

М. А. ПОДРИГАЛО, В. М. КРАСНОКУТСЬКИЙ, Є. С. ПЕЛИПЕНКО, О. А. БУСИЛКО

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАДНЬОЇ ТРЬОХТОЧЕЧНОЇ НАВІСНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТРАКТОРНОГО САМОХІДНОГО ШАСІ Т-16МГ

Проведений аналіз показав що з широким поширенням колісних тракторів, повсюдно застосовуються тракторні самохідні шасі, які забезпечують ефективне виконання технологічних процесів у сільському господарстві, овочівництві, тваринництві, особистих селянських та фермерських господарствах. Також аналіз публікацій показав, що питанню задньої навісної системи для ТСШ останні 30 років не приділялось уваги. Головною метою є модернізація задньої навісної системи ТСШ – Т-16МГ, що дозволить ефективно використовувати його при роботі з різними навісними агрегатами, що дуже важливо для особистих селянських та фермерських господарств. Однією з причин розробки було те що в самохідному шасі Т-16МГ корпус заднього мосту відлитий з оновлених полегшених сплавів що викликало ряд проблем з застосуванням навіски для СШ-25. Опрацювавши всі недоліки трьохточечної навісної системи для тракторного самохідного шасі СШ-25, було розроблено заднє гідравлічне навісне обладнання для тракторного самохідного шасі Т-16МГ. Для транспортування причепів трикутник автозчеплення знімається і ставляться поперечена в кулькові шарніри до правої і лівої щок на яку кріпиться зчепний пристрій. При частій заміні навісних та причіпних агрегатів ця поперечина може вварюватися в нижню частину трикутника автозчеплення. Розроблена задня навіска дозволяє поліпшити умови використання самохідних шасі Т-16МГ, застосовуючи навішування сільгоспзнарядь (одно - і двокорпусні плуги, культиватори та інші машини і знаряддя). Пристрій також дозволяє застосовувати причіпні сільгоспмашини і знаряддя (катки, борони, граблі, самоскидний причіп та інші). Гідравлічне навісне обладнання дозволяє переводити машини і знаряддя з транспортного положення в робоче і навпаки, забезпечує правильне положення робочих органів навісних машин і знарядь відносно ґрунту при виконанні різних сільськогосподарських робіт. Посилене кріплення навісного обладнання підвищує його надійність та дозволяє уникнути поломок які потребують складних та дороговартісних ремонтів. Для більшої міцності та зменшення кількості несправностей задньої навіски було додане кріплення за допомогою продольних лонжеронів, а не тільки до заднього мосту, як це було на навісці до СШ-25.

Ключові слова: тракторне самохідне шасі, навісне обладнання, заднє навішування, автозчеплення.

М. ПОДРИГАЛО, В. КРАСНОКУТСЬКИЙ, Є. ПЕЛИПЕНКО, О. БУСИЛКО

MODERNIZATION OF THE REAR THREE-JOINT SUSPENSION SYSTEM FOR TRACTOR SELF-PROPELLED CHASSIS T-16MG

The conducted analysis showed that with the wide distribution of wheeled tractors, self-propelled tractor chassis are widely used, which ensure the effective implementation of technological processes in agriculture, vegetable growing, animal husbandry, personal peasant and farm farms. Also, the analysis of publications showed that the issue of the rear hinged system for the TRS has not been paid attention to in the last 30 years. The main goal is to modernize the rear mounted system of the TSSH - T-16MG, which will allow it to be used effectively when working with various mounted units, which is very important for personal peasant and farm households. One of the reasons for the development was that in the T-16MG self-propelled chassis, the rear axle housing was cast from updated lightweight alloys, which caused a number of problems with the use of the suspension for the SSh-25. Having worked out all the shortcomings of the three-point hitch system for the SSh-25 self-propelled tractor chassis, the rear hydraulic hitch for the T-16MG tractor self-propelled chassis was developed. To transport trailers, the auto-coupling triangle is removed and placed crosswise in ball joints to the right and left cheek on which the coupling device is attached. With frequent replacement of mounted and trailed units, this crossbar can be welded into the lower part of the auto-clutch triangle. The developed rear attachment allows to improve the conditions of use of the T-16MG self-propelled chassis, using the attachment of agricultural implements (one- and two-body plows, cultivators and other machines and tools). The device also allows you to use trailed agricultural machines and implements (rollers, harrows, rakes, dump trailers, and others). Hydraulic mounted equipment allows you to transfer machines and tools from the transport position to the working position and vice versa, ensures the correct position of the working bodies of mounted machines and tools relative to the soil when performing various agricultural works. Reinforced fastening of the attached equipment increases its reliability and allows you to avoid breakdowns that require complex and expensive repairs. For greater strength and to reduce the number of malfunctions of the rear hitch, fastening was added with the help of longitudinal spars, and not only to the rear axle, as was the case with the hitch before the SH-25.

Key words: tractor self-propelled chassis, attached equipment, rear suspension, automatic clutch.

Вступ. У сучасних умовах, поряд з широким поширенням колісних тракторів, повсемірно застосовуються тракторні самохідні шасі, які забезпечують ефективне виконання технологічних процесів у сільському господарстві, овочівництві, тваринництві, особисто селянських та фермерських господарствах. Використовується в комунальному господарстві, дорожньому будівництві та інше. Збільшення кількості і різноманітності навісного обладнання до 200 видів сприяє широкому його застосуванню. У особисто селянських та фермерських господарствах тракторні самохідні шасі агрегатовані з навісними машинами широко використовуються для культивування, посіву з одночасним внесенням добрив, обприскування підживлення культур добривами, прополки міжрядь, збирання урожаю, заготівці сіна, перевезення вантажів, кормів, тощо [1, 2, 3].

Аналіз останніх публікацій. Проведений аналіз публікацій показав, що питання задньої навісної системи для ТСШ останні 30 років не приділялось уваги, останні дослідження проводилися в 70х роках ХХ століття в Харківському заводі тракторних самохідних шасі (ХЗТСШ). Для тракторного самохідного шасі СШ-25 (рис. 1) [4, 5] була розроблена навісна система, але поширення вона не знайшла через недосконалість. В Україні в Харківському національному автомобільно-дорожній університеті та Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» проводиться дослідження роботи по модернізації ТСШ, опубліковані наукові статті за кордоном і в Україні в 2023 році проведений захист дисертації на дану тему [2].

Мета та постановка завдання дослідження. Метою є модернізація задньої навісної системи ТСШ – Т-16МГ, що дозволить ефективно використовувати його при роботі з різними навісними агрегатами, що дуже важливо для особистих селянських та фермерських господарств.

Обґрунтування необхідності модернізації навіски. На (рис. 1) представлена трьохточечна навісна система яка розроблена для тракторного самохідного шасі СШ-25, у якого корпус заднього мосту був виготовлений з чавуна, але широкого застосування вона не знайшла, через складну конструкцію навішування. Також ця навіска була розрахована на незначні навантаження, які виникали з нечисленними навісними знаряддями. В самохідному шасі Т-16МГ корпус заднього мосту відлитий з оновлених полегшених сплавів що викликало ряд проблем з застосуванням старої навіски. Кількість навісних знарядь виросло до декількох десятків, а навантаження на навісну систему виросли [3].

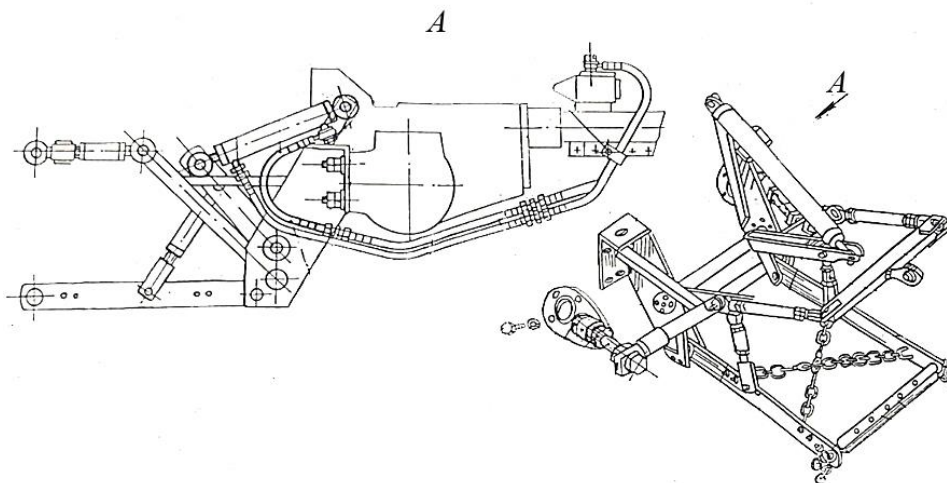


Рис. 1 – Навіска для СШ-25

Опрацювавши всі недоліки трьохточечної навісної системи для самохідного шасі СШ-25, було розроблено креслення (рис. 2) заднього робочого навісного обладнання для тракторного самохідного шасі Т-16МГ, в склад якого входять продольні тяги, два гідроциліндри та регульовальні винти застосовані через те що двигун внутрішнього згоряння розташований ззаду. Марка циліндру ЦГ28×250×410.

Для транспортування причепів трикутник автозчеплення знімається і ставляться кульові шарніри до правої і лівої шок, та поперечина на яку кріпиться зчепний пристрій. При частій заміні навісних та причепних агрегатів ця поперечина може вварюватися в нижню частину трикутника автозчеплення. Нова конструкція дозволяє значно збільшити кількість навісного обладнання яке може встановлюватися на тракторне самохідне шасі.

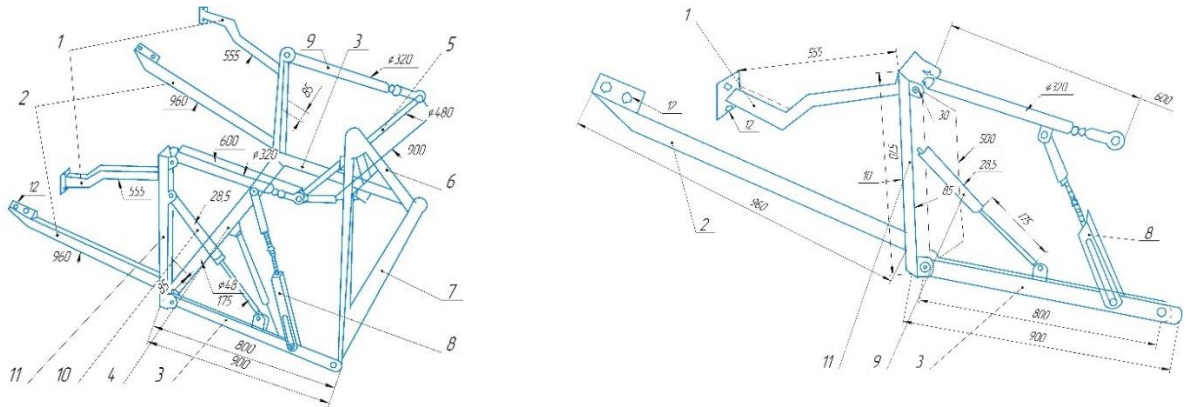


Рис. 2 – Розроблена задня навіска для ТСШ-16МГ:

1 – Кронштейни кріплення навісної системи до заднього мосту ТСШ; 2 – Повздовжні розпорні кронштейни кріплення навісної системи до лонжеронів полурами (остова) ТСШ; 3 – Нижні повздовжні тяги (шоки) навісної системи з кульовими шарнірами; 4 – Нижня вісь кріплення нижніх повздовжніх тяг (шок); 5 – Верхня вісь кріплення трикутника верхньої точки автозчеплення; 6 – Трикутник автозчеплення; 7 – Поперечина трикутника автозчеплення; 8 – Вертикальні розкоси; 9 – Горизонтальні розкоси; 10 – Гідроциліндри; 11 – Вертикальні тяги навісної системи.

Для більшої міцності та зменшення кількості несправностей задньої навіски було додане кріплення за допомогою продольних лонжеронів, а не тільки до заднього мосту, як це було на навісці до СШ-25 (рис.3). Це призвело до відсутності проблеми послаблення гайок кріплення навіски, покращення установки навіски, та покращенню фіксації навіски.

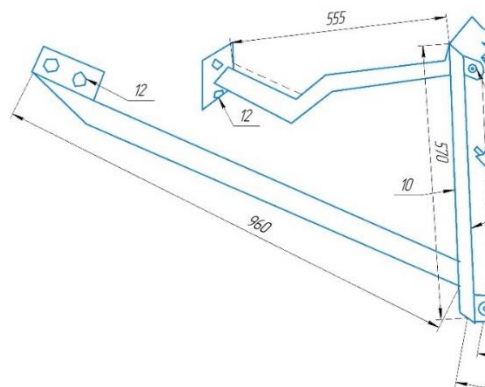


Рис. 3 – Продольні тяги для кріплення навіски до ТСШ

Одним з основних плюсів розробленої задньої навіски тракторного самохідного шасі є встановлення автозчеплення. Розглядаючи конструкцію задньої навіски універсальної, можна побачити що вона дозволяє встановлювати різні навісні механізми і знаряддя, але має один недолік - для установки обладнання трактористу потрібно залишити кабінку, іноді користуватися помічниками, і завжди витратити деякий час на непотрібну роботу. Вирішенням проблеми є автоматичне зчеплення яке встановлено на новій навісці. Для роботи з навісною системою застосовано гідросистему яка здійснює підйом та опускання [6]. Розроблена задня навіска дозволяє поліпшити умови використання самохідних шасі Т-16МГ, застосовуючи навішування сільгоспзнарядь (одно - і двокорпусні плуги, культиватори та інші машини і знаряддя). Пристрій також дозволяє застосовувати причіпні сільгоспмашини і знаряддя (катки, борони, граблі, самоскидний причіп та інші). Цей пристрій дозволяє переводити машини і

знаряддя з транспортного положення в робоче і навпаки, забезпечуючи правильне положення робочого органу встановлених машин і знарядь відносно землі під час виконання різних сільськогосподарських робіт. Недеформоване ТСШ може мати навісні системи, які дозволять здійснювати фронтальну (передню), міжвісьову (середню) і задню навіски для машин і знарядь. Можливо поєднання декількох навісок (рис. 4). В останньому випадку підвищується універсальність ТСШ, підвищується його продуктивність.

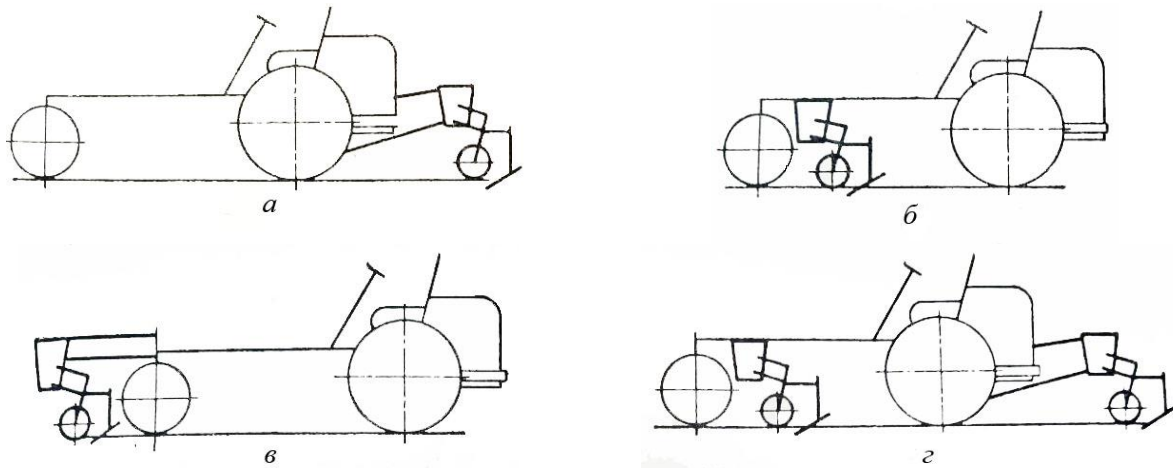


Рис. 4 – Схеми розміщення машин на самохідному шасі:

а – задня навіска; *б* – міжвісьова (середня) навіска; *в* – фронтальна навіска (передня); *г* – ешелювана навіска

Тракторне самохідне шасі є найбільш зручним енергетичним засобом для ешелюваної навіски сільськогосподарських машин і знарядь й, на відміну від трактора, дозволяє фронтальну, міжвісьову і задню навіски. При цьому зберігається оглядовість машин, навішених спереду, в міжвісьовій зоні і позаду ТСШ.

Поєднання операцій є перспективною формою сільськогосподарських технологій, яку необхідно розвивати, використовуючи ТСШ в якості енергетичної бази. Збільшення ширини захвату машин задньої навіски обмежено умовами збереження стійкості та керованості ТСШ. При наявності задньої навісної системи і валу відбору потужності ТСШ може агрегатуватися з машинами колісного трактора такого ж класу. В якості противаги навісних машин в транспортному положенні на ТСШ можливо використовувати навісну платформу. В такому вигляді ТСШ може виконувати з більшою універсальністю функції колісного трактора.

Розміщення навісної машини задається в загальному вигляді і визначається координатами центра ваги робочих органів і опорного колеса. Для задньої навіски – координати позитивні, для передньої (фронтальної) і середньої (міжвісьової) навісок вони враховуються з від'ємним знаком. Спосіб регулювання робочих органів описується рівнянням балансу зовнішніх сил, які діють на навісну машину: при висотному способі регулювання машина врівноважена відносно віртуальної точки навісної машини з опорними колесами (наявність нормальних реакцій на опорних колесах). Відсутність опорної реакції характерно для силового і позиційного способу регулювання. При ешелюваній навісці враховують силовий вплив всіх навісних машин. Поєднання декількох навісок дозволяє застосовувати ешелюване агрегування, характерне для виконання сумісних операцій. Підвищується в цьому випадку і продуктивність ТСШ на транспортних роботах за рахунок агрегування одночасно з навісною платформою і причепом. Гідравлічна система для задньої навісної системи роздільно-агрегатного типу з уніфікованими агрегатами (насос НШ-10С, розподільник Р75В2 і два виносних гідроциліндра діаметром 32 мм і найбільшим зусиллям на штоку 640 кгс). Універсальна задня гідронавісна трьохточечна система дозволить агрегувати їх з машинами для колісного трактора класу 0,6.

В практиці конструювання навісних сільськогосподарських агрегатів виконують, орієнтуючись на трактори, більшість навісних ґрунтообробних та посівних машин мають

навісні опорні колеса для забезпечення постійності глибини обробки висіву. Що стосується ТСШ, то робота з навісними агрегатами допустима при умові його агрегаткування з навісною платформою, яка використовується в якості противаги.

Застосування гідронавісної системи з силовим регулюванням дозволяє підвищити тягові якості ТСШ. При силовому регулюванні, як і при жорсткому закріпленні машини, необхідна рівномірність глибини обробки часто не витримується, через це розповсюдженні навісні машини з копіювальними облаштуваннями у вигляді опорних коліс. У цьому випадку гідронавісна система ТСШ відіграє роль гідропід'ємника (висотний спосіб регулювання).

Для теоретичної оцінки тягового зусилля ТСШ під час застосування гідравлічної задньої навісної системи при висотному способі регулювання достатньо проаналізувати рівняння реакцій на колеса ТСШ. При визначенні динамічного впливу навісної машини на ТСШ прийнято, що точка прикладення рівнодіючих реактивного опору ґрунту O_1 (рис. 5) знаходиться приблизно в вертикальній площині, яка проходить через цент ваги машини та в зоні дії робочих органів.

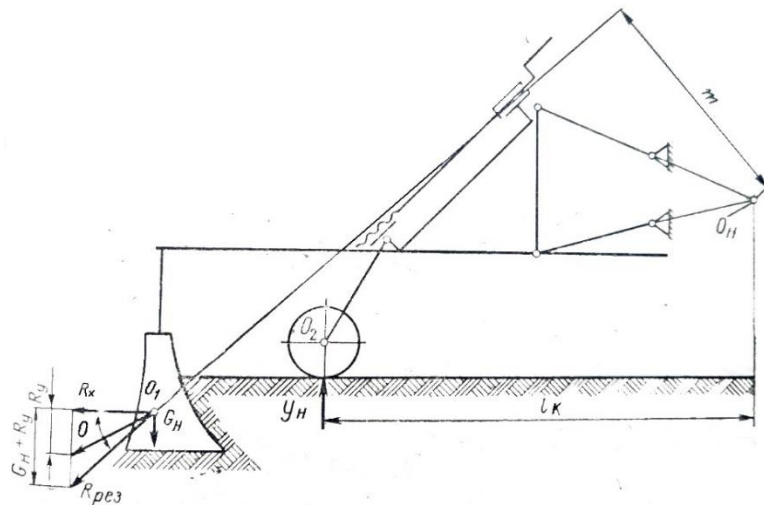


Рис. 5 – Схема сил, діючих на навісну машину з опорними колесами в процесі роботи
Величину нормальної реакції на опорні колеса визначають з умови її рівноваги відносно віртуальної точки зачеплення O_H (миттєвого центру ваги).

$$Y_H = \frac{R_{рез} \cdot m}{L_k}$$

де L_k – відстань від O_H до центру опорного колеса (O_2); $R_{рез}$ – результативна реакція; m – відстань від лінії $R_{рез}$ до O_H .

Для цього способу агрегаткування сумарна вертикальна реакція на колеса ТСШ за рахунок силового впливу машини більше його ваги. Для дозавантаження ведучих коліс ТСШ в цілому за рахунок впливу навісних машин для способу агрегаткування, який розглядається при відсутності корегувальних пристроїв відносно невелика.

Висновки. Відповідно для ТСШ необхідно мати декілька способів навішування, інакше у зв'язку з великою працездатністю міжвісьової навіски їх універсальність буде суттєво знижуватися у порівнянні з трактором.

Модернізована задня навіска в декілька разів збільшує можливості тракторного самохідного шасі Т-16МГ для користувача, а саме:

1. Розроблене заднє гідравлічне навісне обладнання дозволяє збільшити кількість навісних та причіпних машин до 200 видів.
2. Посилене кріплення навісного обладнання підвищує його надійність та дозволяє уникнути поломок які потребують складних та дорогих ремонтів.
3. Встановлення автозчеплення дозволяє швидко встановити найрізноманітніше навісне обладнання.
4. Гідравлічне навісне обладнання дозволяє переводити машини і знаряддя з транспортного положення в робоче і навпаки, забезпечує правильне положення

робочих органів навісних машин і знарядь відносно ґрунту при виконанні різних сільськогосподарських робіт. 5. В результаті силового впливу машини на зміну нормальних реакцій ТСШ незначне. При цьому сила ваги навісної машини і вертикальна складова реактивного опору ґрунту приймається в основному опорною площиною її коліс. 6. Таким чином, якісна складова розподілу навантажень в ТСШ зберігається і для агрегатів на його базі з найбільш розповсюдженим висотним способом глибини обробки ґрунта. 7. Для кожного конкретного випадку агрегування величина розподілу нормальних реакцій розраховується з урахуванням характеристик навісних машин.

Список літератури:

1. Подригало М. А., Краснокутський В. М. (2024). Вплив причіпних ланок на керованість тракторних самохідних шасі. Вісник машинобудування та транспорту, 19(1), 109–114.
2. Закапко О. Г. Поліпшення агрегатованості і маневреності тракторних самохідних шасі використанням переднього поворотного мосту : дис. д-ра філософії : спец. 274 Автомобільний транспорт, 27 Транспорт / О. Г. Закапко, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 2023. – 170 с.
3. Mikhail Podrigalo, Volodymyr Krasnokutskiyi, Olexander Zakapko Improvement of aggregation techniques of universal self-propelled chassis by using folding frames SKOPUS, 20th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 20, May 26-28, 2021. – 7с.
4. Лібцис С.С., Лебединський Г.В., Подригало А.І. Нові компоновальні схеми вітчизняних та іноземних промислових самохідних шасі. 65 с.
5. Детистов Ф.М., Чурбанов І.С., Серов В.І. Самохідні шасі вітчизняних та іноземних конструкцій. 74 с
6. Аврунін Г.А. Гідравлічне обладнання будівельних і дорожніх машин: навчальний посібник / (А. Г. Аврунін, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов); під ред. Г. А. Авруніна. - Харків: ХНАДУ, 2012. - 464 с.

References (transliterated):

1. Podryhalo M. A., Krasnokutskiyi V. M. . (2024). Vplyv prychipnykh lanok na kerovanist traktornykh samokhidnykh shasi. Visnyk mashynobuduvannya ta transportu, 19(1), 109–114..
2. Zakapko O. H. Polipshennia ahrehatovanosti i manevrenosti traktornykh samokhidnykh shasi vykorystanniam perednoho povortnoho mostu : dys d-ra filosofii : spets. 274 Avtomobilnyi transport, 27 Transport / O. H. Zakapko, Kharkiv. nats. avtomob.-dor. un-t. – Kharkiv, 2023. – 170 s.
3. Mikhail Podrigalo, Volodymyr Krasnokutskiyi, Olexander Zakapko Improvement of aggregation techniques of universal self-propelled chassis by using folding frames SKOPUS, 20th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 20, May 26-28, 2021. – 7с.
4. Libtys S.Ie. Pro samokhidni shasi dlia ovochivnytstva. – «Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva» №12, s. 47-48.
5. Detystov F.M., Churbanov I.S., Sierov V.I. Samokhidni shasi vitchyznianskykh ta inozemnykh konstruksii. 74 s
6. Avrunin H.A. Hidravlichne obladnannia budivelnykh i dorozhnykh mashyn: navchalnyi posibnyk / (A. H. Avrunin, I. H. Kyrychenko, V. B. Samorodov); pid red. H. A. Avrunina. - Kharkiv: KhNADU, 2012. - 464 s

Надійшла (received): 25.09.2024 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Подригало Михайло Абович (Podryhalo Mykhailo) – доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри технології машинобудування та ремонту машин; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-5219>; e-mail: pmikhab@gmail.com.

Краснокутський Володимир Миколайович (Krasnokutskiyi Volodymyr) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри автомобіле- і тракторобудування; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9484-4113>; e-mail: hvukvn62@gmail.com.

Пелипенко Євген Сергійович (Pelypenko Yevhen) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- і тракторобудування; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8988-791X>; e-mail: pelipenkoeugene@gmail.com.

Бусилко Олег Анатолійович (Busylko Oleh) Харківський Національний університет Повітряних Сил, старший викладач кафедри аеродромно-технічного забезпечення авіації інженерно авіаційного факультету; м. Харків; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9642-9870>; e-mail: obusilko@ukr.net.