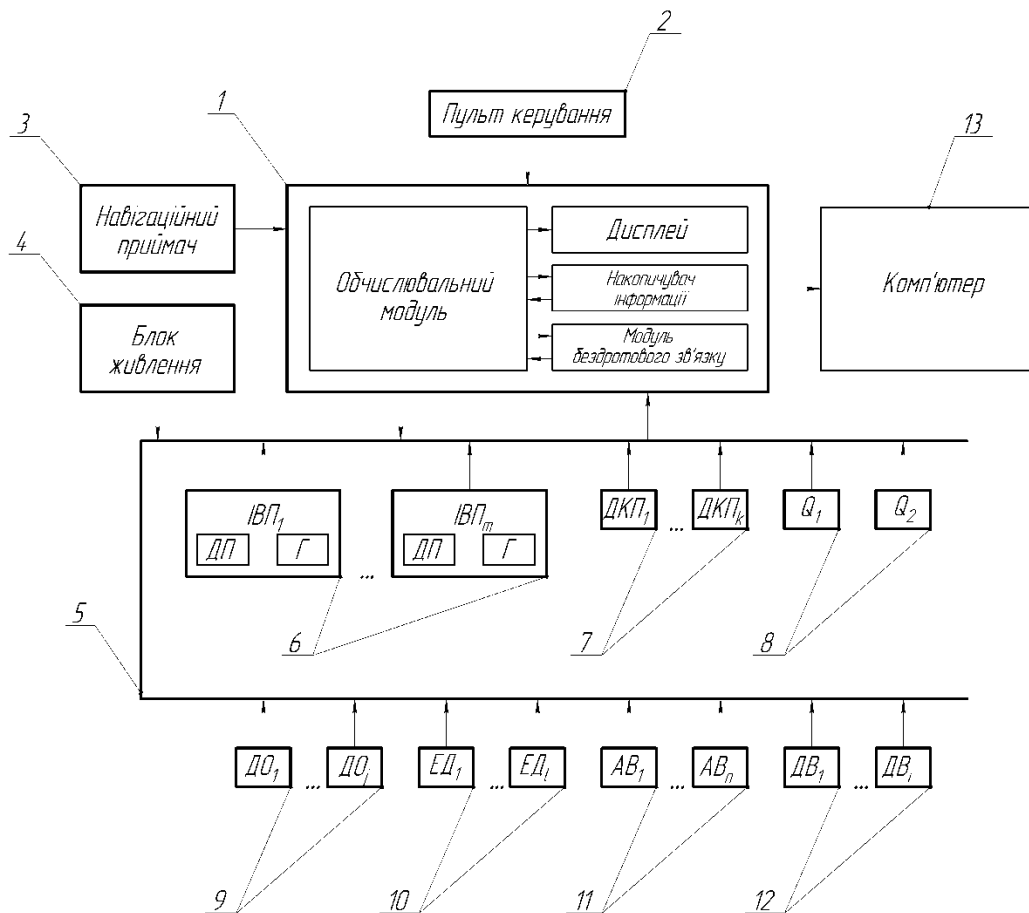


Рис. 2 – Структурна схема вимірювальної системи: 1 – обчислювальний модуль; 2 – пульт керування; 3 – навігаційний пристрій; 4 – блок живлення; 5 – шина даних CAN; 6 – інерційний вимірювальний пристрій; 7 - датчик куту повороту; 8 – витратомір палива; 9 – датчик обертів; 10 – електронний динамометр; 11 – аналогові входи; 12 – дискретні входи

При проведенні випробувань трактора ХТЗ-280Т, визначалися наступні показники його роботи: сила тяги на різних передачах; дійсна швидкість руху; буксування рушіїв; динамічні радіуси зірочок. Додатково визначалися: тягова потужність (розрахунковим методом); траєкторія руху трактора; вібрації.

При проведенні випробувань використовувалася «Вимірювальна система динаміки і енергетики мобільних машин» [11-14], структурну схему якої наведено на рис. 2, яка включала обчислювальний блок, ноутбук і такі датчики:

- інерційно-вимірювальний пристрій (ІВП) – це поєднання в одному корпусі трьох осьових акселерометра і гіроскопа;
- навігаційний приймач GPS, антена якого розташовувалася на даху трактора; датчики швидкості обертання коліс, які встановлювалися співвісно з бортовими редукторами трактора;
- датчик тягового зусилля (електронний динамометр).

Показники стану ґрунту на полі, де проводилися випробування, представлено в табл. 1. Аналіз даної таблиці показує, що вологість ґрунту в шарах 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см і 15-20 см перебувала в межах 25%, 18%, 12%, 12% відповідно. Твердість ґрунту в тих же шарах становила 2,9 / 3,86 МПа, 3,4 / 3,8 МПа, 3,0 / 4,01 МПа, 2,9 / 6,2 МПа.

Таблиця 1 – Стан ґрунту під час проведення випробувань

Показник	Одиниця виміру	Значення показників
Попередня культура на полі	-	Озима пшениця
Висота стерні на полі	см	5-10
Вологість ґрунту в шарі:	%	
0-5 см		25,0
5-10 см		12
10-15 см		9
15-20 см		9
Твердість ґрунту в шарі:	МПа	
0-5 см		2,9/3,86*
5-10 см		3,4/3,8*
10-15 см		3,0/4,01*
15-20 см		2,9/6,2*
Глибина обробки ґрунту	см	0-25,1
Засміченість стерновими залишками	шт / м ²	280,0

Стан ґрунту (табл. 1) не відповідає нормативній для проведення тягових випробувань згідно до ДСТУ ГОСТ 7057:2003 [10]. Вологість у верхніх шарах ґрунту становила 25%. На рис. 3 наведено зовнішній вигляд ґрунту при проведенні випробувань, ґрунтозачепа трактора забивалися верхніми шарами ґрунту, що знижувало тягові показники трактора.

Буксування трактора надає значний вплив на його тягову характеристику і тим самим на енергетичний баланс, енергетичний потенціал продуктивності і безпосередньо на продуктивність агрегату.

На першій стадії досліджень було поставлено завдання отримання емпіричного виразу коефіцієнта буксування. Для отримання аналітичного виразу буксування в процесі досліджень було вивчено понад 50 тягових характеристик.

У відповідності до ГОСТ 24055-2016 [15] проведено випробування трактора ХТЗ-280Т, результати яких наведено на рис. 4–7.



Рис. 3 – Стан ґрунту при проведенні випробувань

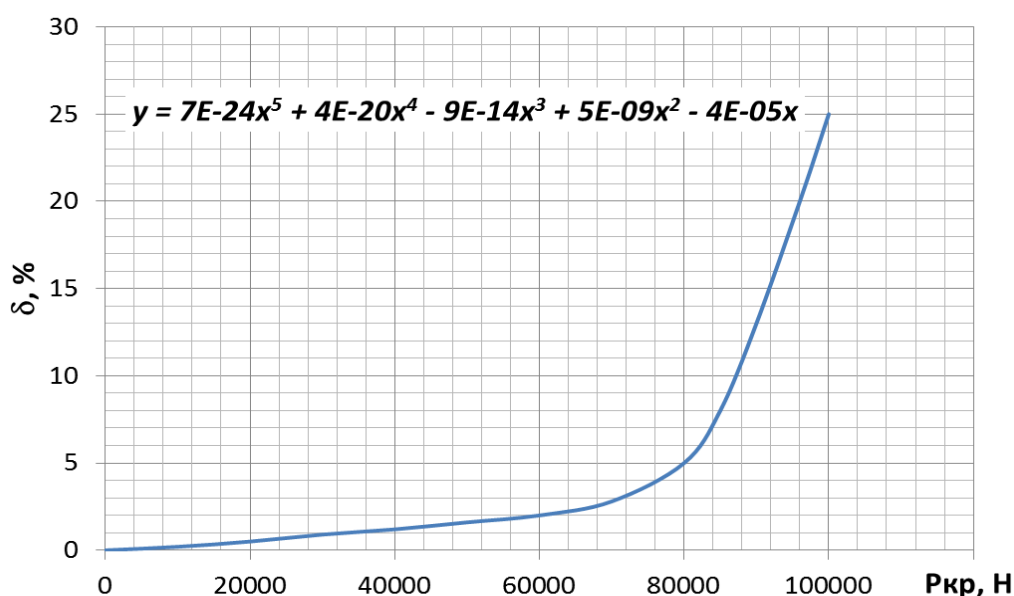
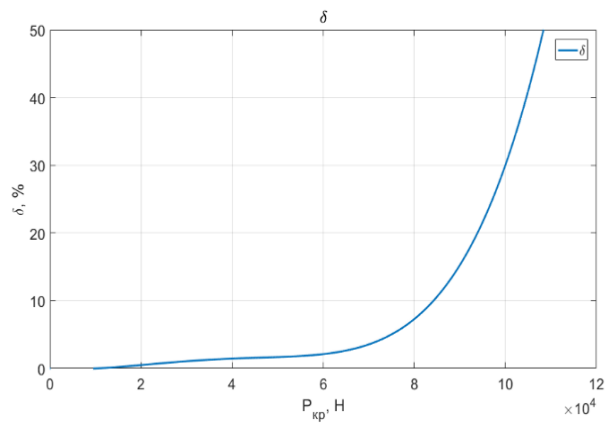
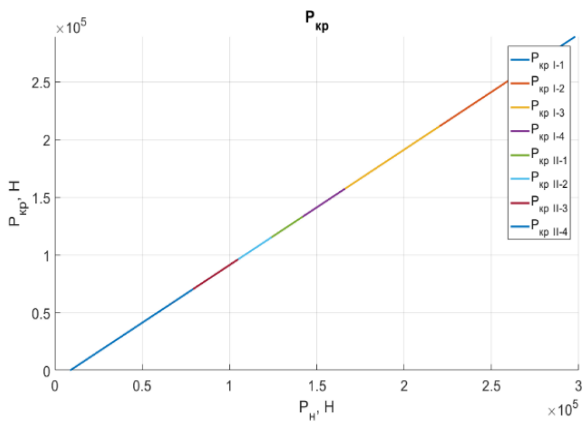


Рис. 4 – Залежність буксування трактора ХТЗ-280Т

Для трактора ХТЗ-280Т залежність буксування від сили тяги на гаку має вигляд:

$$\delta = 7 \cdot 10^{-24} \cdot P_{кр}^5 + 4 \cdot 10^{-20} \cdot P_{кр}^4 - 9 \cdot 10^{-14} \cdot P_{кр}^3 + 5 \cdot 10^{-9} \cdot P_{кр}^2 - 4 \cdot 10^{-5} \cdot P_{кр} . \quad (1)$$

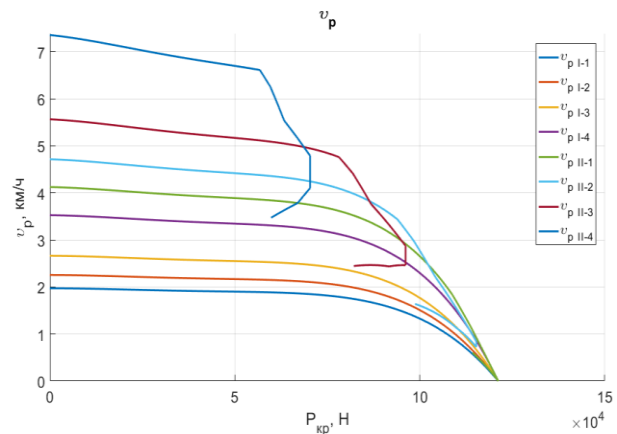
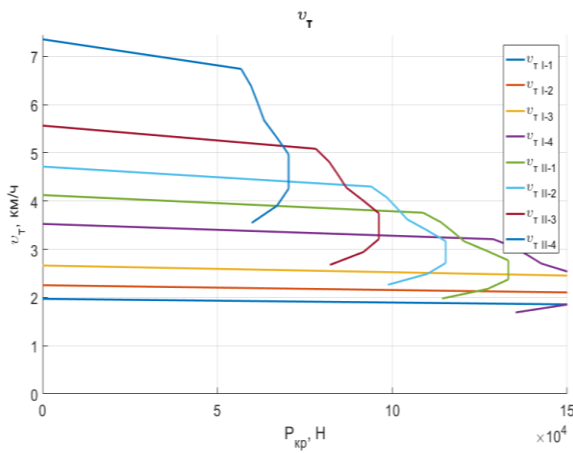
На наступній стадії досліджень було визначено та побудовано залежності сили тяги на гаку $P_{кр}$ від дотичної сили тяги P_H (рис. 5, а) та буксування δ від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (рис. 5, б); залежності теоретичної швидкості руху v_T та дійсної швидкості руху v_p від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (рис. 6), залежності потужності на гаку $N_{кр}$ і тягового ККД η_T від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (рис. 7).



а

б

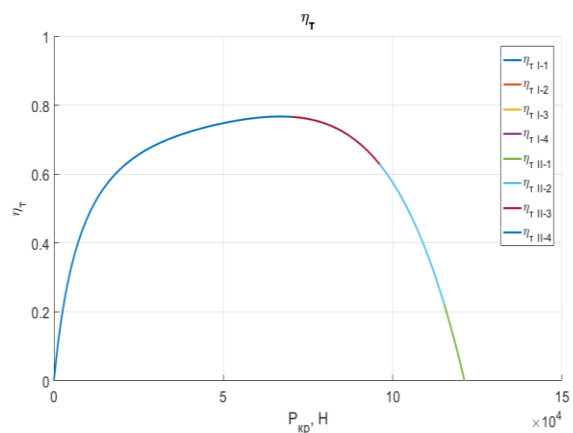
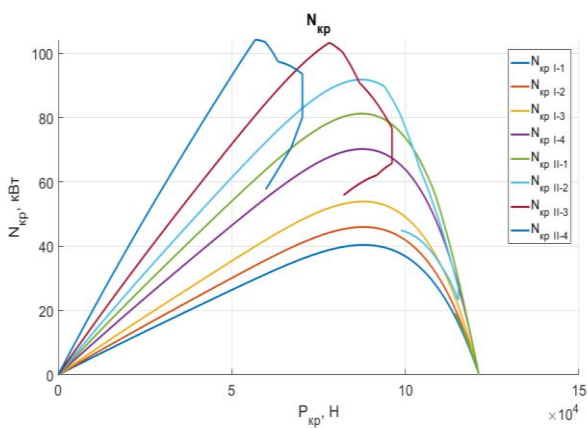
Рис. 5 – Залежність сили тяги на гаку $P_{кр}$ від дотичної сили тяги $P_{н}$ (а) та залежність буксування δ від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (б)



а

б

Рис. 6 – Залежність теоретичної швидкості руху $v_{т}$ (а) та дійсної швидкості руху $v_{р}$ (б) від сили тяги на гаку $P_{кр}$



а

б

Рис. 7 – Залежність потужності на гаку $N_{кр}$ (а) і тягового ККД $\eta_{т}$ (б) від сили тяги на гаку $P_{кр}$

Висновки

1. Під час проведення випробувань трактора ХТЗ-280Т стан ґрунту не відповідав нормативному. Вологість у верхніх шарах ґрунту на момент проведення випробувань становила 25%. Ґрунтозацепи забивались ґрунтом.

2. Максимальна тягова потужність $N_{кр} = 108$ кВт досягається при $v = 6,8$ км/год, тяговому ККД $\eta_t = 0,77$ і силі тяги на гаку $P_{кр} = 75$ кН. Максимальне буксування гусениць трактора, що встановлено агротехнічними вимогами ($\delta = 7,5\%$), досягається при силі тяги на гаку $P = 85$ кН.

Список використаних джерел

1. Анохин В. И. Использование мощности и экономичности двигателя сельскохозяйственного трактора с механической и гидромеханической трансмиссией. – ВИ Анохин. Докл. ТСХА, 1963. – №. 81. – С. 28-35.
2. Гуськов В. В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. – 1966. - 214 с.
3. Кутьков Г. М. Тяговая динамика тракторов // М.: Машиностроение. – 1980. - 212 с.
4. Белов Г. Д. Уплотнение почвы тракторами и урожай / Г. Д. Белов, А. П. Подолько. Земледелие. 1977. - №9. С. 8-10.
5. Галич І. В., Антощенко Р. В. До аналізу впливу коливань елементів машинно-тракторного агрегату на динамічні та експлуатаційні показники // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №. 9. – С. 103-107.
6. Антощенко Р. В., Кашин Д. В. Аналіз буксування двигателів машинно-тракторного агрегату // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – №. 5, Т. 1. – С. 47-52.
7. Харченко С. О., Кірієнко М. М., Циганенко М. О. та ін. Випробування першого українського колісно-гусеничного трактора ХТЗ-280Т з гумово-тросовими гусеницями // Інженерія природокористування. – С. 24. – 2015. №2, С 24-24
8. Харченко С. О., Кірієнко М. М., Циганенко М. О. та ін. Дослідження роботи універсального колісно-гусеничного трактора ХТЗ-280Т // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 156. – С. 180-184.
9. Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Іванов В. І. Дослідження динаміки трактора ХТЗ-280Т зі змінними колісно-гусеничними системами // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 160. – С. 151-159.
10. ДСТУ ГОСТ 7057:2003 Трактори сільськогосподарські. Методи випробування. – К.: Держспоживстандарт України. – 2003. – 13 с.
11. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко. – Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 244 с.

12. Антощенко Р. В., Антощенко В. М. Спосіб та вимірювальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – №. 145. – С. 211-216.
13. 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. – № у 2014 03215; заяв. 31.03.14; надрук. 10.09.14, Бюл. № 17.
14. 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.
15. ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки». – 2016. – 23 с.

Аннотация

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЯГОВОГО ДИНАМИКИ ЧЕТЫРЕХ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-280Т

Шаповалов Ю. К., Мельник В. И., Антощенко Р. В., Антощенко В. Н.,
Кись В. Н., Галич И. В., Никифоров А. А., Богданович С. А., Лукьяненко А. В.

В работе приведены результаты тяговых испытаний четырех гусеничного трактора ХТЗ-280Т полученных с помощью измерительной системы динамики и энергетики мобильных машин. Построены зависимости буксования гусениц, теоретической, действительной скоростей и тяговой мощности трактора от силы тяги на крюке.

Abstract

RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE PULLING DYNAMICS OF FOUR TRACKS TRACTOR XT3-280T

Y. Shapovalov, V. Melnik, R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, V. Kis', I. Galych,
A. Nikiforov, S. Bogdanovich, A. Lukyanenko

The paper presents the results of traction pulling tests of four caterpillar tractor XT3-280T obtained with the measuring system of dynamics and power of mobile machines. The dependencies of slipping of tracks, theoretical, actual speeds and traction power of the tractor on the hook force are constructed.