

І.В. КОЛЕСНИК, І.О. ШЕВЧЕНКО, Ю.І. КОЛЕСНИК

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДУ

Ефективність використання тракторів на транспортних роботах визначається складом тракторного поїзда, кількістю причепів, їх типом та загальною вантажопідйомністю, маневреністю, швидкістю руху тракторного поїзда, його стійкістю, гальмівними якостями, умовами праці оператора. Однак висока швидкість руху тракторного поїзда і реалізація максимальної потужності трактора при різноманітності вантажів, що перевозяться, стан властивостей дорожніх фонів і ряду конструктивних особливостей рухомого складу призводять до підвищення динамічних навантажень. Це викликає виникнення підвищених коливальних процесів у системі «грунт - причіп ~ трактор», погіршує тягово-зчіпні властивості, керованість, стійкість, ергономічні та розгінно-гальмівні властивості.

Ключові слова: трактор, тракторно-транспортний поїзд, гальмування, фактори, тягово-зчіпні з'єднання, продуктивність.

I. KOLIESNIK, I. SHEVCHENKO, Y. KOLIESNIK

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FACTORS ON THE BRAKING EFFICIENCY OF A TRACTOR-TRANSPORT TRAIN

The efficiency of using tractors in transport works is determined by the composition of the tractor train, the number of trailers, their type and total load capacity, maneuverability, the speed of the tractor train, its stability, braking qualities, and the working conditions of the operator. However, the high speed of the tractor train and the implementation of the maximum power of the tractor with a variety of transported goods, the state of the properties of road backgrounds and a number of design features of the rolling stock lead to an increase in dynamic loads. This causes the occurrence of increased oscillatory processes in the "soil - trailer ~ tractor" system, worsens traction and traction properties, controllability, stability, ergonomics and acceleration and braking properties.

Key words: tractor, tractor-transport train, braking, factors, traction-coupling connections productivity.

Вступ.

Мобільні сільськогосподарські агрегати є частиною матеріально-технічної бази виконання сільськогосподарських механізованих робіт. Визначальним завданням їхнього подальшого розвитку є забезпечення зростання продуктивності за збереження високої якості виконання робіт та високого рівня експлуатаційних показників.

Необхідність у гальмуванні під час управління тракторно-транспортних поїздів виникає дуже часто. Гальмування - це засіб як швидкої зупинки тракторно-транспортний поїзд, а й регулювання швидкості руху.

Аналіз останніх досягнень та публікацій.

Статистика показує, більшість дорожніх пригод у тому чи іншою мірою пов'язані з гальмуванням [1]. Для вирішення питань, пов'язаних зі зниженням дорожньо-транспортних пригод, скоєних через технічні несправності, необхідно проаналізувати співвідношення несправностей по окремих вузлах тракторно-транспортних поїздів, що впливають на безпеку руху, та виявити вузли, що потребують найбільшої уваги.

З рисунку 1 видно, що найбільш "небезпечними" механізмами тракторно-транспортних поїздів, несправність яких найчастіше спричиняє дорожньо-транспортні пригоди, є гальма.

Справедливо було зроблено висновок [2] на підставі досліджень гальмівних якостей транспортних засобів, що їх гальмові якості є одним з головних показників безпеки руху тракторно-транспортних поїздів і в сучасних умовах зростаючих швидкостей та інтенсивності руху на дорогах вони набувають першочергового значення.

Відповідно до "Правил дорожнього руху" у всіх випадках, коли виникає небезпека, оператор зобов'язаний знижувати швидкість або зупинити тракторно-транспортний поїзд. Насправді умовно розрізняють два виду гальмування. Так зване службове гальмування (96-98% від загальної кількості гальмування) виробляють, щоб зупинити тракторно-транспортний поїзд у заздалегідь наміченому місці або знизити його швидкість.

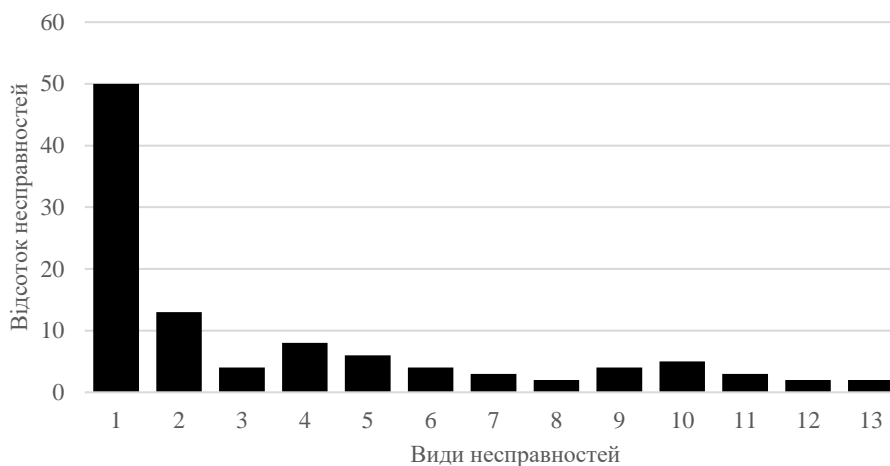


Рис. 1 – Питомий вплив технічних несправностей наступних вузлів і агрегатів тракторно-транспортних поїздів, що стали причиною дорожньо-транспортних пригод:
 1 - гальм, 2 - рульового управління, 3 ходової частини, 4 - фар, 5 - стопсигналу, габаритних ліхтарів, показчиків повороту, 6 та 7 - склоочисника, 8 - відсутність протисонячних козирків, 9 - обмежена оглядовість для оператора, 10 - зношений протектор шин, 11 - шина, що лопнула, 12 - зчїпного пристосування, 13 - інші несправності

Воно здійснюється без квапливості та поспіху, тому не викликає занесення або втрати керування. В екстрених випадках при появі на близькій відстані перешкоди, оператор, як правило, застосовує інтенсивне гальмування (2-4% від загальної кількості гальмування), щоб зупинити тракторно-транспортний поїзд на найкоротшому шляху. У таких ситуаціях оператор зазвичай діє без урахування якості дороги. Він натискає на педаль гальма з найбільшою можливою силою та швидкістю. Режим інтенсивного гальмування несприятливо впливає деталі гальмівної системи та стійкість тракторно-транспортних поїздів. При цьому на останній діють значні поздовжні та поперечні сили, що прагнуть порушити його стійкість, деталі гальм відчувають підвищену напругу та перегріваються, що погіршує їхню дію. При напруженому режимі роботи гальм та їх перегріванні часто виникають несправності. Практика показує, що малонебезпечні несправності, які у звичайних умовах не виявляються, при різких гальмуваннях можуть викликати відмову гальм.

З огляду на ці та інші причини слід вважати, що вирішальним з погляду безпеки руху є екстрене гальмування [3-4].

Мета та постановка задачі дослідження.

Мета роботи полягає у аналізі факторів, які впливають на ефективність гальмування та підвищенні продуктивності тракторних поїздів шляхом удосконалення конструкції тягово-зчїпних з'єднань на основі зниження динамічних навантажень на транспортних роботах.

Основний матеріал та результати дослідження.

Для визначення гальмівних якостей тракторно-транспортних поїздів використовують такі показники: гальмівний шлях - шлях, який проходить автомобіль від моменту натискання на педаль гальма до повної зупинки; уповільнення при гальмуванні та час екстреного гальмування до зупинки тракторно-транспортного поїзду.

Ефективність гальмування, під якою розуміється якісна міра гальмування, що характеризує здатність гальмівної системи та конструктивних особливостей тракторно-транспортних поїздів, що впливають на неї, створювати необхідний штучний опір руху автотракторного засобу, при справній системі гальм залежить від ряду факторів: типу та стану дорожнього покриття. практично від величини коефіцієнта зчеплення, чим обмежується верхня межа тягової сили), а також деталей гальма, ефективності та швидкості натискання на педаль гальма, виду конструкції гальм, конструкції тракторно-транспортних поїздів та тягово-зчіпних пристроїв, що з'єднують його ланки.

Нормативами заводів-виробників встановлені допустимі межі окремих параметрів гальмівної системи, наприклад, зазорів між фрикційними накладками та гальмівним барабаном, величин вільного та повного ходу педалі гальма, тиску в пневматичному приводі гальм, довжини виходу штоків гальмівних камер тощо. Тракторно-транспортний поїзд, що має граничні значення цих величин, допускається до експлуатації, але, природно, матиме знижену ефективність гальмування. Ефективність гальмування залежить також від величини зазорів між фрикційними накладками і гальмівним барабаном, стану накладок, рівномірного притискання їх до барабанів, вільного ходу педалі.

Можна вважати, що при збільшенні проміжків між накладками і гальмівними барабанами ефективність гальмування тракторно-транспортного поїзду з пневматичним приводом може знизитися в середньому на 45-50%, а з гідравлічним приводом - на 20-25%.

Причиною зниження ефективності гальм може стати зростання вільного ходу педалі через знос накладок і гальмівних барабанів. Збільшення вільного ходу педалі зменшує довжину її робочого ходу; педаль може впертись у підлогу кабіни, не забезпечивши повного гальмування.

Процес гальмування тракторно-транспортних поїздів ґрунтується на витраті його кінетичної енергії на подолання сил опору: коченню, підйому та повітря. Однак для швидкої зупинки тракторно-транспортного поїзду ці сили є недостатніми, тому створюється ще й штучний опір руху за допомогою гальмівних механізмів.

При гальмуванні на колеса тракторно-транспортних поїздів діють гальмівні моменти та гальмівні сили (подовжні реакції дороги), спрямовані назустріч руху. Опір руху, що штучно створюється, - це сума гальмівних сил на загальмованих колесах. Гальмування може регулюватися оператором у широких межах. Опір, створюваний гальмуванням, може значно більше суми всіх сил опорів. Це дає можливість оператору регулювати інтенсивність гальмування тракторно-транспортного поїзду та добиватися швидкої його зупинки.

Кінетична енергія тракторно-транспортного поїзду при гальмуванні його коліс, що обертаються, поглинається головним чином роботою сил тертя гальм і частковою роботою сил природних опорів руху. Однак це справедливо тільки тоді, коли накладки коліс, що гальмуються обертаються, труться об поверхню гальмівних барабанів. Якщо при гальмуванні колеса будуть заблоковані, перестануть обертатися, то картина зміниться. Колеса, що не обертаються, ковзатимуть по дорозі (виникне так званий «юз»), і робота тертя відбувається тільки між шиною і поверхнею дороги. Тертя в гальмівному механізмі як поглинач енергії при блокуванні коліс вже не діє.

Одним з найважливіших критеріїв, що визначають інтенсивність гальмування, є якість зчеплення колеса з опорною поверхнею дороги та кількісна характеристика цього критерію, що входить до багатьох розрахункових рівнянь, що застосовуються під час аналізу події.

Гальмівний момент, прикладений до гальмівного колеса, викликає появу подовжніх (дотичних) реакцій з боку опорної поверхні (дороги). За своєю природою вони є сили тертя і зачеплення. Гальмівна сила, необхідна для гальмування, повинна врівноважити суму всіх сил, що забезпечують рух тракторно-транспортного поїзду. Граничне значення гальмівної сили, яке можна реалізувати відповідно до зчіпних властивостей дороги, називають максимальною гальмівною силою P_{ϕ} .

Основними факторами, що впливають на граничне значення гальмівної сили, є: нормальне навантаження на гальмовані колеса; якість поверхні дороги, що визначається в основному

матеріалом дорожнього покриття та його станом; вільний тиск на дорогу; тип та стан шин, конструкція трансмісії.

У разі зростання навантаження на колесо пропорційно збільшуються сили тертя та зачеплення. Тому вважатимуться, що граничне значення гальмівної сили прямо пропорційне до зчпної навантаження, тобто. сумарному нормальному навантаженні на гальмовані колеса. Отже, максимальну гальмівну силу як окремого колеса, так і тракторно-транспортного поїзду в наближеному вигляді можна виразити як

$$P_{\varphi} = G_{\varphi} \varphi_{ж} H \quad (1)$$

де G_{φ} - зчпне навантаження; φ - коефіцієнт пропорційності, званий коефіцієнтом зчеплення.

Коефіцієнт вказує, яку частину вагового навантаження забезпечує дане дорожнє покриття для створення гальмівної сили.

Фізична картина явищ зчеплення досить складна та змінюється залежно від характеру руху колеса. Так як шина еластична, то під впливом навантаження її ділянки вдавлюватимуться у западини рельєфу поверхні дороги, зачіпляючись за них. Радіус колеса, що котиться, неоднаковий: у площі контакту шини він менший, ніж у вільних від контакту місцях. Тому при однаковій кутовій швидкості колеса лінійні швидкості точок лінії, розташованих на зовнішньому колі, будуть неоднаковими. У місцях контакту шини з дорогою вони менші. Ділянки шини, що підходять до площі контакту, стискатимуться, а в протилежній зоні розтягуватимуться. У площі контакту шини з дорогою відбуватиметься зсув гуми та її прослизання по дорожньому покриттю. Це місцеве прослизання ділянок шини, що спостерігається тільки в площі контакту, збільшується зі зростанням гальмівного зусилля і досягає найбільшої величини тоді, коли колесо, що гальмується, знаходиться на межі переходу і заблокованому стані.

Таким чином, при коченні колеса одночасно спостерігаються явища тертя та зачеплення. Так як тертя відбувається на відносно невеликій по протяжності ділянці контакту шини з дорогою, його можна розглядати як тертя спокою.

Види тертя в зоні контакту шини з дорогою залежать від стану покриття та кутової швидкості колеса. На зволжених покриттях, у тих місцях, де водяна плівка відокремлює поверхню шини від дороги, при обертанні колеса може спостерігатися змішане або напіврідинне тертя.

Коли заблоковане колесо ковзає дорогою без обертання, шина працює вже інакше. Тепер протектор ковзає за напрямом руху тракторно-транспортного поїзду. Ковзаючий по дорозі тракторно-транспортний поїзд із заблокованими колесами уподібнюється до саней, забезпечених гумовими полозами. Тертя колеса, що не обертається, може розглядатися як тертя ковзання.

Залежно від умов роботи колеса при гальмуванні та виду зусиль, що діють у площі контакту колеса з покриттям та від напрямку переміщення колеса щодо площини його кочення, розрізняють:

- граничну величину коефіцієнта зчеплення $\varphi_{пр}$, що спостерігається при порівняно незначних відхиленнях гальмівної сили від великої осі відбитка шини;
- Коефіцієнт поздовжнього зчеплення φ_1 при русі колеса з поздовжнім ковзанням та пробуксуванням;
- Коефіцієнт поперечного зчеплення φ_2 під час руху колеса під кутом до площині його кочення, тобто. тоді, коли колесо одночасно обертається і ковзає в бічному (поперечному) напрямку.

Перелічені види коефіцієнтів зчеплення пов'язані між собою залежністю

$$\varphi_{пр}^2 = \varphi_1^2 + \varphi_2^2 \quad (2)$$

При аналізі дорожньо-транспортних пригод найчастіше доводиться оперувати коефіцієнтом поздовжнього зчеплення φ_1 , оскільки в більшості випадків оператор доводить колеса тракторно-транспортного поїзду до блокування. Але оскільки чисельні значення

коефіцієнтів $\varphi_{пр}$ і φ_1 розрізняються незначно, при розрахунках використовують коефіцієнт зчеплення φ_1

При бічних ковзаннях коліс застосовують коефіцієнт поперечного зчеплення:

$$\varphi_2 = (0,5 - 0,85)\varphi_1 \quad (3)$$

Коефіцієнт зчеплення – одна з основних величин, що характеризують експлуатаційні якості дорожніх покриттів, а також взаємодію колеса з дорогою. За його величиною судять про безпечну швидкість руху тракторно-транспортного поїзду.

Аналіз робіт [5, 6] показує, що величина коефіцієнта зчеплення залежить від великої кількості різних факторів, і в першу чергу від типу покриття та його стану, конструкції та матеріалу шин, тиску в них повітря, навантажень на колесо, швидкостей руху, температурних умов, величин ковзання та буксування коліс (табл. 1).

Коефіцієнт зчеплення знижується зі збільшенням швидкості, тому що при цьому тривалість контакту ділянок шини з дорожнім покриттям зменшується, зростає кількість поштовхів від нерівностей дороги та контакт коліс тракторно-транспортного поїзду з поверхнею дороги погіршується [7].

Таблиця 1 – Зміна величини коефіцієнта зчеплення під впливом різних факторів

Чинники, що змінюють коефіцієнт зчеплення	Зміна коефіцієнта зчеплення
1	2
Швидкість руху	Зі збільшенням швидкості руху коефіцієнт зчеплення знижується. На сухому крижаному покритті цього немає.
Нерівності дороги	Нерівності збільшують частоту вертикального навантаження. Коефіцієнт зчеплення знижується через умови, що змінюються в місці контакту шини з дорогою і через підстрибування коліс на нерівностях.
Просочення в'язкими матеріалами поверхні доріг	Надлишок в'язких матеріалів робить поверхню слизькою. У жарку погоду в'язкий матеріал розм'якшується, виступає на поверхню дороги, при цьому коефіцієнт зчеплення зменшується.
Зволоження покриття	На початку дощу коефіцієнт зчеплення зменшується через те, що з вологи, дорожнього пилу, частинок гуми, крапель нафтопродуктів тощо. утворюється рідкий бруд, по якому, як по мастилу, ковзають колеса. Величина коефіцієнта зчеплення при цьому майже вдвічі менша, ніж при русі сухим покриттям. На мокрих, але чистих покриттях коефіцієнт зчеплення менший, ніж на сухих, але більше, ніж на зволжених або вкритих рідким брудом.
Тривалість експлуатації дорожнього покриття (у сухому стані)	У разі збільшення терміну експлуатації покриття коефіцієнт зчеплення зменшується через зменшення шорсткості. Цементобетонні покриття найбільш стійкі: термін їхньої служби 10-12 років, а у асфальтобетонних - 5-8 років. При зношуванні покриття на 50-60% коефіцієнт зчеплення зменшиться на 30-40%. Кам'яні покриття (бруківка, бруківка) поліруються шинами автомобілів, при цьому коефіцієнт зчеплення зменшується.
Зледеніння поверхні дороги, утворення на ній снігового покриву	Коефіцієнт зчеплення у своїй дуже малий; він дещо збільшується при зниженні температури повітря до 0-15°C. Вплив швидкості руху на величину коефіцієнта зчеплення у випадках незначне.

закінчення таблиці 1

Шорсткість покриття	Чим більша шорсткість, тим значніша площа контакту дороги з шиною, при цьому покращується зчеплення і коефіцієнт зчеплення зростає. Найбільша висота нерівностей покриття має перевищувати 4-5 мм. Занадто велика шорсткість покриття призводить до зменшення коефіцієнта зчеплення. При нормальній шорсткості покриття шина зберігає контакт з дорогою, при дощі не утворюється суцільний шар води, що забезпечує контакт шини з дорогою.
Замаслювання поверхні дороги	Замаслювання дороги нафтопродуктами різко знижує коефіцієнт зчеплення. Як на сухих, так і на мокрих дорогах до середини смуги руху коефіцієнт зчеплення майже на 30% менший.
Характер зчеплення колеса з дорогою	Найбільший коефіцієнт зчеплення спостерігається при поздовжньому коченні без бокового ковзання при поздовжньому ковзанні порядку 10-15%). При блокованому колесі (юзі) коефіцієнт зчеплення дещо знижується.
Збільшення навантаження на колесо	На твердих покриттях доріг зі збільшенням навантаження коефіцієнт зчеплення знижується. Його зміна помітніша при великих навантаженнях.
Підвищення тиску повітря у шинах	При збільшенні тиску повітря у шинах коефіцієнт зчеплення спочатку підвищується, а потім починає зменшуватися.
Підвищення температури шини	Зі збільшенням температури шини зчеплення на бетонних поверхнях дещо зменшується, а на асфальтобетонних – покращується. Коефіцієнт зчеплення в цьому випадку збільшується через прилипання елементів протектора до поверхні дороги, що спостерігається за високої температури в зоні контакту при інтенсивному гальмуванні. Якщо матеріал протектора має низькі антизносні якості, то при інтенсивному гальмуванні між шиною та твердим дорожнім покриттям з'являється велика кількість гумового пилу, що знижує коефіцієнт зчеплення.
Тип рисунка протектора шин	Шини з малюнком протектора підвищеної прохідності на м'якому снігу та неуцільненому ґрунті мають більший коефіцієнт зчеплення, ніж шини з дорожнім малюнком. На мокрому покритті шини з малюнком протектора, що має більшу розчленованість, забезпечують вищий коефіцієнт зчеплення.
Зношування протектора шини	При повному стиранні малюнка протектора шини коефіцієнт зчеплення знижується на 35-45%. Особливо сильно зменшується при русі на мокрих і брудних дорогах (приблизно ще на 20-25%).
Вид матеріалу	Шини із високо гістерезисних гум забезпечують більший коефіцієнт зчеплення.

З аналізу видно, що ефективне гальмування на дорозі з даним типом і станом покриття можна досягти шляхом створення гальмівного моменту, при якому колесо доводиться до грані блокування, а умовою реалізації максимальної сумарної гальмівної сили є одночасне доведення всіх коліс до грані блокування і підтримки їх в режимі.

Однак коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою постійно змінюється в процесі експлуатації тракторно-транспортного поїзду, тому здійснити оптимальне гальмування (коли дійсний коефіцієнт зчеплення коліс тракторно-транспортного поїзду є оптимальним), при якому всі колеса будуть доведені до межі блокування, неможливо.

А також механічний привід гальм трактора та пневматичний (гідралічний) - причепа не узгоджуються між собою по слідчій дії, оскільки гальмівні моменти на осях трактора та причепа нарастають не одночасно і мають різний характер. Внаслідок непостійного коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою в процесі експлуатації тракторно-транспортного поїзду та несинхронного гальмування ланок тракторно-транспортного поїзду у тягово-зчїпному пристрої виникає динамічне зусилля, яке погіршує якість гальмування та ускладнює роботу оператора.

Висновки.

Наблизити процес гальмування до оптимального можливо шляхом застосування в точці зчеплення ланок тракторно-транспортного поїзду універсального тягово-зчїпного пристрою, застосування якого дозволить знизити динамічне зусилля в тягово-зчїпному пристрою, тим самим, зменшивши ступінь нерівномірності розподілу гальмівних зусиль.

Список літератури:

1. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. – 164 с.
2. Бухарин Н.А. Кісліков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2000. – 400с.
3. В.І Сирота, В.П.Сахно Автомобілі. Основи конструкції, Теорія: Навчальний посібник. -К: Арістей, 2011. – 356 с.
4. «Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів: Навч. посібн. / М.А. Подригало, В.В. Шелудченко – Суми.: Сумський національний аграрний університет, 2015.– 213с.
5. Повышение устойчивости и управляемости колесных машин в тормозных режимах: Монография / Е. Е. Александров, В. П. Волков, Д. О. Волонцевич и др.; Под ред. Д. О. Волонцевича. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.
6. Кашканов А.А., Грисяк О.Г.К Безпека руху автомобільного транспорту. Навчальний посібник. –Вінниця: ВНТУ, 2005. – 177с.
7. Сахно В. П. До визначення стійкості руху автопоїзда з керованим напівприцепом / В. П. Сахно, Р. М. Кузнецов, Р. М. Марчук, М. І. Файчук, О. А. Енглезі // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту: Науковий журнал. – 2012. – № 4. – С. 61-67.

References (transliterated):

1. Kashkanov A.A., Rebedailo V.M. Specialized ruhomiy warehouse for automotive transport: construction. Head helper. - Vinnitsa: VDTU, 2002. - 164 p.
2. Bukharin N.A. Kislikov V.F., Lushchik V.V. Budova and exploitation of cars. - K.: Libid, 2000. - 400 p.
3. V.I. Sirota, V.P. Sakhno Automobiles. Fundamentals of construction, Theory: A guide. -K: Aristey, 2011. - 356 p.
4. "News in the theory of operational power of cars and tractors: Navch. posibn. / M.A. Podrigalo, V.V. Sheludchenko - Sumi.: Sumy National Agrarian University, 2015. - 213p.
5. Improving the stability and controllability of wheeled vehicles in braking modes: Monograph / E. E. Aleksandrov, V. P. Volkov, D. O. Volontsevich et al.; Ed. D. O. Volontsevich. - Kharkov: NTU "KhPI", 2007. - 320 p.
6. Kashkanov A.A., Grisyuk O.G.K Bezpeka ruhu motor transport. Head helper. -Vinnitsa: VNTU, 2005. - 177p.
7. Sakhno V.P., Kuznetsov R.M., Marchuk R.M., M.I. Faychuk, O. A. Englezi // Bulletin of the Donetsk Academy of Automotive Transport: Scientific journal. - 2012. - No. 4. - S. 61-67.

Надійшла (received) 10.05.2023 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Колеснік Іван Васильович (Koliensnik Ivan) – кандидат технічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, доцент кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів, м.Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4192-1773>; e-mail: ivankolesnik@nubip.edu.ua

Шевченко Ігор Олександрович (Shevchenko Ihor) – кандидат технічних наук, доцент, Державний біотехнологічний університет, завідувач кафедри тракторів і автомобілів, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1280-5290>; e-mail: igorshvchnk@gmail.com

Колеснік Юліана Ігорівна (Koliensnik Yuliana) – Державний біотехнологічний університет, аспірант кафедри тракторів і автомобілів, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9915-2455>; e-mail: julianakolesnik26@gmail.com