

УДК 629.114

ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ В ХОДОВІЙ СИСТЕМІ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ РУСІ ПО ОПОРНІЙ ПОВЕРХНІ З УТВОРЕННЯМ КОЛІЇ

Третяк В. М., к.т.н. e-mail: viktor_tretyak@mail.ru, ННЦ «ІМЕСГ»

Мета. Підвищення тягового ККД поза-шляхових тягово-транспортних засобів шляхом визначення та зменшення витрат потужності на утворення колії на опорній поверхні під впливом ходових частин ТТЗ.

Метод. Аналіз величин потужностей, які витрачаються на переміщення елементів системи «остов машини – підвіска – ходова система – опорна поверхня, яка деформується» на підставі визначення силових та кінематичних факторів.

Результати. На підставі прямих вимірювань визначаються втрати потужності ходовими системами на утворення колії на опорній поверхні та переміщення елементів ходової системи. Запро-

поновано визначати потужність, яка витрачається на утворення колії здійснювати шляхом множення частки сили ваги, яка припадає на відповідний рушій на швидкість руйнування опорної поверхні.

Висновки. Запропонована методика визначення втрат потужності на утворення колії тягово-транспортними засобами на опорній поверхні дозволяє на етапах розробки та в умовах експлуатації на підставі елементарних розрахунків обґрунтовувати вибір параметрів ходових систем з метою підвищення тягового ККД.

Ключові слова: тягово-транспортний засіб, тяговий ККД, потужність, колія, ходова система.

UDC 629.114

LOSS OF POWER IN THE SUSPENSION SYSTEMS OF TRACTION AND VEHICLE WHEN DRIVING ON THE SUPPORTING SURFACE TO FORM LINES

Tretyak V. M., c.t.s., e-mail: viktor_tretyak@mail.ru, NSC "IAEE"

Annotation

Purpose. Improving the efficiency of traction off-road traction and vehicles by identifying and minimizing power losses in the rutting on the supporting surface under the influence of undercarriages traction-vehicle.

Method. Analysis quantities capacity spent on moving elements of the system "skeleton car - suspension - suspension system - bearing surface which deforms" based on the definition of power and kinematic factors.

Results. Based on direct measurements determined power loss to education systems running

track on the supporting surface and move items suspension systems. A power to determine that is spent on the rutting exercise by multiplying the share of gravity, which accounts for the relevant engine speed to the destruction of the bearing surface.

Conclusions. The proposed method of determining power losses in the rutting Pull-in vehicles on the supporting surface allows the stages of development and in operation under the basic calculations to justify the choice of parameters of running systems.

Keywords: traction and vehicle traction efficiency, power, track, running system.

УДК 629.114

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В ХОДОВЫХ СИСТЕМАХ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ОБРАЗОВАНИЕМ КОЛЕИ

Третяк В. М., к.т.н., e-mail: viktor_tretyak@mail.ru, ННЦ «ІМЕСГ»

Аннотация

Цель. Повышение тягового КПД внедорожных тягово-транспортных средств путем определения и минимизации расхода мощности на образование колеи на опорной поверхности под воздействием ходовых частей ТТЗ.

Метод. Анализ величин мощностей, расходуемых на перемещение элементов системы «остов машины – подвеска – ходовая система – деформируемая опорная поверхность» на основании определения силовых и кинематических факторов.

Результати. На основаних прямих вимірювань визначаються втрати потужності ходовими системами на формування коліс на опорній поверхні та переміщення елементів ходової системи. Пропонується визначати потужність, яка витрачується на формування коліс виконувати шляхом множення частки сили тяжкості, що діє на відповідний двигун на швидкість руйнування опорної поверхні.

Постановка проблеми. Підвищення ККД тягово-транспортних засобів (ТТЗ) є пріоритетним напрямком розвитку механізації сільськогосподарського господарства. Відомо, що тяговий ККД тракторів становить 55-65%. На рис. 1 показано ланцюг основних елементів системи, в якій втрачається потужність на шляху від

Висновки. Пропонувана методика визначення втрат потужності на формування коліс тягово-транспортними засобами на опорній поверхні дозволяє на етапах розробки та в умовах експлуатації на основі елементарних розрахунків обґрунтовувати вибір параметрів ходових систем для підвищення тягового ККД.

Ключові слова: тягово-транспортне засіб, тяговий ККД, потужність, шлях, ходова система.

двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) до створення тягової потужності. Частина втрат, які залежать від конструкції ТТЗ, в процесі експлуатації майже не контролюється. Але на суттєві втрати в ходових системах, які досягають до 20%, можна впливати.

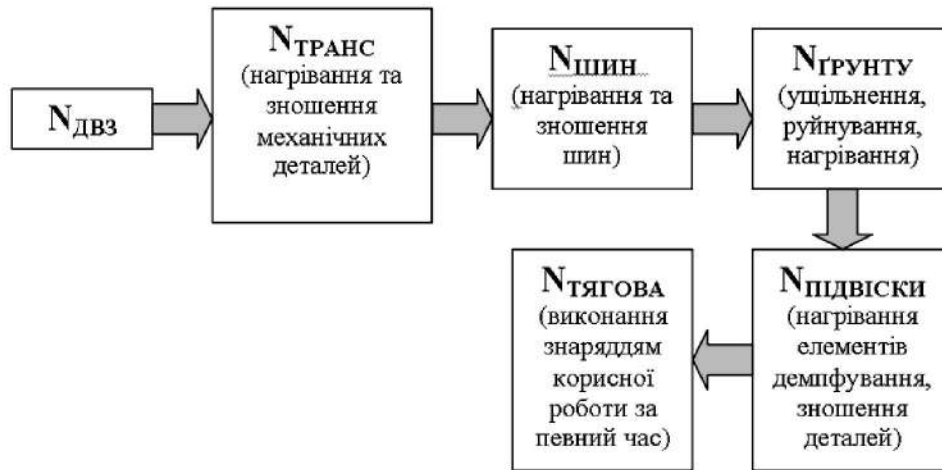


Рис. 1. Втрати механічної потужності при передачі від ДВЗ до тягового пристрою ТТЗ
Fig. 1. Loss of energy during transmission from ICE for traction devices traction and vehicle funds

Суть впливу полягає в узгодженні налаштування ходових систем ТТЗ із станом опорної поверхні. Одним із критеріїв узгодження є визначення втрат потужностей в елементах системи «остов – підвіска – колеса – опорна поверхня».

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботі [1] показано, що за результатами експериментальних досліджень з визначення частки розподілення енергопоглинання шин та амортизаторів в системі «колесо - підвіска» для військових машин типів БТР-3Е та БТР-4 з шинами КИ-113 на характеристики перерозподілу потужності суттєво впливають як характеристики амортизаторів так і тиск повітря в шинах. В сучасних конструкціях ТТЗ різного призначення в залежності від зміни їх маси та властивостей опорної поверхні з метою зменшення втрат потужності використовується не

тільки контроль тиску повітря в шинах (автомобілі підвищеної прохідності, причепи сільськогосподарського призначення), а й кількість опорних коліс (автомобільні потяги з підйомними мостами як тягачів так і причепів, трактори з пристроями для здвоєння та навіть зтроєння коліс). Крім того, пневматичні пружні елементи в системах підвіски мають можливість адаптувати їх жорсткість в залежності від зміни маси ТТЗ, а амортизатори змінюють коефіцієнт демпфування відповідно до стану мікропрофілю опорної поверхні.

В класичній теорії руху ТТЗ по опорній поверхні, яка деформується, величина потужності що витрачається на деформацію опорної поверхні визначається на підставі визначення сили опору руху за допомогою коефіцієнтів опору руху різних типів рухів на різних опорних поверхнях[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. У

відомій роботі [10] М. Г. Беккер звертає увагу, що в 1966 р. Шуринг вперше розглянув енергетичні процеси, які відбуваються при русі колеса по опорній поверхні, яка деформується. Але для практичних розрахунків його залежності досить складні [11].

Мета роботи. Підвищення тягового ККД позашляхових тягово-транспортних засобів шляхом визначення та мінімізації втрат потужності на утворення колії на опорній поверхні під впливом ходових частин ТТЗ.

Основна частина. На підставі досліджень з визначення тиску в ґрунті за допомогою методик геофізичної електророзвідки

(чотирьохелектродна установка Шлюмберже у складі автокомпенсатора електророзвідки АЕ-72) [12, 13, 14] було визначено в реальних умовах руху присутність пружної складової деформації від ходової системи трактора Т-25, як показано на рис. 2. З реальних досліджень на дослідній ділянці ННЦ «ІМЕСГ» встановлено, що пружна складова деформації (Δp) в певних умовах стану ґрунту на глибині 20 см становить 20 % від максимальної деформації ($\Delta \max$). Або 25 % від пластичної деформації. Значне зменшення деформації ґрунту при повторних навантаженнях підтверджується в роботі [15].

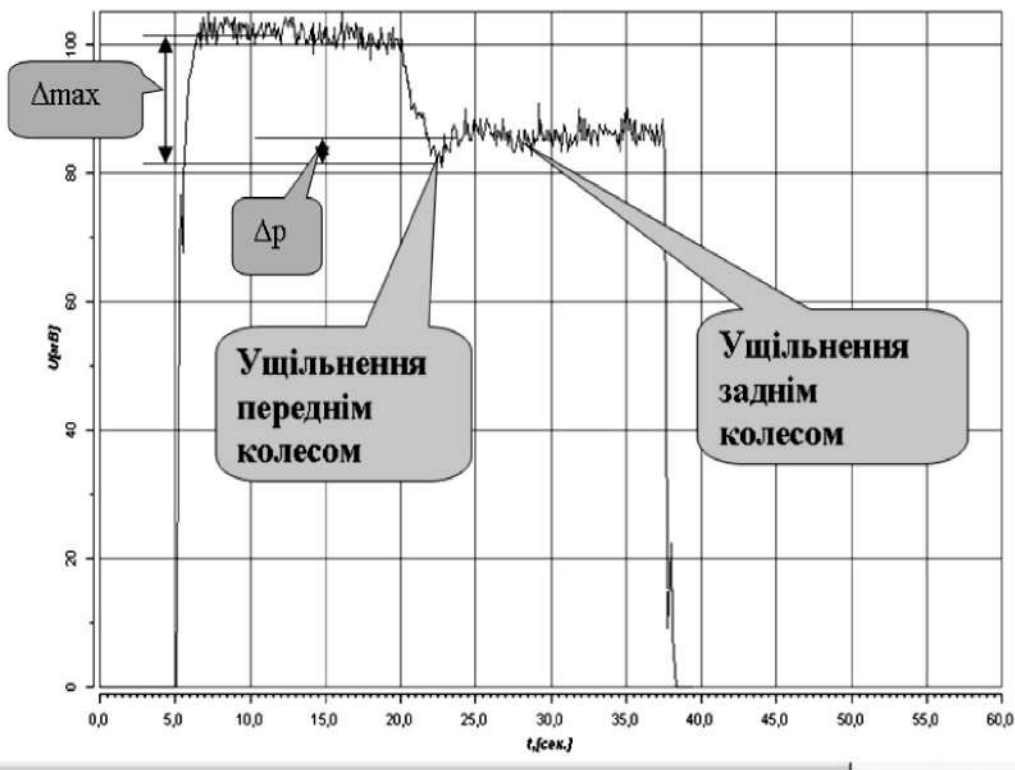


Рис. 2. Приклад визначення відносних величин пружної та пластичної деформації ґрунту під впливом ходової системи трактора Т-25

Fig. 2. Example of determining the relative values of the elastic and plastic deformation of soil under the influence of suspension systems tractor T-25

Загальновідомо, що механічна потужність N визначається скалярним добутком вектора сили на вектор швидкості (1).

$$N = F \cdot V \cdot \cos \alpha; \quad (1)$$

де F – величина сили, V – величина швидкості, α – кут між векторами сили та швидкості.

Таким чином потужність, яка витрачається на утворення колії ходовою системою ТТЗ буде залежати від сили, яка створює цю колію та швидкості з якою вона утворюється. Сила, під впливом якої утворюється колія, в стаціонарних умовах при русі по рівній горизонтальній опорній поверхні є силою ваги – G , як показано на рис. 3.

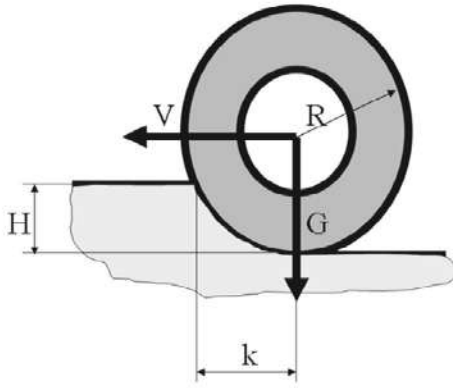


Рис. 3. Визначення швидкості утворення колії
Fig. 3. Determination of the rutting speed

Швидкість, з якою утворюється колія глибиною H , уявляє її диференціал за часом – $V_k = \frac{dH}{dt}$. Вона залежить від глибини колії, швидкості руху ТТЗ – V та радіуса кочення колеса R .

Для визначення середнього значення V_k приймаємо припущення: $V = const$ та $R = const$. Тоді час утворення колії залежить від довжини шляху ущільнення – k та швидкості руху V (2).

$$t = \frac{k}{V}; \quad (2)$$

За допомогою геометричних перетворень з рис. 4 визначається залежність k від R та H .

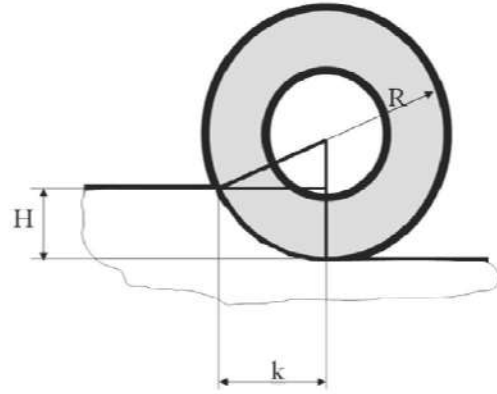


Рис. 4. Визначення довжини шляху ущільнення k
Fig. 4. The determination of the path of the seal k

$$k^2 = R^2 - (R - H)^2; \quad (3)$$

$$k = \sqrt{2RH - H^2}; \quad (4)$$

$$t = \frac{\sqrt{2RH - H^2}}{V}; \quad (5)$$

$$V_k = \frac{HV}{\sqrt{2RH - H^2}}; \quad (6)$$

$$N_k = \frac{GHV}{\sqrt{2RH - H^2}}; \quad (7)$$

Вираз під коренем має бути позитивною величиною.

$$2RH - H^2 > 0; \text{ тоді } 2R > H; \quad (8)$$

Реальні значення глибини колії не можуть бути більше кліренсу ТТЗ та варіюються в межах $0 \leq H \leq 0,4$ м. Таким чином радіус колеса також може бути від 0 до ∞ , але для малих значень радіуса та глибини колії необхідно дотримуватись нерівності (8).

На рис. 5 та 6 наведено графіки, які побудовано за виразом (7).

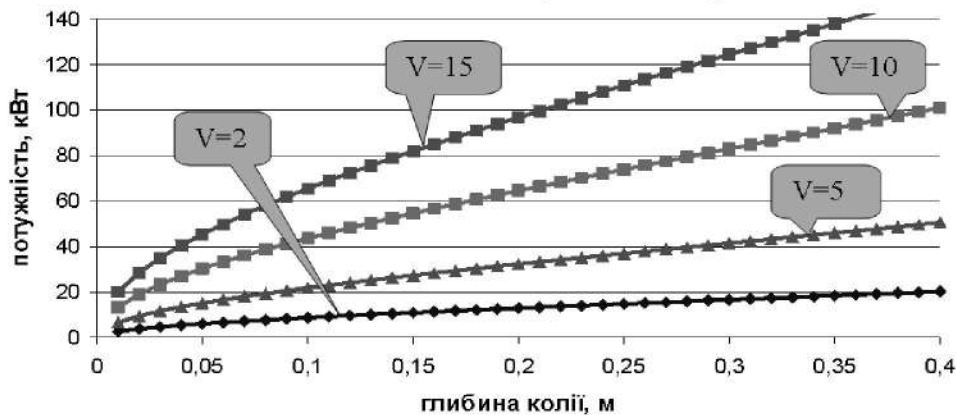


Рис. 5. Залежність необхідної потужності для утворення колії при різних швидкостях руху та $R = 0,64$ м, $G = 15$ кН
Fig. 5. Dependence of the required power for the rutting at different speeds and $R = 0,64$ м, $G = 15$ кН

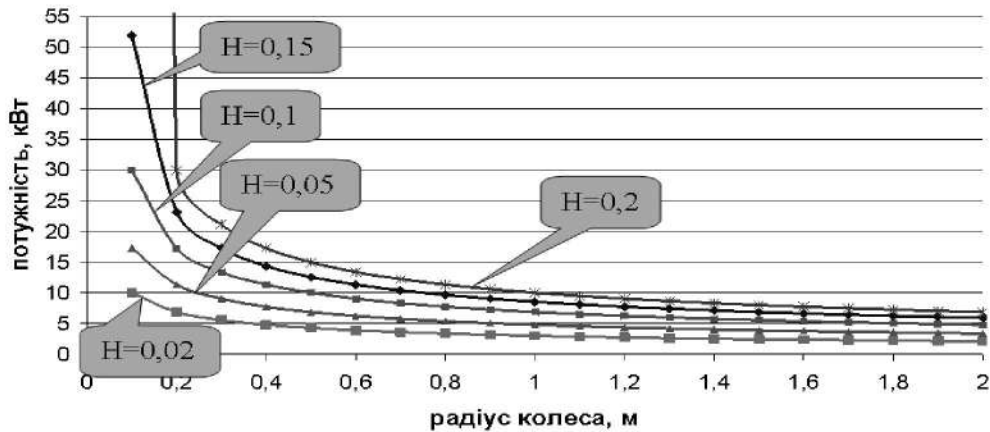


Рис. 6. Залежності величини потужності, що витрачається на утворення різних глибин колії від радіуса колеса

Fig. 6. Dependence of the amount of power expended on the formation of depth gauge on the radius of the wheel

З графіків рис. 6 видно, що потужність стрімко зростає на перших 5 см утворення глибини колії, а потім спостерігається майже лінійна залежність. Слід відмітити вплив швидкості на потужність утворення колії (рис. 6). Так за припущення, що кожне колесо ТТЗ колісної формули 4К46 та маси 6 т утворює колію глибиною 0,15 м, то для руху із швидкістю 15 м/с (54 км/год) необхідно витратити потужність $80 \cdot 4 = 320$ кВт (435 к. с.).

Тривимірні залежності, які наведені на рис. 7 та 8 показують більшу кривизну залежності величини потужності від радіуса колеса ніж залежності від глибини колії. З цього можна зробити висновок про вибір максимально можливого діаметру передніх коліс ТТЗ з колісною формулою 4К2а та 4К4а. Вплив ваги та швидкості руху ТТЗ на величину потужності для утворення колії показано на рис. 9.

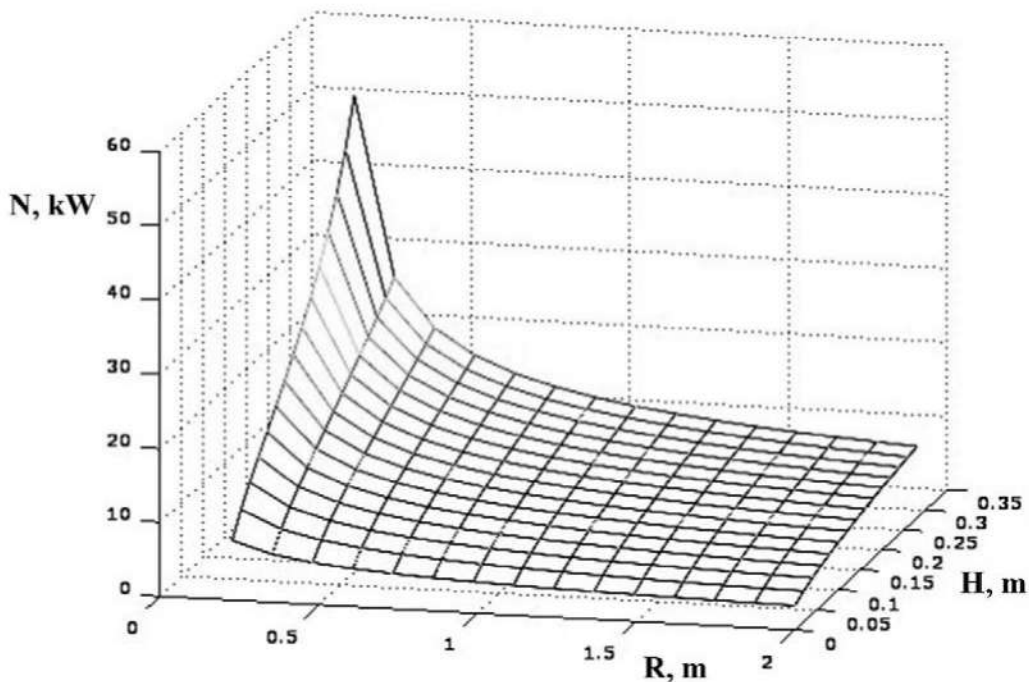


Рис. 7. Поверхня залежності потужності необхідної на створення колії від глибини колії та радіуса колеса при $G = 15$ кН, $V = 2$ м/с

Fig. 7. The surface depending on the power required to create the depth gauge track and wheel radius at $G = 15$ kN, $V = 2$ m / s

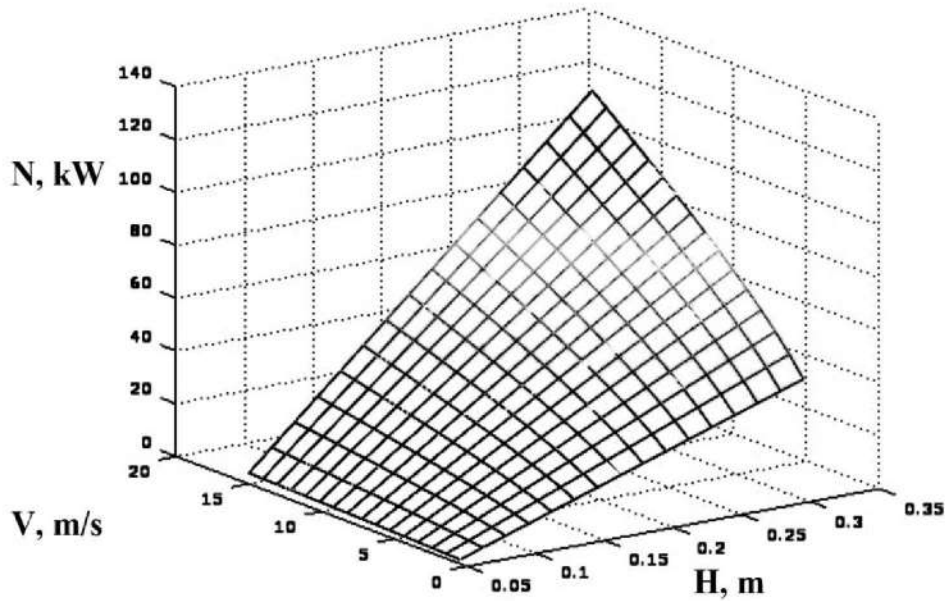


Рис. 8. Поверхня залежності потужності необхідної на створення колії від глибини колії та швидкості руху при $G = 15 \text{ кН}$, $R = 0,64 \text{ м}$

Fig. 8. The surface depending on the power required to create the depth gauge track and speed at $G = 15 \text{ кН}$, $R = 0,64 \text{ м}$

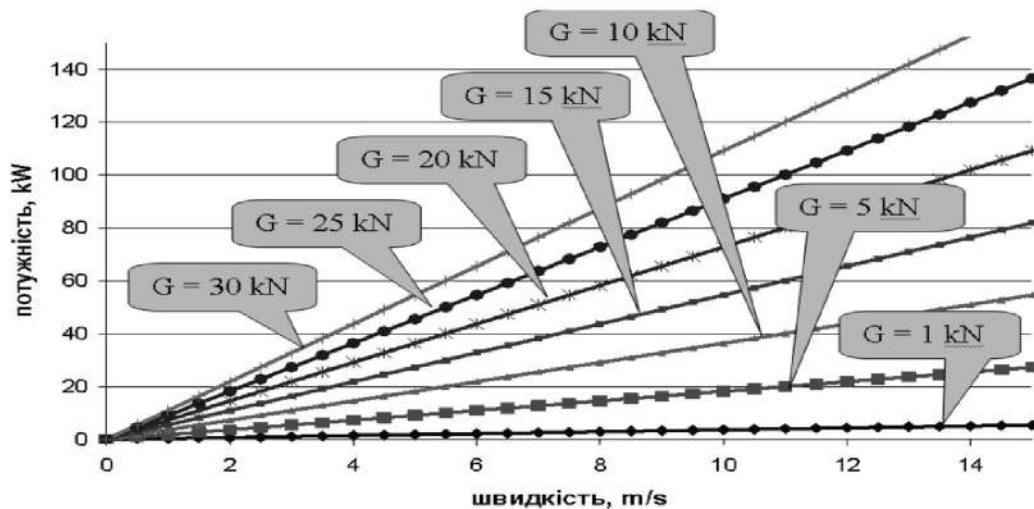


Рис. 9. Сімейство залежностей величин потужностей на утворення колії від швидкостей руху та нормальної сили, яка утворює колію

Fig. 9. Family dependence of the capacity on the rutting of speed and normal force that forms the track

Як видно із залежності (6), на величину середньої швидкості утворення колії V_k впливає радіус колеса R . Для ідеального гусеничного рушія $R = \infty$, тоді $V_k = 0$ і $N_k = 0$. В цьому випадку V_k замість величини k підставляється величина опорної поверхні гусеничного рушія [16].

Автором було створено зчленований гусеничний ТТЗ для геофізичних потреб в Сибірі [17, 18, 19], який представлено на рис. 9. Випробування цього ТТЗ проводились в Мінусінському та Єнісейському районах Красноярського краю (Росія) в умовах глибокого снігового покриву – до 1,5 м, що видно з рис 10.



Рис. 10. Випробування зчленованого гусеничного транспортного засобу в умовах Красноярського краю (Росія)

Fig. 10. The test of articulated tracked vehicle in the conditions of Krasnoyarsk region (Russia)



Рис. 11. Порівняння занурення в сніговий покрив

Fig. 11. Comparison of immersion in the snow

В статичних умовах (при стоянці) ходова частина гусеничних рушіїв, як енергетичного, так і технологічного модулів, вирівнювалась паралельно опорній поверхні,

що видно з рис. 11. А при русі, передня частина гусеничного рушія енергетичного модуля піднімалась відносно задньої частини цього ж рушія, як показано на фото рис. 12.



Рис. 12. Горизонтальне положення гусеничного рушія нерухомого ТТЗ на глибокому сніговому покриві

Fig. 12. Horizontal position caterpillars mover real traction and vehicle funds on a deep snow cover



Рис. 13. Поступове занурення гусеничного рушія в сніговий покрив зменшує потужність на утворення колії

Fig. 13. The gradual immersion caterpillar mover in snow reduces power to the rutting

Таким чином швидкість утворення досить глибокої колії (кліренс ходових частин енергетичного та технологічного модулів було збільшено до 0,45 м) була досить невеликою. Це дозволило зчленованому повнопривідному гусеничному ТТЗ повною масою більше 18 т впевнено рухатись на болотохідному варіанті траків рушія незалежно від глибини снігового покриву на другій або першій передачі адаптованої моторно-трансмісійної установки трактора Т-150.

Аналогічна ситуація виникала при русі бульдозера на базі челябінського трактора Т-130 з болотохідним гусеничним рушієм. В умовах глибокого снігового покриву рух переднім ходом був неможливим з причини суттєвого зміщення центру мас трактора

відносно опорної частини рушія вперед. В такому режимі швидкість утворення колії була великою. А при русі заднім ходом, трактор разом з рушієм розташовувались під певним кутом до опорної поверхні та поступово зминали сніговий покрив при утворенні колії. В такому режимі руху, потужність, яка витрачалась на утворення колії, була значно меншою і потужності двигуна в 130 к. с. вистачало для забезпечення стійкого руху трактора. Це явище підтверджується відомими дослідженнями НАПІ з використанням спеціального самхідного гусеничного візка із змінними параметрами [20].

На підставі вимірювань відносних швидкостей елементів підвіски та результатів

стендових випробувань коефіцієнту демпфування пристроїв амортизації можна визначити потужність, яка перетворюється в тепло за допомогою амортизаторів. Визначивши потужності всіх складових елементів системи загальновідомими формулами визначається ККД системи.

Бібліографія

1. Оценка влияния гистерезисных потерь в шинах колес на плавность хода многоосных бронированных колесных машин / В. А. Жадан, Я. М. Мормило, С. Е. Токар, Д. Н. Угненко, А. А. Шипулин. – Государственное предприятие «Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А. А. Морозова» (ГП «ХКБМ») [электронный ресурс]
2. Передвижение по грунтам Луны и планет / Под ред. А. Л. Кемурджиана. – М.: Машиностроение 1986. – 272с., ил.
3. Кутьков Г. М. Основы теории трактора и автомобиля. Учебное пособие. – М.: Ротапринт Московского государственного университета природоустройства 1995. - 275 с., ил.
4. Трояновська І. П., Пожидаєв С. П. Моделювання криволінійного руху колісних і гусеничних тракторних агрегатів. – Київ: АграрМедіаГруп, 2013., 303 с.
5. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві // Навч. Посібник / В. Т. Надикто, М. Л. Крижачківський, В. М. Кюрчев, С. Л. Абдула. -2006. – 337 с., ил.
6. Аксенов П. В. Многоосные автомобили. – 2-е изд., пераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1989.–280 с.: ил.
7. Рославцев А. В. Теория движения тягово-транспортных средств. Учебное пособие. – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2003. – 172 с.
8. Кошарный Н. Ф. Технично-експлуатаційні властивості автомобілей високої проходимості. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981. 208 с.
9. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с., ил.
10. Введение в теорию систем местность-машина / Беккер М. Г.; Пер. с англ. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1973. - 520 с.
11. Третяк В. М., Болдовский В. Н. Моделирование процессов взаимодействия движителей тягово-транспортных средств с опорной поверхностью методом конечных элементов // Вісник ХНТУСГ / Збірник наукових праць. -2006., -Вип.46. С. 31-37.
12. Способ определения воздействий на почву движителей транспортных средств: А.с. 28598 Украина, G01 М 17/00 / В. М. Третяк, В. Н. Болдовский, Е. Ю. Давиденко, Н. Н. Потапов

Висновки. Запропонована методика визначення втрат потужності на утворення колії тягово-транспортними засобами на опорній поверхні дозволяє на етапах розробки та в умовах експлуатації на підставі елементарних розрахунків обґрунтовувати вибір параметрів ходових систем з метою підвищення тягового ККД.

(Украина). – № и 2007 10319; Заявлено 17.09.2007; Опубл. 10.12.2007, Бюл. № 20. – 4 с.

13. Болдовский В. Н. Прибор для определения взаимосвязи между деформациями и электрическим сопротивлением почвы. // Вісник ХНТУСГ / Збірник наукових праць, -2007.-Вип.48. С. 42-47.

14. Третяк В. М., Болдовский В. Н., Потапов Н. Н., Давиденко Е. Ю. Метод определения воздействия ходовых систем тягово-транспортных средств на почву. Вестник ХПИ / Сборник научных трудов. -2007.-Вип. 12 С. 24-30.

15. Кацыгин В. В., Горин Г. С., Зенькович А.А., Кидалинская Г.В., Неверов А.И., Орда А. Н. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства. – Мн.: Наука и техника. 1982. – 272 с., ил.

16. Платонов В. Ф., Ленашвили Г. Р. Гусеничные и колесные транспортно-тяговые машины. – М.: Машиностроение, 1986. – 296 с., ил.

17. Третяк В. М., Нечуйвтер Л. И., Коденко М.Н., Рославцев А. В., Сибгатуллин В. Г., Дыбтан С. Б. Сочлененное полноприводное гусеничное транспортное средство А.С. № 1391983, приор. от 08.12.86, опуб. 30.04.88. Бюл. № 16.

18. Рославцев А. В., Хаустов В. А., Третяк В. М. Модульные энерготехнологические средства на базе гусеничных тракторов класса 3. Тракторы и сельхозмашины, 1996, № 8.

19. Третяк В. М. Зчленені тяглово-транспортні засоби /Харьков 2002г Сборник научных трудов Харьковского государственного технического университета сельского хозяйства. Тракторная энергетика в растениеводстве. Выпуск 5.

20. Васильев А. В., Докучаева Е. Н., Уткин-Любовцев О. Л. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства. – М.: Машиностроение, 1969. – 192 с., ил.

Reference

1. Otsenka vliyaniya gisterezisnyih poter v shinah koles na plavnost hoda mnogoosnyih bronirovannyih kolesnyih mashin / V. A. Zhadan, Ya. M. Mormilo, S. E. Tokar, D. N. Ugnenko, A. A. Shipulin. – Gosudarstvennoe predpriyatie «Harkovskoe konstruktorskoe byuro po mashinostroeniuyu im. A. A. Morozova» (GP «HKBM») [elektronniy resurs]

2. *Peredvizhenie po gruntam Lunyi i planet / Pod red. A. L. Kemurdzhiana. – M.: Mashinostroenie 1986. – 272s., il.*

3. Kutkov G. M. *Osnovy teorii traktora i avtomobilya. Uchebnoe posobie. – M.: Rotaprint Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta prirodoustroystva 1995. - 275 s., il.*

4. Troyanovska I. P., Pozhidaev S. P. *Modelyuvannya krivoliniynogo ruhu kolisnih i gusenichnih traktornih agregatlv. – Kiyiv: AgrarMediaGrup, 2013. 303 s.*

5. *Novi mobilni energetichni zasobi Ukrayini. Teoretichni osnovi vikoristannya v zemlerobstvi // Navch. Posibnik / V. T. Nadikto, M. L. Krizhachkivskiy, V. M. Kyurchev, S. L. Abdula. -2006. – 337 s., il.*

6. Aksenov P. V. *Mnogoosnyie avtomobili. – 2-e izd., perab. I dop. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 280 s.: il.*

7. Roslavtsev A. V. *Teoriya dvizheniya tyagovo-transportnyih sredstv. Uchebnoe posobie. – M.: UMTs «TRIADA», 2003. – 172 s.*

8. Kosharniy N. F. *Tehniko-eksploatatsionnye svoystva avtomobiley vysokoy prohodimosti. – Kiev: Vischa shkola. Golovnoe izd-vo, 1981. 208 s.*

9. Platonov V. F. *Polnoprivodnyie avtomobili. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 279 s., il.*

10. *Vvedenie v teoriyu sistem mestnost-mashina / Bekker M. G.; Per. s angl. V. V. Guskova. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 520 s.*

11. Tretyak V. M., Boldovskiy V. N. *Modelirovanie protsessov vzaimodeystviya dvizhiteley tyagovo-transportnyih sredstv s opornoy poverhnostyu metodom konechnyih elementov // VIsnik HNTUSG / Zbirnik naukovih prats. -2006.-Vip.46. S. 31-37.*

12. *Sposob opredeleniya vozdeystviy na pochvu dvizhiteley transportnyih sredstv: A.s. 28598 Ukraina, G01 M 17/00 / V. M. Tretyak, V. N. Boldovskiy, E. Yu. Davidenko, N. N. Potapov (Ukraina). – № u 2007 10319; Zayavleno 17.09.2007; Opubl. 10.12.2007, Byul. № 20. – 4 s.*

13. Boldovskiy V. N. *Pribor dlya opredeleniya vzaimosvyazi mezhdru deformatsiyami i elektricheskim soprotivleniem pochvyi. // VIsnik HNTUSG / Zbirnik nauko-vih prats.-2007.-Vip.48. S. 42-47.*

14. Tretyak V. M., Boldovskiy V. N., Potapov N. N., Davidenko E. Yu. *Metod opredeleniya vozdeystviya hodovyih sistem tyagovo-transportnyih sredstv na pochvu. Vestnik HPI / Sbornik nauchnyih trudov.-2007.-Vyip. 12, S. 24-30.*

15. Katsyigin V.V., Gorin G.S., Zenkovich A.A., Kidalinskaya G. V., Neverov A. I., Orda A. N. *Perspektivnyie mobilnyie energeticheskie sredstva (MES) dlya selskohozyaystvennogo proizvodstva.– Mn.: Nauka i tehnika. 1982– 272 s., il.*

16. Platonov V. F., Lenashvili G. R. *Gusenichnyie i kolesnyie transportno-tyagovyie mashinyi. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 296 s., il.*

17. Tretyak V. M., Nechuyviter L. I., Kodenko M. N., Roslavtsev A. V., Sibgatullin V. G., Dyibtan S. B. *Sochlenennoe polnoprivodnoe gusenichnoe transportnoe sredstvo A.S. № 1391983, prior. ot 08.12.86, opub. 30.04.88. Byul. № 16.*

18. Roslavtsev A. V., Haustov V. A., Tretyak V. M. *Modulnyie energotekhnologicheskie sredstva na baze gusenichnyih traktorov klassa 3. Traktoryi i selhozmashinyi, 1996, № 8.*

19. Tretyak V. M. *ZchlenenI tyaglovo-transportnl zasobi /Harkov 2002g Sbornik nauchnyih trudov Harkovskogo gosudarstvennogo tehničkogo universiteta selskogo hozyaystva. Traktornaya energetika v rasteniєvodstve. Vyipusk 5.*

20. Vasilev A. V., Dokuchaeva E. N., Utkin-Lyubovtsev O. L. *Vliyanie konstruktivnyih parametrov gusenichnogo traktora na ego tyagovo-stsepnnye svoystva. – M.: Mashinostroenie, 1969. – 192 s., il.*

Reference

1. *Assessment of the hysteresis loss in the tires of the wheels smooth running of multi-armored wheeled vehicles / V. A. Zhadan, J. M. Mormon, S. E. Turner, D. N. Ugnenko, A. A. Shipulin The State Enterprise "Kharkov Design Bureau of Machine Building. A. A. Morozova (" KMDB "SE) [Electron resource]*

2. *Navigating the soils of the Moon and the planets / Ed. A. L. Kemurdzhiana. – M.: Engineering, 1986. – 272s, ill.*

3. Kutkov G. M. *Basic theory of the tractor and the vehicle. Tutorial. – M.: offset duplicator prirodoustroystva Moscow State University, 1995. – 275 p.*

4. Troyanovska I. P., Pozhidaev S. P. *modeling curvilinear motion of wheeled and tracked tractor units. – Singapore: AgrarMediaGrup, 2013, 303 p.*

5. *New power tools in Ukraine. Theoretical bases of use in agriculture. // tutorial / V. T. Nadikto, M. L. Krizhachkivskiy, V. M. Kyurchev, S. L. Abdul. – 2006. – 337 p, il.*

6. P. Aksenov *Multi-axis avtomobili., 2nd ed., Perabo. And Sub-M.: Engineering, 1989. – 280 p. : silt.*

7. A. V. Roslavtsev *Motion Theory towing vehicles. Tutorial. – M.: UMTS "triad", 2003. – 172 p.*

8. Kosharnaya N. F. *Technical and operational properties of all-terrain vehicles. – Kiev: Vishcha school. Head Publishing House, 1981. 208 p.*

9. Platonov V. F. *All-wheel drive vehicles. – M.: Engineering, 1981, - 279 p.*

10. *Introduction to the theory of systems-terrain vehicle / Becker M. G.; Trans. from English. Vladimir Guskov. – M: Mechanical engineering, 1973. – 520 p.*

11. Tretyak V. M., V. N. Boldovskogo. *Modelling of processes of interaction of propulsion trailer vehicles with bearing surface finite element method // News HNTUSG / collection of scientific papers. – 2006. – Vip.46, S. 31-37.*

12. A method for determining effects on soil propulsion vehicles: AS 28598 Ukraine, G01 M 17/00 / V. M. Tretyak, V. N. Boldovskogo, E. J. Davidenko, N. N. Potapov (Ukraine) .- № u 2007 10319; Stated 17.09.2007; Publ. 10.12.2007, Bull. № 20. – 4.

13. Boldovskogo V. N. The device for determining the relationship between deformation and electrical resistance of the soil. // News HNTUSG / Science-vortices prats. – 2007. – Vip.48. S. 42-47.

14. Tretyak V.M., Boldovskogo V.N., Potapov N.N., Davidenko E.Y. Method of determining the impact of running systems of towing vehicles on the ground. Herald KPI / Collection of scientific trudov. -2007.-Vol. 12, P 24-30.

15. Katsygin V.V., Gorin G. S., Zenkovich A. A. Kidalinskaya G. V., Neverov A. I., A. N. Orda Future mobile energy means (MES) for agricultural proizvodstva. – Mn .: Science and Technology. 1982. – 272 pp., Ill.

16. Platonov V. F. Lenashvili G. R. Tracked and wheeled transport and traction machines. – M .: Engineering, 1986. - 296 p., Ill.

17. Tretyak V. M., Nechuiviter L. I., Kodenko M. N., Roslavitsev A. V., Sibgatullin V. G., Dybtan S. B. Articulated wheel-drive tracked vehicle A. Number 1391983, prior. on 12/08/86, opub. 04.30.88. Bull. № 16.

18. Roslavitsev A. V., Khaustov V. A., Tretyak V. M. Modular Power technological means on the basis of caterpillar tractors class 3 tractors and agricultural machinery, 1996, № 8.

19. V. M. Tretyak Articulated towing vehicles/ Kharkov 2002 Collection of scientific works of the Kharkov State Technical University of Agriculture. Tractor power in crop production. Issue 5.

20. Vasiliev A. V., Dokuchaev E. N., Utkin-Lyubovtsev O. L. Influence of design parameters on its crawler tractor traction characteristics. – M .: Engineering, 1969. - 192 p., Ill.