

I. В. КОЛЕСНИК, Є. І. КАЛІНІН, Ю. І. КОЛЕСНИК, О. В. ПАНКОВА

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА

В статті наведені динамічні залежності, що обґрунтовують силові та енергетичні параметри руху тракторно-транспортного поїзда у діапазоні транспортних робіт з різним дорожнім покриттям, що експериментально та аналітично обґрунтовують можливість використання енергонасичених тракторів на транспортних роботах, з підвищенням ефективності використання тракторно-транспортного поїзда.

Оптимізація об'єкта наукових та експериментальних досліджень передбачається для чіткого визначення та подальшого призначення блоків досліджень, що являють собою загальну програмну концепцію, що розділена на вирішення приватних завдань на розробленій структурній схемі.

Ключові слова: трактор, тракторно-транспортного поїзда, потужність, тягово-зчіпний пристрій, тягове зусилля.

I. KOLESNIK, E. KALININ, Yu. KOLESNIK, O. PANKOVA

ENERGY BALANCE OF THE TRACTOR-TRANSPORT TRAIN

The article presents dynamic dependencies that substantiate the power and energy parameters of the tractor-transport train movement in the range of transport works with different road surfaces, which experimentally and analytically substantiate the possibility of using energy-rich tractors in transport works, with an increase in the efficiency of the use of the tractor-transport train.

The optimization of the object of scientific and experimental research is intended for the clear definition and further assignment of blocks of research, which represent a general program concept divided into solving private tasks on the developed structural scheme.

Key words: tractor, tractor-transport train, power, traction-coupling device, traction force.

Вступ. Технологічні процеси виробництва в рослинництві, тваринництві та інших галузях сільського господарства включають безліч механізованих робіт, важливу частину яких становлять транспортні роботи. Їх виконання пов'язане зі значними енергетичними та трудовими витратами. Статистика показує, частка витрат, що з транспортуванням вантажів, становить 25-40% від суми витрат за вироблену продукцію. При виробництві силосу та сінажу ці витрати досягають 60-70% [1, 2]. Зі збільшенням виробництва продукції сільського господарства ці витрати неухильно зростатимуть. Для цього обсягу робіт на внутрішньогосподарських перевезеннях поруч із автомобілями широко використовується тракторний транспорт, переважно з урахуванням колісних тракторів, як найбільш пристосованих для транспортних робіт. Раціональність застосування колісних тракторів обґрунтовується можливістю їх руху як польовими, так і асфальтованими дорогами. За даними науково-дослідних інститутів питома вага перевезень тракторним транспортом становить 50-60% від загального обсягу внутрішньогосподарських перевезень у сільському господарстві.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Транспортні роботи є незамінною частиною технологічних процесів з вирощування сільськогосподарських культур. Транспортні засоби у сільськогосподарському виробництві за сукупністю динамічних режимів та умов експлуатації відносяться до найбільш напружених машин у порівнянні з іншими мобільними енергетичними засобами. Вони підтвержені інтенсивним коливанням від навантаження на гаку та руху по бездоріжжю. Їх експлуатація пов'язана з великою кількістю внутрішніх та зовнішніх впливів на основні функціональні вузли двигуна та трансмісії, а також негативно відбиваються на умовах праці оператора. Тракторно-транспортний поїзд у реальних умовах експлуатації працює на дорогах зі змінним рельєфом, хвилястим профілем покриття, на ґрунтах з непостійною твердістю та вологістю.

При русі транспортних засобів як в режимі розгону, так і в режимі руху, що має місце, має місце впливу причепа на тягач - процес накату і відставання причепа, який протікає постійно при їх експлуатації. Внаслідок цього між зчіпними масами виникають змінні ударні навантаження, що

передаються на тягач, а це негативно впливає на роботу рушіїв, трансмісії, погіршує динамічні та експлуатаційні властивості техніки, що негативно відбивається на умовах праці оператора. Щоб знизити силу ударів між зчіпними масами, оператор змушений знижувати швидкість руху, що у свою чергу позначається на продуктивності та прохідності транспортного засобу. Крім того, наявність значних сплесків зусилля на гаку тягача при ударах між зчіпними масами призводить до зростання нерівномірності опору пересування як окремих частин, так і всього транспортного засобу [1 – 4].

Мета та постановка задачі дослідження. Основним показником, що характеризує динаміку тракторно-транспортного поїзда, є нерівномірність опору його пересування, на яку істотно впливають власна маса, конструктивні особливості, величина зовнішніх сил, що впливають, і характер їх зміни.

Для досягнення поставленої мети вирішувались завдання покращення тягово-зчіпних властивостей, керованості, стійкості та розгінно-гальмівних властивостей у процесі виробництва сільськогосподарської продукції.

Основний матеріал та результати дослідження. Про ефективність використання енергетичних можливостей тракторів, що використовуються на транспортних роботах, судять щодо їхнього робочого балансу потужності. Розглянемо рівняння балансу потужності тракторно-транспортного поїзда з урахуванням його складу. Для дволанкового поїзда воно має такий вигляд:

$$N_{e_н} - N_{н_зч} - N_{н.з.} = N_{ТПП} = N_{пр} + N_{\sigma} + N_c + N_w + N_{транс} \quad (1)$$

де $N_{e_н}$ - ефективна номінальна потужність двигуна, кВт; $N_{н_зч}$ - потужність двигуна, що не використовується трактором за умовою зчеплення рушіїв із ґрунтом, кВт; $N_{н.з.}$ - потужність двигуна, яка не використовується за умовами завантаження, кВт; $N_{ТПП}$ - потужність, що витрачається на пересування тракторно-транспортного поїзда, кВт; $N_{пр}$ - потужність, що витрачається на пересування причепа, кВт; N_{σ} - потужність, що витрачається на буксування рушіїв трактора, кВт; N_c - потужність розсіювання при зіткненнях у тягово-зчіпному пристрої, кВт; N_w - потужність, що витрачається на подолання сили опору повітря, кВт; $N_{транс}$ - потужність, що витрачається в трансмісії трактора, кВт.

В результаті умов руху, що постійно змінюються, і неусталеного характеру навантаження складові $N_{пр}$; $N_{пр}$; N_{σ} і N_c є змінними, викликають у процесі експлуатації тракторно-транспортного поїзда яскраво виражену нерівномірність величини $N_{н.з.}$. Це одна з основних причин, що обмежують коефіцієнт використання потужності двигуна. Для виявлення доданків, що визначають фізику процесу нерівномірної реалізації енергетичних можливостей тракторно-транспортного поїзда і пошуку факторів, що протидіють цьому процесу, розглянемо докладно складові потужнісного балансу. Потужність двигуна, що використовується за умовами зчеплення рушіїв із ґрунтом визначається виразом:

$$N_{н_зч} = N_{e_н} - P_{\delta} v_{\delta} \phi_{зч} \quad (2)$$

де P_{δ} - сила тяги, що розвивається рушійми, кН; v_{δ} - окружна швидкість рушіїв, м/с; $\phi_{зч}$ - коефіцієнт зчеплення рушіїв із ґрунтом.

Оскільки величина $N_{e_н}$; P_{δ} і v_{δ} близькі до постійних, то з формули (2) випливає, що зміна складової $N_{н_зч}$ визначається імовірнісним характером коефіцієнта $\phi_{зч}$. Потужність, що витрачається на пересування трактора та причепа, можна представити відомими у працях [5] формулами:

$$N_{пр} = m_{пр} g v_{ср} \psi_{пр}; \quad (3)$$

$$N_{пр} = m_{пр} g v_{ср} \psi_{пр}. \quad (4)$$

де $m_{пр}$, $m_{пр}$ - маса трактора та причепа, кг; g - прискорення вільного падіння, (9,81 м/с²); $v_{ср}$ - середня швидкість руху тракторно-транспортного поїзда, м/с; $\psi_{пр}$, $\psi_{пр}$ - сумарний коефіцієнт опору руху трактора та причепа [5].

$$\psi = a \cdot f \cdot \cos(\alpha) \pm \sin(\alpha) \pm j \cdot g^{-1} \quad (5)$$

де a - коефіцієнт, що враховує підвищення опору руху в момент рушання з місця (для сухого покриття коефіцієнт " a " може бути прийнятий рівним 1,5); f - коефіцієнт опору коченню складової ланки; j - середнє значення прискорення складової ланки в початковий момент рушання з місця, м/с²; α - кут підйому дороги, град.

З формули (3-5) випливає, що зміна потужності на пересування трактора та причепа викликана змінним характером доданків: a , f і j . Потужність, що витрачається на буксування, визначається з виразу:

$$N_{\sigma} = N_{k\delta} \quad (6)$$

де N_k - потужність, що передається провідним колесам трактора, кВт; δ - коефіцієнт буксування провідних коліс.

Потужність, що втрачається в результаті буксування залежить від зчїпних властивостей тракторно-транспортного поїзда і характеру динамічних процесів, що протікають. Це підтверджується дослідженнями згідно з якими при 50-60% використанні потужності двигуна неусталений характер навантаження призводить до збільшення її втрат на 3-4%, а в зоні номінальних навантажень втрати збільшуються до 8 і більше відсотків [10, 11].

Потужність, що розсіюється при зіткненнях у зчїпному пристрої описується виразом:

$$N_c = P_{кр} (v_{mp} - v_{ТПП}) = P_{кр} v_{відн} \quad (7)$$

де v_{mp} - швидкість трактора до зіткнення в зчїпному пристрої, м/с; $v_{ТПП}$ - швидкість тракторно-транспортного поїзда після зіткнення в зчїпному пристрої, м/с; $v_{відн}$ - швидкість відносних переміщень складових ланок тракторно-транспортного поїзда перед зіткненням у зчїпці, м/с.

Потужність, що розсіюється в результаті ударних навантажень в зчїпному пристрої залежить від маси ланок, що переміщуються, і їх відносних швидкостей, тобто від величини імпульсу. Максимальну величину потужності, що втрачається при ударних навантаженнях, можна визначити, розглядаючи рівняння (7) у межі, замінивши в ньому значення швидкості зближення ланок, що взаємодіють на відношення S/t .

$$N_{e_max} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{P_{кр} S}{t} \quad (8)$$

де S - переміщення в зчїпному пристрої, що дорівнює величині вільного ходу зчїпної петлі причепів у отворі тягово-зчїпного пристрою трактора, м; t - час, за який вибирається вільний хід зчїпної петлі та тягово зчїпного пристрою, с.

З виразу (8) випливає, що величина втрат потужності в результаті ударних навантажень у тягово-зчїпному пристрою зі збільшенням у них зазору та зменшення часу зіткнень досягає суттєвих величин. Так при взаємодії складових ланок транспортних агрегатів, зі швидкістю удару в зчїпці 3-5 м/с, що відповідає умовам різкого торкання та експлуатаційному режиму роботи на підвищених швидкостях, у момент зіткнення розсіюється до 20% потужності, що розвивається двигуном. Середня величина потужності, втраченої або переданої іншим складовим ланкам при ударних навантаженнях, буде невелика, становлячи відповідно 0,3-1% і 2-5%, важливе інше. Часто повторювані потужні імпульси призводять до різкого збільшення нерівномірності опору пересування тракторно-транспортного поїзда, зниження його техніко-економічних показників [6-8].

Витрати потужності на подолання сил опору вітру N_w та сил тертя у трансмісії тракторно-транспортного поїзда $N_{трансм.}$. Можна вважати величинами близькими до постійних, а надалі не враховувати їхнього впливу на нерівномірність динамічного процесу. Враховуючи наведені вище формули, рівняння балансу потужності (1) без урахування постійних N_w і $N_{трансм.}$ має вигляд:

$$N_{e_н} - (N_{e_н} - P_{\sigma} v_{\sigma} \phi_{зч}) - N_{н.з.} = N_{ТПП} = m_{mp} g v_{cp} (af_{mp} \cos \alpha \pm \sin \alpha \pm j_{mp} g^{-1}) + m_{np} g v_{cp} (af_{np} \cos \alpha \pm \sin \alpha \pm j_{np} g^{-1}) + N_k \delta + P_{кр} v'_{відн}. \quad (9)$$

З виразу (9) випливає, що безпосередньо на пересування тракторно-транспортного поїзда витрачається лише частина потужності (N_{mp} і N_{np}). решта її частини ($N_{н_ци}$; $N_{н.з.}$; N_{δ} ; N_c)

недовикористовуються через яскраво виражену нерівномірність навантажувального режиму і тягово-зчіпних якостей тракторно-транспортного поїзда, а також втрачається за рахунок буксування рушіїв і зіткнень складових ланок у тягово-зчіпному пристрої, що перетворюється в тепло. Витрачена на пересування тракторно-транспортного поїзда потужність $N_{ТПП}$, є змінною величиною, характер зміни якої визначає складові a ; f ; і $\varphi_{сч}$. Разом з цим, змінний характер опору визначається результатом суми навантажень, що не встановилися, на пересування складових ланок тракторно-транспортного поїзда. Тому, дуже важливо, як у часі розосередяться коливання цих навантажень у процесі експлуатації, від цього залежатиме частота і амплітуда опору пересування.

Для зниження результуючої коливань опору потрібно досягти того, щоб при збільшенні навантаження на пересування однієї складової ланки тракторно-транспортного поїзда вона б зменшувалась, або хоча б не зростала на іншому, тобто необхідно раціональне розосередження в часі зростаючих навантажень, що діють на складові ланки тракторно-транспортного поїзда [9].

Можливі наступні поєднання навантажень: 1. Частоти коливань опору пересування складових ланок тракторно-транспортного поїзда збігаються (рис. 1а). 2. Частоти коливань опору пересування складових ланок тракторно-транспортного поїзда зосереджені (рис. 1в). 3. Частоти коливань опору пересування складових ланок тракторно-транспортного поїзда перебувають у протифазі (рис. 1с).

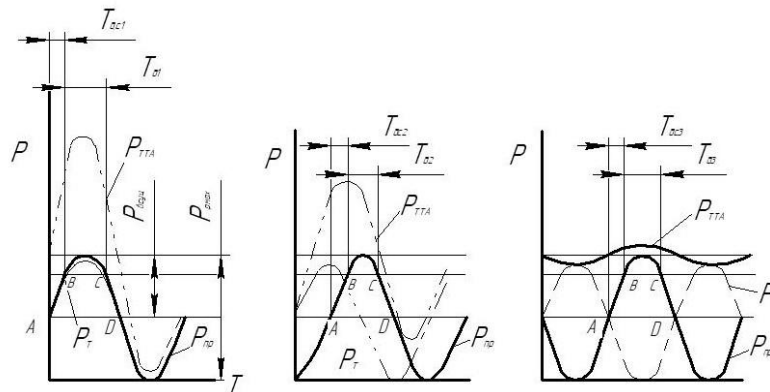


Рис. 1 – Частоти коливань опору пересування складових ланок тракторно-транспортного поїзда

Найнесприятливішим поєднанням навантажень є збіг частот (рис. 1а). І тут різко зростає нерівномірність загального опору пересування тракторно-транспортного поїзда. Мінімальна нерівномірність пересування тракторно-транспортного поїзда виникає за протилежного розташування частот опорів його складових ланок (рис. 1с).

При визначенні величини переміщення зчіпних мас виходимо з того, щоб у будь-яких умовах експлуатації виключалося одночасне збільшення опору пересування складових ланок тракторно-транспортного поїзда [4]. Здійснення цього завдання можливе за допомогою застосування в тягово-зчіпному пристрої тракторно-транспортного поїзда диференціального демпфування відносних переміщень зчіпних мас. З урахуванням використання пружно-демпфуючого тягово-зчіпного пристрою, що з'єднує складові ланки тракторно-транспортного поїзда, потужність, що витрачається на його пересування, опишемо наступним виразом:

$$N_{e-n} - (N_{e-n} - P'_d v'_d \phi'_{зч}) - N_{н.з.} = N_{ТПП-ТЗП} = m_{mp} g v'_{cp} (a' f'_{mp} \cos \alpha \pm \sin \alpha \pm j'_{mp} g^{-1}) + m_{np} g v'_{cp} b (a' f'_{np} \cos \alpha \pm \sin \alpha \pm j'_{np} g^{-1}) + N_{\kappa} \delta' + F_{dv} v'_{d-cp} \quad (10)$$

де b - коефіцієнт, що враховує вплив впливу складових ланок тракторно-транспортного поїзда один на одного через пружний зв'язок. Коефіцієнт "b" завжди задовольняє умову $-1 < b < 1$; F_{dv} - середня величина сили блокування демпфуючих елементів тягово-зчіпного пристрою, кН; v'_{d-cp} - середня величина швидкості відносних переміщень зчіпних мас при роботі елементів демпфуючих, м/с.

Знак штрих у рівняння балансу потужності (10) означає зміну складових, над якими він поставлений, при використанні в тракторно-транспортного поїзда пружно-демпфуючих тягово-зчіпних пристроях. З отриманого рівняння балансу потужності (10) випливає, що ймовірнісний прояв складових a, f, j і $\varphi_{зи}$, визначальних нерівномірності опору пересування однієї зі складових ланок, має нейтралізуватися змінною величиною "b", що має здатність змінювати своє значення залежно від характеру опору пересування іншої складової ланки під впливом диференційованих блокуючих систем пружного тягово-зчіпного пристрою. Інтервал та характер зміни величини "b" повинен забезпечуватись правильним підбором основних параметрів тягово-зчіпного пристрою. Це дозволить суттєво знизити нерівномірність опору пересування, зменшити значення складових $N_{н-цл}; N_{н.з.}; N_{\delta}; N_c$ та створить можливість для збільшення корисних витрат потужностей $N_{mp}; N_{np}$, сприяють підвищенню техніко-економічних показників роботи тракторно-транспортного поїзда.

Висновки. Збільшення швидкості руху, коефіцієнта співвідношення зчіпних мас, резерву потужності, вільного ходу між тяговими та зчіпними елементами, поряд із зменшенням кількості складових ланок тракторно-транспортного поїзда та їх загальної маси сприяють зростанню нерівномірності опору його пересуванню. Для зниження нерівномірності опору пересування динамічна система тракторно-транспортного поїзда повинна містити взаємодоповнюючі один одного диференційовані за силою та швидкістю взаємодії зчіпних мас пружні та демпфуючі елементи, що приводять у відповідність її тягово-зчіпні якості діапазону умов експлуатації, що змінюються.

Список літератури:

1. Колеснік І. В. Аналіз впливу факторів на ефективність гальмування тракторно-транспортного поїзду / І. В. Колеснік, І. О. Шевченко, Ю. І. Колеснік // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Automobile and Tractor Construction : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2023. – № 1. – С. 91-97.
2. Теоретичні основи ефективності використання транспортного агрегату / І. В. Колеснік, Є. І. Калінін, Ю. І. Колеснік, І. О. Шевченко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Automobile and Tractor Construction : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2023. – № 2. – С. 70-79.
3. Калінін Є., Колеснік І., Наукова гіпотеза неусталеного руху тракторно-транспортного поїзда. Наукові доповіді XXII Міжнародної наукової конференції «Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», 23 вересня 2022 року, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Україна, Дослідницьке, 2022. С. 124-127.
4. Власов О.В. Калінін Є.І. Визначення параметрів тягово-довантажувального пристрою до причепа енергетичного засобу. Наукове видання збірник тез доповідей XI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Підвищення надійності машин і обладнання» 20-21 квітня 2017 року. С. 99-100.
5. Колеснік І.В. Критерии и оценочные показатели маневренности трактора на транспортных работах / И.В. Колесник // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2016. Vol. 18. No. 4. С. 73-77.
6. Колеснік І. Підвищення точності руху транспортного агрегата завдяки виконанню профілактичних робіт рульового керування / І. Колеснік // Техніко-технологічні аспекти та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого. – Дослідницьке, 2017. – Вип. 21 (35). – С. 169 – 174.
7. Колеснік І.В. Визначення керованості транспортного агрегату в залежності від зміни маси вантажу / І.В. Колеснік, М.Л. Шуляк, І.О. Шевченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 160 – С. 255 – 260.
8. Kalinin E. Optimization of machinery operation modes from the point of view of their dynamics / Evgeniy Kalinin, Mykhailo Shuliak, Ivan Koliesnik // Proceedings of ICCPT 2019, May 28-29, 2019. — Tern. : TNTU, Scientific Publishing House "SciView", 2019. — P. 211–222.
9. Шуляк М. Л. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями / М. Л. Шуляк, А. Т. Лебедев, М. П. Артьомов, Є. І. Калінін // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - 2016. - № 4. - С. 218-226.
10. Shulyak M.L. Експериментальне дослідження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату / M.L. Shulyak, Lebedev A.T., Artyomov N.P., Maltsev V.P. // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Т. 3 (43). – С. 38-42.

11. Шевченко І. О., Прокопенко Д. О. Покращення плавності ходу машинно-тракторних агрегатів та транспортно-технологічних агрегатів. Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XIX Міжнар. форуму молоді, 6-7 квіт. 2023 р. Харків: ДБТУ, 2023. С. 62.

References (transliterated):

1. Koliesnik I. V. Analiz vplyvu faktoriv na efektyvnist halmuvannia traktorno-transportnoho poizdu / I. V. Koliesnik, I. O. Shevchenko, Yu. I. Koliesnik // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Ser. : Avtomobile-ta traktorobuduvannia = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Automobile and Tractor Construction : zb. nauk. pr. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2023. – № 1. – S. 91-97.
2. Teoretychni osnovy efektyvnosti vykorystannia transportnoho ahrehatu / I. V. Koliesnik, Ye. I. Kalinin, Yu. I. Koliesnik, I. O. Shevchenko // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Ser. : Avtomobile-ta traktorobuduvannia = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Automobile and Tractor Construction : zb. nauk. pr. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2023. – № 2. – S. 70-79.
3. Kalinin Ye., Koliesnik I., Naukova hipoteza neustalenooho rukhu traktorno-transportnoho poizda. Naukovi dopovidi KhKhII Mizhнародnoi naukovo konferentsii «Naukovo-tekhnichni zasady rozroblennia, vyprobuvannia ta prohnozuvannia silskohospodarskoi tekhniki i tekhnolohii», 23 veresnia 2022 roku, UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho; Ukraina, Doslidnytske, 2022. S. 124-127.
4. Vlasov O.V. Kalinin Ye.I. Vyznachennia parametriv tiahovo-dovantazhuvalnoho prystroiu do prychehu enerhetychnoho zasobu. Naukove vydannia zbirnyk tez dopovidei KhI vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh «Pidvyshchennia nadiinosti mashyn i obladnannia» 20-21 kvitnia 2017 roku. S. 99-100.
5. Kolesnyk Y.V. Kryteryu y otsnochnye pokazately manevrennosti traktora na transportnykh rabotakh / Y.V. Kolesnyk // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2016. Vol. 18. No. 4. S. 73-77.
6. Koliesnik I. Pidvyshchennia tochnosti rukhu transportnoho ahrehata zavdiaky vykonanniu profilaktychnykh robot rulovoho keruvannia / I. Koliesnik // Tekhniko-tekhnolohichni aspekty ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho gospodarstva Ukrainy: zbirnyk nauk. prats UkrNDIPVT im. L.Pohoriloho. – Doslidnytske, 2017. – Vyp. 21 (35). – S. 169 – 174.
7. Koliesnik I.V. Vyznachennia kerovanosti transportnoho ahrehatu v zalezhnosti vid zminy masy vantazhu / I.V. Koliesnik, M.L. Shuliak, I.O. Shevchenko // Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka. – Kharkiv: KhNTUSH, 2015. – Vyp. 160 – S. 255 – 260.
8. Kalinin E. Optimization of machinery operation modes from the point of view of their dynamics / Evgeniy Kalinin, Mykhailo Shuliak, Ivan Koliesnik // Proceedings of ICCPT 2019, May 28-29, 2019. — Tern. : TNTU, Scientific Publishing House "SciView", 2019. — P. 211–222.
9. Shuliak M. L. Otsinka funktsionuvannia silskohospodarskoho ahrehatu za dynamichnymy kryteriiamy / M. L. Shuliak, A. T. Lebediev, M. P. Artomov, Ye. I. Kalinin // Tekhnichniy servis ahropromysloвого, lisovoho ta transportnoho kompleksiv. - 2016. - № 4. - S. 218-226.
10. Shulyak M.L. Eksperymentalne doslidzhennia alhorytmu keruvannia rezhymamy roboty transportnoho ahrehatu / M.L. Shulyak, Lebedev A.T., Artyomov N.R., Maltsev V.R. // Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Zbirnyk naukovykh prats. – Poltava: PNTU, 2017. – Т. 3 (43). – S. 38-42.
11. Shevchenko I. O., Prokopenko D. O. Pokrashchennia plavnosti khodu mashynno-traktornykh ahrehativ ta transportno-tekhnolohichnykh ahrehativ. Molod i industriia 4.0 v XXI stolitti: materialy KhKhI Mizhнар. forumu molodi, 6-7 kvit. 2023 r. Kharkiv: DBTU, 2023. S. 62.

Надійшла (received) 15.10.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Колеснік Іван Васильович (Koliesnik Ivan) – кандидат технічних наук, доцент, 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.

Калінін Євген Іванович (Kalinin Evgeny) – доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, завідувач кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів; м. Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6191-8446>; e-mail: kalinin@nubip.edu.ua.

Колеснік Юліана Ігорівна (Koliesnik 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.

Панкова Оксана Володимирівна (Pankova Oksana) – кандидат сільсько-господарських наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри екології; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2866-1858>; e-mail: pankovaokv1@gmail.com.