

Голотюк М.В.

Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна,
E-mail: m.v.holotjuk@nuwm.edu.ua,

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ХОДОВИХ СИСТЕМ ГУСЕНИЧНИХ ТРАКТОРІВ

УДК 656.13:681.3

У статті проаналізовано напрямки удосконалення ходових систем гусеничних тракторів. Наведені відомі конструктивні рішення та узагальнено основні напрямки подальших досліджень.

Ключеві слова: гусеничний рушій, удосконалення, конструкція, прохідність, тягова характеристика.

Постановка проблеми. На даний час гусеничними рушіями оснащено понад чверть усіх транспортно-технологічних машин [1]. Даний тип рушія добре зарекомендував себе за умови роботи машин, зокрема тракторів сільськогосподарського призначення, на полях із складним рельєфом, перезволожених ґрунтах.

Гусеничний рушій почали застосовувати ще у 19-му столітті. Конструкція рушія остаточно була розроблена на початку 20-го століття, коли було встановлено переваги гусеничного рушія над колісним. Паралельно з цим формується концепція напівгусеничних рушіїв (комбінування коліс із гусеницями та лиж із гусеницями).

Гусеничні рушії мають різні конструктивні виконання. До складу рушіїв входять гусениці, ведуче колесо (зірочка), напрямне колесо, роликі підтримуючі, опорні котки, які встановлені на рамі на спеціальних каретках, що часто оснащують амортизаторами.

Вага трактора, оснащеного гусеничним рушієм, передається через підвіску на опорні котки та гусениці й далі на ґрунт. Ведучі колеса обертаються та приводять у рух гусеничні ланцюги, по внутрішній стороні яких перекочуються опорні котки з несучою системою машини. По мірі перекочування опорних котків задні ланки (траки) гусеничного ланцюга переходять на верхню вітку гусениці, а далі знову вступають у контакт з поверхнею опорної основи, що розташована під передньою частиною машини.

Недоліками гусеничних рушіїв є: швидке зношування деталей тертя (провушини, пальці); злам траків за умови нерівномірного навантаження; потрапляння камінців між гусеницями та котками.

Особливе місце у виконанні технологічних операцій гусеничними машинами відводиться забезпеченню прохідності, плавності ходу і поворотності. Аналіз напрямків вирішення цих завдань та усунення вищезначених недоліків дозволить обґрунтувати концепцію удосконалення конструкції гусеничних рушіїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах А.С. Антонова, Е. Д. Львова, Д. К. Карельских, Н. А. Забавнікова, В.В. Гуськова, М. К. Кристі, В. Ф. Платонова, Аніловича В.Я., Водолажченко Ю.Т. [2-9] викладено основи теорії гусеничного рушія, висвітлено питання взаємодії рушія з ґрунтом. Теоретичні питання роботи гусеничного рушія, їхньої довговічності розглянуто в роботі В.Я. Аніловича [9]. Автором висвітлено динаміку взаємодії гусениць з напрямними і опорними котками, ведучим колесом.

У [9] автором доведено, що на сучасному етапі використання гусеничних машин у будівельних машинах, машинах для земляних робіт і сільськогосподарських машинах є переважним над використанням колісних.

У табл. 1 наведено результати відомих досліджень ущільнення ґрунту після проходу трактора з різними типами рушіїв [6].

Результати відомих досліджень ущільнення ґрунту після
 проходження трактора з різними типами рушіїв [6]

Машина, яка розглядалась	Кратність впливів	Щільність ґрунту $\times 10^3$ кг/м ³ у шарі ґрунту, см			Показник впливу, кН/м
		0–10	10–20	20–40	
Без ущільнення	0	1,31	1,45	1,5	–
ДТ–75	1 3	1,35–1,40	1,48–1,49	1,52–1,52	112–165
Т–150К	1 3	1,38–1,41	1,48–1,49	1,54–1,54	184–270
К–700	1 3	1,38–1,44	1,52–1,52	1,56–,56	240–354

Бачимо, що максимальний тиск на ґрунт гусеничних тракторів знаходиться в межах 0,04–0,06 МПа, для колісних він становить 0,154–0,240 МПа.

Дослідженню гусеничних машин з гумовоармованими гусеницями, оцінюванню їхнього впливу на ґрунт, в порівнянні з металевими присвячено роботи [10,11].

З аналізу чинних досліджень випливає, що створення гусеничного рушія який є довговічним, має високу прохідність та маневреність є актуальним науково-технічним завданням.

Мета роботи. На основі аналізу відомих досліджень і новітніх конструктивних рішень встановити основні напрямки розвитку конструкцій гусеничних рушіїв.

Виклад основного матеріалу. Згідно досліджень [12–15] одним із напрямків розвитку конструкцій гусеничних тракторів, яке направлено на зменшення ущільнюючої дії на ґрунт є застосування гумоармованих гусениць.

У даний час багато закордонних фірм розширюють ринки збуту тракторів, комбайнів, та інших технічних засобів, обладнаних ходовими системами з гумоармованими гусеницями (рис. 1, 2). Це пов'язано з тим, що застосування цих машин призводить до зниження на 25-35% родючості ґрунту через його переущільнення. В той же час ущільнення ґрунту звичайними ланцюговими гусеницями призводить до зменшення урожаю, в середньому, на 40-45% [24].



Рис.1 – Трактор 150ТГ 1040А сільськогосподарський(Агромаш)

Дослідження [13] машин на гумовоармованих гусеницях виявили їхні переваги перед металогусеничним рушієм: зростає надійність гусеничної ходової системи та машини вцілому; ресурс до граничного стану гумовоармованих гусениць у порівнянні з металевими у 4,5 рази більший; напрацювання на відмову зростає у 3...4,7 рази; зменшується максимальний тиск на ґрунт; коефіцієнт нерівномірності розподілу тиску ходової системи з гумовоармованими гусеницями у 1,7...2,02 рази нижчий, ніж з металевими.

Наряду з перевагами застосування гусеничних рушіїв із гумовоармованими гусеницями веде до зростання маси машини, що потребує збільшення потужності на її переміщення. Ряд відомих нових конструктивних рішень [16-17] спрямовано на підвищення прохідності тракторів із гусеничними рушіями. Розглянемо деякі з них.

Хрустальов Є.М. та ін. [16] запропонували вирішити дану проблему за рахунок збільшення опорної поверхні кожної гусениці шляхом збільшення ширини на основах з низькою несучою здатністю, надання скосів опорної поверхні траків на краях гусениць (рис. 2).

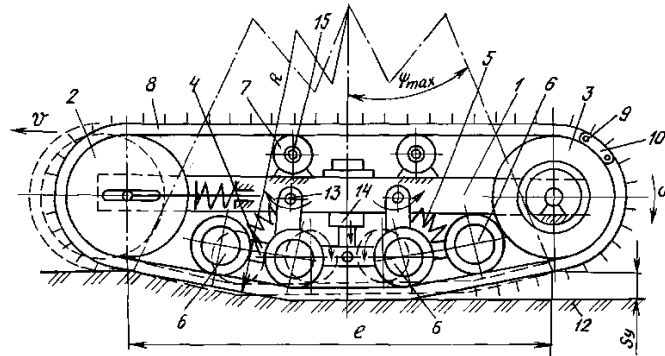


Рис. 2 – Схема гусеничного рушія збільшеної прохідності [16]:

- 1 – рама, 2 – направляюче колесо, 3 – колесо кінцевої передачі, 4 – каретка, 5 – амортизатор, 6 – опорні катки, 7 – підтримуючі ролики, 8 – гусениці, 9 – пальці траків, 10 – траки, 11 – бічна відбортовка траків, 12 – ґрунт, 13 – осі рами, 14 – силові циліндри

На підвищення прохідності трактора з гусеничним рушієм спрямоване технічне рішення, запропоноване Городецьким К.І. [17]. Автором запропоновано вирішення даної задачі за рахунок: вирівнювання навантаження, діючого від котків ходової системи на опорну поверхню гусениці від дії реактивного моменту на корпус кінцевої передачі під час дії сили тяги; зменшення динамічних навантажень елементів трактора шляхом збільшення діаметру ведучого колеса і збільшення кута охоплення ведучого колеса, що забезпечує зачеплення більшої кількості зубців колеса з гусеницею. На рис. 3 подано схему запропонованого технічного рішення.

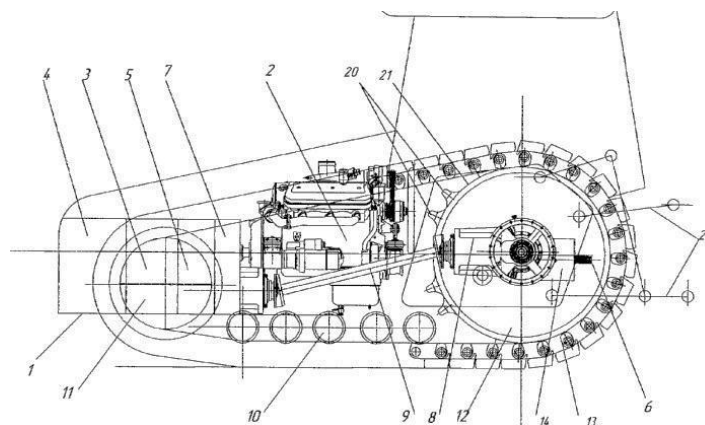


Рис. 3 – Схема компонування основних вузлів гусеничного трактора [17].:

- 1 – остов трактора; 2 – двигун; 3 – муфта зчеплення; 4 – коробка передач; 5 – розподілювач потоку потужності; 6 – задній вал відбору потужності; 7 – механізм повороту; 8 – редуктор кінцевої передачі; 9 – карданні вали; 10 – опорні котки; 11 – передні колеса; 12 – ведучі опорні задні колеса; 13 – гусенична стрічка; 14 – редуктор; 15 – важель; 16 – важель регульований; 17 – важель; 18 – гідроциліндр; 19 – пружний елемент; 20 – ведучі зубці на колесах; 21 – зони циліндричної поверхні на колесах; 22 – з'ємний баласт; 23 – вузол для навішування робочого обладнання

Заслужують уваги технічні рішення, запровадження яких дозволяє забезпечити більш рівномірний тиск на ґрунт з метою зменшення ущільнюючого впливу і підвищення їхніх тягово-зчіпних якостей.

Досягти даного технічного результату можна, зокрема шляхом застосування ходової системи з трикутною формою гусеничного обводу (рис. 4).



Рис. 4 – Гусеничний трактор Агромаш-Руслан

Оригінальне компонування з трикутною формою гусеничного обводу дозволяє працювати без балансування трактора та забезпечувати високі тягові зусилля, навісоздатність та рівномірний тиск на ґрунт.

З метою вирішення задачі рівномірного розподілу маси трактора по осям опорних елементів та підвищення плавності ходу Подусов В.А. і Рульов В.Н. [18] запропонували конструкцію ходової частини гусеничного транспортного засобу (рис. 5). Поставлена задача реалізується за рахунок того, що напрямне колесо є опорним і встановлено з опорними котками на двох взаємно урівноважених візках. На іншому візку встановлено опорні елементи, наприклад, напрямне колесо і опорні котки. Обидва возика шарнірно зв'язані з підресореними балансирами, які зв'язані з кінцями торсіонів. Торсіони зв'язані реактивними важелями з механізмом натягу гусеничного обводу.

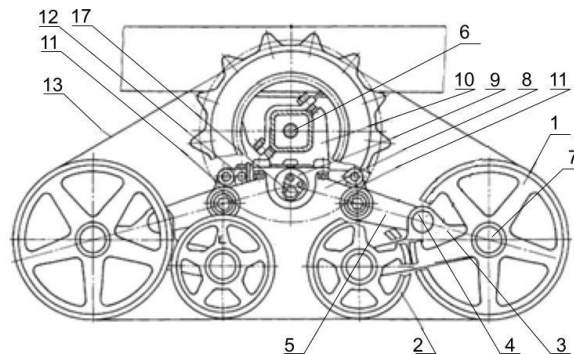


Рис. 5 – Схема гусеничного рушія [18]:

1 – напрямне опорне колесо; 2 – опорні котки; 3 – візок; 4 – шарніри; 5 – балансири; 6 – торсіон; 7 – шарніри ступиці; 8 – двоплечий балансир; 9 – шарнір; 10 – остов; 11 – реактивні важелі; 12 – механізм натягу; 13 – опорний периметр гусениці; 14 – цевки; 15 – шарнір опори остова; 16 – вісь; 17 – болт

Відомою також є конструкція (рис. 6), спрямована на досягнення такого ж технічного результату, але яка має більш просту конструкцію [19].

Нижче розглянемо ще один із напрямків удосконалення гусеничних рушіїв, а саме введення в їхню конструкцію пружних елементів. Враховуючи те, що вантажопідйомність транспортного засобу є змінною, пружне колесо з регульованою жорсткістю дозволяє привести її до оптимальної та зменшити динамічні навантаження на вузли засобу.

Авторами [20] запропоновано конструкцію ведучого колеса гусеничного рушія надійності шляхом спрощення конструкції та розширення функціональних можливостей, яка містить маточину з шарнірно закріпленими основами зубців і упори для обмеження повороту зубців.

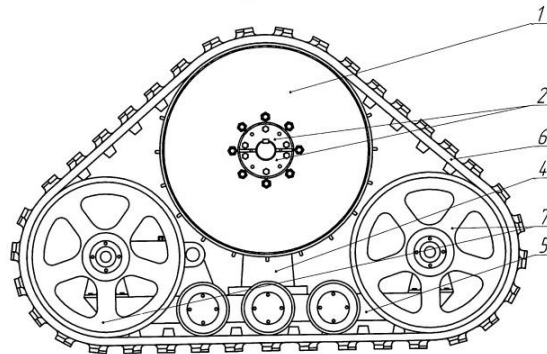


Рис. 6 – Схема гусеничного рушія згідно [19]:

1 – ведуче колесо; 2 – ступиці; 3 – клинові прокладки; 4 – стійка; 5 – опорні котки; 6 – гусениця; 7 – напрямне колесо

Дана конструкція спрямована на зростання надійності, що пояснюється збереженням рівномірного розподілу передачі тягового зусилля по зубцям. Крім того конструкція має додаткову функцію – забезпечує оптимальний натяг гусениці (рис. 7).

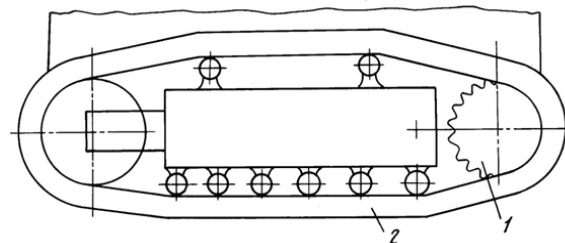


Рис. 7 – Схема ведучого колеса у гусеничному рушії:

1 – ведуче колесо; 2 – гусениця

Авторами [21] запропоновано конструкцію пружного колеса. В основу винаходу покладено технічний результат, що полягає в забезпеченні складання зі зменшенням габаритних розмірів (рис. 8).

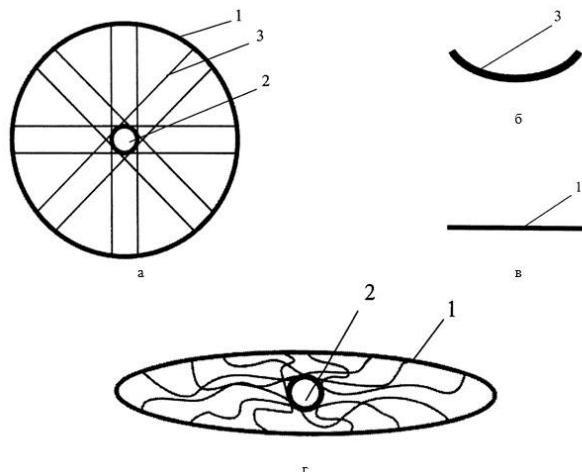


Рис. 8 – Схема пружного колеса згідно [21]:

а – колесо; б – переріз маточини; в – переріз ободу; г – колесо у складеному стані;
1 – обод металевий; 2 – маточина; 3 – спиці

В основу винаходу покладено технічний результат, що полягає в забезпеченні складання зі зменшенням габаритних розмірів (рис. 8). Недоліком відомих конструкцій пружних коліс є те, що вони проектувалися не для гусеничних тракторів, отже, абсолютно не враховують специфіку роботи даного типу машин.

Висновки. Аналіз напрямків розвитку конструкцій ходових систем гусеничних тракторів виявив, що розвиток конструкцій спрямовано на зменшення ущільнюючої дії рушія на ґрунт, підвищення прохідності, плавності ходу та тягово-зчіпних властивостей

машин. Крім того, значна увага приділяється вибору матеріалів для виготовлення гусениць та інших конструктивних елементів. Широкого застосування набувають пружні елементи, зокрема у конструкції ведучих коліс.

Подальші дослідження конструкцій гусеничних рушіїв, на наш погляд, доцільно проводити за наступними напрямками: удосконалення ходової системи з трикутною формою гусеничного обводу, яка може широко застосовуватись для міні тракторів, які працюють на перезволожених ґрунтах; розробка конструкцій гумових пружних елементів для рушія; удосконалення систем натягу та амортизаційних елементів.

Література:

1. Макаров В.С. Обзор существующих конструкций сочлененных гусеничных машин и рекомендации по выбору их параметров / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им Р.Е. Алексеева. 2015. №2(109). С. 170–176.
2. Bekker M.O. Relation ship bet wen sons and Vchicke S.A.E. Quarterly Frans actions, Vol.4. 1950. №3.
3. Забродский В.М., Ходовые системы тракторов [Текст]. /В.М. Забродский – М.: Агропромиздат, 1986.
4. Ксеневиц, Н.П. Ходовая система – почва – урожай [Текст] / Н.П. Ксеневиц, В.А. Скотников, М.И. Ляско. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304с.
5. Танклевский, М.М. Проходимость машин [Текст]. /М.М. Танклевский - Киев, 1990, - 155с.
6. Скотников, В. А. Проходимость машин [Текст]. /В.А. Скотников – Минск: «Наука и техника», 1982. – 328с.
7. Танклевский, М.М. Энергоэффективные ходовые системы машин торфяного производства: дис. д-ра техн. наук. / М.М. Танклевский –Киев–Калинин, 1983. – 187 с.
8. Воронин, В.А. Основы теории тракторов, автомобилей и самоходных сельскохозяйственных машин [Текст]. /В.А. Воронин – Благовещенск, 1981. – 69с.
9. Анилович В.Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов/ В.Я Анилович, Ю.Т. Водолаженко: Справочное пособие. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
10. Емельянов, А. М. Пути снижения техногенного воздействия гусеничных движителей уборочных машин на переувлажненные почвы: дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 /А.М. Емельянов. – Благовещенск, 1997. – 250 с.
11. Злобин, Е. В. Исследование тягово-сцепных свойств движителя с резиноармированными гусеницами в условиях Дальнего Востока: дисс. анд. техн. наук: 05.20.01. /Е.В. Злобин – Благовещенск, 2006. – 134 с.
12. Лапик В.П. Исследование жесткости резиноармированной гусеничной ленты гусеничного движителя/ В.П. Лапик, И.П. Адылин//Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. - Брянский государственный аграрный ун-т № 1(14). – 2015. – С. 87-93.
13. Ходовые системы сельскохозяйственных тракторов. М.: Тр. НПО НАТИ, 1991. 139с.
14. Канделя М. В. Система ходовая с резиноармированной гусеницей фрикционного зацепления/ М. В. Канделя, В. Л. Земляк, П.А. Шилько, В.А. Сенников//Вестник Приамурского государственного ун-та им. Шолом- Алейхма, №2 (19). – С. 1-7.
15. Рябченко В.Н. Проблемы и перспективы совершенствования гусеничной ходовой системы бч мобильных уборочно-транспортных машин/ В.Н.Рябченко, М.В. Канделя, А.М. Емельянов. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru>
16. Пат. России, МПК В62055/30. Способ повiшення проходи мости ґрунтового и торфяного основания под. гусеничным движителем и устройство гусеничного движителя / Хрусталева Е.Н., Хрусталева И.Е.; заявитель и патентодержатели Хрусталева Е.Н., Хрусталева И.Е.; заявл. 18.03. 1008; опубл. 20.12.2009. Бюл. № 12.

17. Пат. России, МПК В63D55/08. Гусеничный трактор/Городецкий К.Н.; заявитель и патентодержатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет "МАМИ"; заявл. 28.04.2006; опубл. 27.07.2007.
18. Пат. 2354579 России, МПК В62D 55/08. Ходовая часть гусеничного транспортного средства/Подусов В.А., Рулев В.Н.; заявитель и патентодержатель Открытое акционерное общество «Харьковский тракторный завод им. Орджоникидзе»; заявл. 12.08.2008; опубл. 15.09.2009. Бюл. № 9.
19. Пат. 2441795 России, МПК В62D55/12. Сменный гусеничный движитель трактора/Белюсов А.В., Ведринский О.С., Бабанин Н.В., Поливаев О.И.; заявитель и патентодержатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего аграрный университет имени императора Петра I" (ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ); заявл. 10.10.210; опубл. 12.11 211.
20. Пат. 2491175 России. Колесо транспортного средства/И.А. Кудрявцев, Ю.С. Андрианов, А.И. Кудрявцев и др.; заявитель и владелец Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Марийский государственный технический университет (RU); заявл. 29.12.2011; опубл. 27.08. 2013.
21. Пат. 2025380 России. Ведущее колесо гусеничного движителя/В.Н. Кабаков, Н.А. Миронов; заявитель и владелец ПО «Чебоксарский завод промышленных тракторов»; заявл. 17.04.1991; опубл. 30.12. 1994.

Summary

Holotiuk M. Research of constructions of radio systems of graves tractors

The article analyzes the directions of improvement of working systems of crawlers. The research comprises familiar constructive decisions and proposes main directions for further investigations. The work is devoted to the solution of the actual problem in the field of automotive engineering - improving the efficiency of the caterpillar drive of agricultural tractors by reducing mechanical losses in the hinges of caterpillars. Scientific novelty lies in the fact that a technique for studying caterpillar hinges has been developed and an assessment of the nature of the change in torque and the coefficient of friction in the tract-finger-tract system taking into account the real working conditions of the hinge during the operation of the tractor. A general analysis of the efficiency and power losses for friction in a caterpillar tractor is given. The substantiation of a choice of a caterpillar propeller is resulted, the process of external friction and design of caterpillar hinges of different types is analyzed. In addition, the most common equipment and stands used for the research of caterpillar hinges are given and a comparative analysis of advantages and disadvantages is given to them.

Keywords: crawler, improvement, construction, passage of tractor, traction characteristics.

References

1. Makarov. V.S. Obzor sushestvuyushih konstrukcij sochlenennyh gusenichnyh mashin i rekomendacii po vyboru ih parametrov / V.S. Makarov [i dr.] // Trudy NGTU im R.E. Alekseeva. 2015. №2(109). S. 170–176.
2. Bekker M.O. Relation ship bet wen sons and Vchicke S.A.E. Quarterly Frans actions, Vol.4. 1950. №3.
3. Zabrodskij V.M., Hodovye sistemy traktorov [Tekst]. /V.M. Zabrodskij – M.: Agropromizdat, 1986.
4. Ksenevich, N.P. Hodovaya sistema – pochva – urozhaj [Tekst] / N.P. Ksenevich, V.A. Skotnikov, M.I. Lyasko. – M.: Agropromizdat, 1985. – 304s.
5. Tanklevskij, M.M. Prohodimost mashin [Tekst]. /M.M. Tanklevskij - Kiev, 1990, - 155s.

6. Skotnikov, V. A. Prohodimost mashin [Tekst]. /V.A. Skotnikov – Minsk: «Nauka i tehnika», 1982. – 328s.
7. Tanklevskij, M.M. Energoeffektivnye hodovye sistemy mashin torfyanogo proizvodstva: dis. d-ra tehn. nauk. / M.M. Tanklevskij –Kiev–Kalinin, 1983. – 187 s.
8. Voronin, V.A. Osnovy teorii traktorov, avtomobilej i samohodnyh sel'skohozyajstvennyh mashin [Tekst]. /V.A. Voronin – Blagoveshensk, 1981. – 69s.
9. Anilovich V.Ya. Konstruirovaniye i raschet sel'skohozyajstvennyh traktorov/ V. Ya Anilovich, Yu.T. Vodolazhchenko: Spravochnoe posobie. – 2-e izd., pererabot. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 456 s.
10. Emelyanov, A. M. Puti snizheniya tehnogenogo vozdeystviya gusenichnyh dvizhitelej uborochnykh mashin na pereuvlazhnennye pochvy: dis. d-ra tehn. nauk: 05.20.01 /A.M. Emelyanov. – Blagoveshensk, 1997. – 250 s.
11. Zlobin, E. V. Issledovanie tyagovo-scepykh svoystv dvizhitelya s rezinoarmirovannymi gusenitsami v usloviyah Dalnego Vostoka: diss. and. tehn. nauk: 05.20.01. /E.V. Zlobin – Blagoveshensk, 2006. – 134 s.
12. Lapik V.P. Issledovanie zhestkosti rezinoarmirovannoy gusenichnoy lenty gusenichnogo dvizhitelya/ V.P. Lapik, I.P. Adylin//Konstruirovaniye, ispolzovaniye i nadezhnost mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya. - Bryanskij gosudarstvennyy agrarnyy un-t № 1(14). – 2015. – S. 87-93.
13. Hodovye sistemy sel'skohozyajstvennyh traktorov. M.: Tr. NPO NATI, 1991. 139s.
14. Kandelya M. V. Sistema hodovaya s rezinoarmirovannoy gusenicej frikcionnogo zacepleniya/ M. V. Kandelya, V. L. Zemlyak, P.A. Shilko, V.A. Sennikov//Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo un-ta im. Sholom- Alejhma, №2 (19). – S. 1- 7.
15. Ryabchenko V.N. Problemy i perspektivy sovershenstvovaniya gusenichnoy hodovoy sistemy bch mobilnykh uborochno-transportnykh mashin/ V.N. Ryabchenko, M.V. Kandelya, A.M. Emelyanov. Elektronnyy resurs: <https://cyberleninka.ru>
16. Pat. Rossii, MPK V62055/30. Sposob povsheniya prohodi mosti gruntovogo i torfyanogo osnovaniya pod gusenichnym dvizhitelem i ustrojstvo gusenichnogo dvizhetelya / Hrustalev E.N., Hrustaleva I.E.; zayavitel i patentoderzhately Hrustalev E.N., Hrustaleva I.E.; zayavl. 18.03.1008; opubl. 20.12.2009. Byul. № 12.
17. Pat. Rossii, MPK V63D55/08. Gusenichnyy traktor/Gorodeckij K.N.; zayavitel i patentoderzhatel Gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshogo professionalnogo obrazovaniya Moskovskij gosudarstvennyy tehnikeskij universitet "MAMI"; zayavl. 28.04.2006; opubl. 27.07.2007.
18. Pat. 2354579 Rossii, MPK V62D 55/08. Hodovaya chast gusenichnogo transportnogo sredstva/Podusov V.A., Rulev V.N.; zayavitel i patentoderzhatel Otkrytoe akcionernoe obshchestvo «Harkovskij traktorny zavod im. Ordzhonikidze»; zayavl. 12.08.2008; opubl.15.09.2009. Byul. № 9.
19. Pat. 2441795 Rossii, MPK V62D55/12. Smennyj gusenichnyj dvizhitel traktora/Belousov A.V., Vedrinskij O.S., Babanin N.V., Polivaev O.I.; zayavitel i patentoderzhatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshogo agrarnyy universitet imeni imperatora Petra I" (FGBOU VPO Voronezhskij GAU); zayavl.10.10.210; opubl. 12.11 211.
20. Pat. 2491175 Rossii. Koleso transportnogo sredstva/I.A. Kudryavcev, Yu.S. Andrianov, A.I. Kudryavcev i dr.; zayavitel i vladelec Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshogo professionalnogo obrazovaniya Marijskij gosudarstvennyy tehnikeskij universitet (RU); zayavl. 29.12.2011; opubl. 27.08. 2013.
21. Pat. 2025380 Rossii. Vedushee koleso gusenichnogo dvizhetelya/V.N. Kabakov, N.A. Mironov; zayavitel i vladelec PO «Cheboksarskij zavod promyshlennykh traktorov»; zayavl. 17.04.1991; opubl. 30.12. 1994