

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/GZVJ4547>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,189

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***К. К. Абишеев¹, К. Б. Асыллова²**

^{1,2}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: a.kairatolla@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛУГУСЕНИЧНОЙ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

В статье представлены результаты научно-исследовательская работа в рамках госбюджетной НИР АР09258862 «Разработка и исследование многоцелевого транспортного средства». Описана необходимость повышения эффективности использования транспортной техники. Одним из направлений по улучшению показателей работы машин является усовершенствование ходовой системы тягово-транспортных машин. Важное значение имеет также продольная и поперечная устойчивость тягово-транспортной машины.

В качестве объекта исследования выбран полугусеничный движитель, который является комбинацией колёсного и гусеничного движителей. На основе анализа существующих конструкции полугусеничных движителей научным коллективом разработана новая конструкция полугусеничного движителя тягово-транспортной машины. Приводится описание движителя.

Устойчивость тягово-транспортных машин характеризуется их способностью работать на продольных и поперечных уклонах без опрокидывания. Главными критериями устойчивости тягово-транспортной машины против опрокидывания являются характеристики его геометрических параметров и расположение центра масс относительно движителя, определяющие границы статической устойчивости при помощи так называемых предельных углов.

В статье предложены выражения для определения предельного угла продольной устойчивости полугусеничного тягово-транспортной машины. В качестве базы исследуемой полугусеничной тягово-транспортной машины авторами выбран трактор Беларусь 82.1. В результате расчетов предельный угол подъема составил $= 56^\circ$.

Ключевые слова: тягово-транспортная машина, ходовая система, полугусеничный движитель; статическая устойчивость, предельный угол подъема.

Введение

Для эксплуатации в разнообразных условиях созданы тягово-транспортные машины разных типов и конструкций с различными техническими характеристиками. Тип и назначение машины определяют конструкцию его ходовой системы. Тягово-транспортные машины широко используются в сельском хозяйстве, в системе коммунального хозяйства, в строительстве, горнорудной промышленности и геологоразведке.

Одной из задач в транспортной отрасли всегда был вопрос повышения эффективности использования транспортной техники, большую роль в решении которой, принадлежит совершенствованию их ходовых систем [1].

На современных тягово-транспортных машинах применяются ходовые системы с колёсными, гусеничными и полугусеничными движителями. Полугусеничный движитель является комбинацией колёсного и гусеничного движителей. Как правило, гусеничный движитель является ведущим, и устанавливают вместо заднего колеса, а колёсный движитель – передним направляющим [2].

При выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ важное значение имеет продольная и поперечная устойчивость тягово-транспортной машины. Данный показатель важен как с точки зрения безопасности осуществления производственного процесса, так и с точки зрения производительности машинно-тракторных и транспортных агрегатов [3].

Материалы и методы

Начиная с 2021 году коллективом технических кафедр НАО «Торайгыров университет» проводится научно-исследовательская работа в рамках госбюджетной НИР АР09258862 «Разработка и исследование многоцелевого транспортного средства».

В соответствии с календарным планом проекта первоначально проведен анализ существующих конструкции транспортных средств для обоснования и выбора компоновки многоцелевого транспортного средства. В результате проведенной работы научным коллективом разработана конструкция полугусеничного движителя тягово-транспортной машины [4, 5].

Полугусеничный движитель содержит переднее направляющее колесо 1 с механизмом натяжения 2, закрепленное на рычаге 3, который установлен на гусеничной тележке 4. На гусеничной тележке также установлены заднее направляющее колесо 5 и балансирные каретки 6 с опорными катками. Гусеничная тележка 4 связана с остовом транспортного средства 7 с помощью продольного рычага 8. Продольный рычаг 8 одним концом шарнирно крепится к гусеничной тележке 4, а другим – к остову транспортного средства 7 посредством кронштейна 9. В средней части продольного рычага 8 шарнирно закреплены механизм натяжения 2 и пружинный демпфер 10, который связан с остовом транспортного средства посредством кронштейна 11.

Полугусеничный движитель снабжен резиноармированными гусеницами 12, зацепляющийся с ведущим колесом 13. Резиноармированные гусеницы представляют собой монолитные конструкции, армированные стальными тросами 14, завулканизированными в кордовую резиновую ленту. На внутренней стороне гусениц спрофилированы резиновые зубья 15, внутри которых имеются закладные металлические элементы 16.

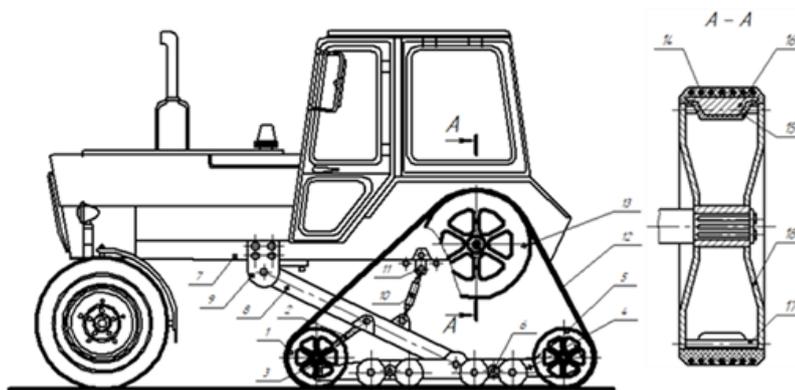


Рисунок 1 – Полугусеничный движитель с резиноармированными гусеницами

Передача крутящего момента осуществляется зацеплением резиновых зубьев с ведущим колесом, которая вместо зубьев имеет поперечные трубы 17 и выполнена в виде двух фланцев 18, жестко соединенных между собой.

Полугусеничный движитель работает следующим образом. Ведущее колесо 13, ось которой укреплена в корпусе транспортного средства, зацепляется с резиноармированными гусеницами 12 и приводит ее в движение. Гусеничная тележка 4 перекачивается опорными катками по нижней ветви гусеничной ленты, лежащей на грунте [6, 7].

Устойчивость тягово-транспортных машин характеризуется их способностью работать на продольных и поперечных уклонах без опрокидывания. В связи с этим различают продольную и поперечную устойчивость тягово-транспортных машин [8].

Продольная устойчивость – это свойство тягово-транспортной машины сопротивляться опрокидывающему движению вокруг поперечной оси опрокидывания. Началу опрокидывания предшествует перераспределение опорных реакций по мостам машины и равенство нулю одной из них. Предельное положение возникает в момент вращения, когда вектор силы тяжести пройдет через ось возможного опрокидывания.

Главными критериями устойчивости тягово-транспортной машины против опрокидывания являются характеристики его геометрических параметров и расположение центра масс относительно движителя, определяющие границы статической устойчивости при помощи так называемых предельных углов. При расположении тягово-транспортной машины на наклонной опорной поверхности, соответствующей одному из предельных углов, возникает опрокидывание под действием только сил тяжести. Если учитывать влияние и других сил, кроме силы тяжести, то следует иметь в виду критические углы, характеризующие начало опрокидывания в рассматриваемом случае [9].

Наибольший угол подъема, на котором тягово-транспортная машина может стоять без опрокидывания, называют предельным статическим углом подъема α_n .

Схема внешних сил, действующих на тягово-транспортную машину, показана на рисунке 1.

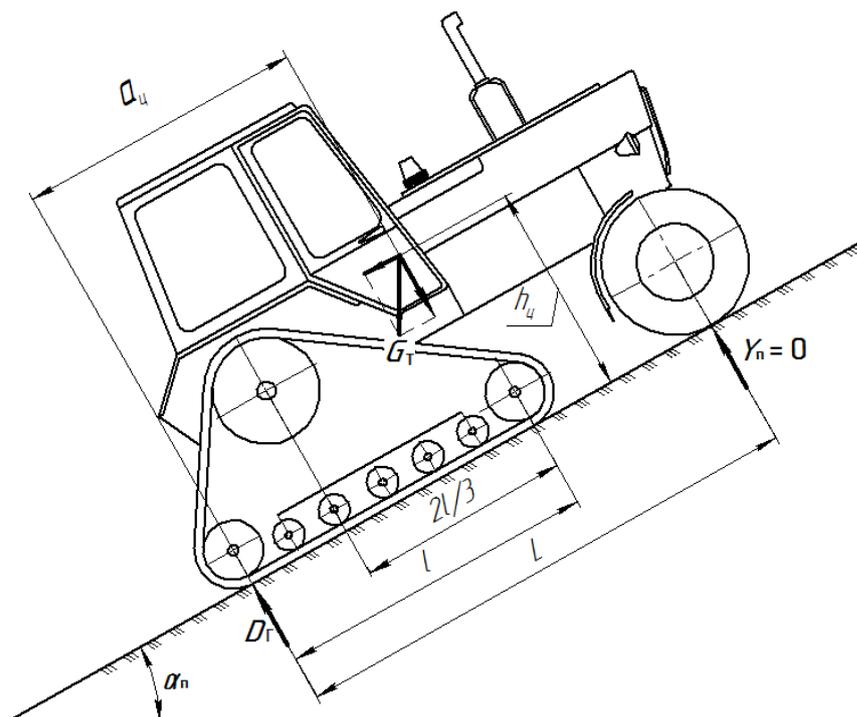


Рисунок 2 – Схема внешних сил, действующих на тягово-транспортную машину на предельном подъеме

В исследуемом полугусеничном движителе гусеничный движитель установлен вместо заднего колеса, а колёсный движитель является передним направляющим. Поэтому продольная устойчивость полугусеничной тягово-транспортной машины определяется положением центра давления D_T . Предельный угол подъема α_n будет соответствовать такому положению, когда центр давления D_T сместится к задней кромке опорной поверхности гусеницы.

Уравнение равновесия моментов, влияющих на устойчивость тягово-транспортной машины можно выразить через выражение

$$M_{\text{опр}} \geq M_{\text{уд}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{опр}}$ – опрокидывающий момент;

$M_{\text{уд}}$ – удерживающий момент.

При этом опрокидыванию соответствует такое поднятие движителя над опорной поверхностью, при котором угол подъема остова достигает предельного значения и дальнейшее его движение в направлении крена под действием силы тяжести и инерции становится необратимым.

Уравнение равновесия моментов относительно центра давления тягово-транспортной машины D_r на подъеме можно записать следующим образом

$$G_T \cdot a_{ц} \cdot \cos \alpha_{п} = G_T \cdot h_{ц} \cdot \sin \alpha_{п}, \quad (2)$$

где G_T – масса тягово-транспортной машины;
 $a_{ц}$ – горизонтальная координата центра тяжести машины;
 $h_{ц}$ – вертикальная координата центра тяжести машины.
 Из выражения (2) получим следующее

$$tg \alpha_{п} = \frac{\sin \alpha_{п}}{\cos \alpha_{п}} = \frac{a_{ц}}{h_{ц}}. \quad (3)$$

При выводе формулы (3) пренебрегаем силами сопротивления движению.

Результаты и обсуждение

В результате обзора материалов публикации ведущих ученых и специалистов в области эксплуатации тягово-транспортных средств и механизации технологических процессов, а также на основании данных, опубликованных в специализированных научно-теоретических изданиях, проведен концептуальный анализ вопроса реализации потенциала эффективности эксплуатации колесных машин. Он показал, что проблема повышения устойчивости на склонах не имеет окончательного решения и остается актуальной.

Проведем расчет продольной устойчивости исследуемой полугусеничной тягово-транспортной машины. В качестве базы нами выбран трактор Беларус 82.1. Некоторые геометрические параметры данного трактора представлены в работе [10].

Горизонтальная и вертикальная координаты центра тяжести тягово-транспортной машины равны соответственно $a_{ц}$ 1430 мм и $h_{ц}$ 965 мм.

Отсюда

$$tg \alpha_{п} = \frac{1430}{965} = 1,482.$$

Предельный угол подъема составил $\alpha_{п} 56^\circ$.

Во многих исследованиях, учебниках и научной литературе приводятся предельные углы продольной устойчивости колесного трактора в пределах $35-40^\circ$. При дальнейшем развитии конструкции трактора, связанное увеличением энергонасыщенности, мощности двигателя, массы трактора и изменением некоторых компоновочных схем, предельные углы продольной устойчивости увеличились до $43-47^\circ$. При использовании полугусеничного движителя, как показывают наши исследования, увеличивается предельный угол продольной устойчивости.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании полугусеничного движителя увеличивается предельный угол продольной статической устойчивости колесной тягово-транспортной машины. В дальнейших исследованиях запланировано провести расчет динамического угла подъема машины, для этого необходимо учитывать силы сопротивления движению.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках грантового финансирования фундаментальных и прикладных научных исследований по научно-техническим проектам на 2021–2023 годы по проекту АР09258862 «Разработка и исследование многоцелевого транспортного средства», финансируемый Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Куляшов, А. П., Колотилин, В. Е. Экологичность движителей транспортно-технологических машин. – М. : Машиностроение, 1993. – 256 с.
- 2 Забродский, В. М., Файнлейб, А. М., Кутин, Л. Н., Уткин-Любовцов, О. Л. Ходовые системы тракторов. Устройство, эксплуатация, ремонт: справочник. – М.: Агропромиздат, 1986. – 271 с.
- 3 Иовлев, Г. А., Бахтерев, А. А., Голдина, И. И. Продольная устойчивость колёсного трактора // Аграрное образование и наука. – 2022. – № 3. – С. 6–19.
- 4 Абишев, К. К., Касенов, А. Ж., Асылова, К. Б. К вопросу выбора конструкции полугусеничного движителя тягово-транспортной машины // Механика и технологии. – 2020. – № 1. – С. 31–38.
- 5 Полугусеничный движитель : Патент на полезную модель РК №5185 / Абишев К. К., Касенов А. Ж., Муканов Р. Б., Асылова К. Б., Қайролла Б. Қ. – Заявлено 30.04.2020; Оpubл. 05.05.2020, Бюлл. № 4. – С. 3.: ил.
- 6 Abishev, K. K., Kassenov, A. Zh., Assylova, K. B. Design Justification of Half-Track Propulsor of Traction and Transport Vehicle // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2021. – P. 434–440.
- 7 Абишев, К. К., Сулейменов, А. Д., Асылова, К. Б. Влияние нормальной жесткости гусеницы на распределение давления по длине резиногусеничного движителя // Наука и техника Казахстана. – 2023. – № 2. – С. 103–112.
- 8 Скотников, В. А., Мащенко, А. А., Солонский, А. С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. – М. : Агропромиздат, 1986. – 383 с.
- 9 Гуськов, В. В. Тракторы, Ч. II. Теория. – Минск : Вышэйшая школа, 1977. – 384 с.
- 10 Голдина, И. И., Несговорцов, А. Г. Анализ и сравнение эксплуатационных свойств тракторов «Беларус» и тракторов ведущих зарубежных фирм // Научно-технический вестник : Технические системы в АПК. – 2019. – № 3. – С. 113–123.

REFERENCES

1 **Kulyashov, A. P., Kolotilin, V. E.** Ekologichnost' dvizhitelej transportno-tekhnologicheskikh mashin [Environmental friendliness of propellers of transport and technological machines]. – Moscow : Mechanical engineering, 1993. – 256 p.

2 **Zabrodsky, V. M., Finleib, A. M., Kutin, L. N., Utkin-Lyubovtsov, O. L.** Hodovye sistemy traktorov. Ustrojstvo, ekspluatatsiya, remont: spravochnik [Tractor running systems. Device, operation, repair: reference]. – Moscow: Agropromizdat, 1986. – 271 p.

3 **Iovlev, G. A., Bakhterev, A. A., Goldina, I. I.** Prodol'naya ustojchivost' kolyosnogo traktora [Longitudinal stability of a wheeled tractor] // Agrarian education and science. – 2022. – № 3. – P. 6–19.

4 **Abishev, K. K., Kasenov, A. Zh., Asylova, K. B.** K voprosu vybora konstrukcii polugusenichnogo dvizhitelya tyagovo-transportnoj mashiny [On the issue of choosing the design of a semi-tracked propulsion traction vehicle] // Mechanics and technology. – 2020. – № 1. – P. 31–38.

5 Polugusenichnyj dvizhitel': Patent na poleznuyu model' RK No 5185 [Semi-tracked propulsion: Utility model patent of the Republic of Kazakhstan № 5185] / Abishev K. K., Kasenov A. Zh., Mukanov R. B., Asylova K. B., Kajrolla B. K. – Declared 30.04.2020; Publ. 05.05.2020, Byul. № 4. – P. 3: ill.

6 **Abishev, K. K., Kassenov, A. Zh., Assylova, K. B.** Design Justification of Half-Track Propulsor of Traction and Transport Vehicle // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2021. – P. 434–440.

7 **Abishev, K. K., Suleimenov, A. D., Assylova, K. B.** Vliyanie normal'noj zhestkosti gusenicy na raspredelenie davleniya po dline rezinogusenichnogo dvizhitelya [The influence of the normal stiffness of the caterpillar on the pressure distribution along the length of the rubber-track mover] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2023. – № 2. – P. 103–112.

8 **Skotnikov, V. A., Mashenskiy, A. A., Solonsky, A. S.** Osnovy` teorii i rascheta traktora i avtomobilya [Fundamentals of the theory and calculation of a tractor and a car]. – Moscow: Agropromizdat, 1986. – 383 p.

9 **Guskov, V. V.** Traktory. II. Teoriya. [Tractors. Part II. Theory]. – Minsk: Higher School, 1977. – 384 p.

10 **Goldina, I. I., Nesgovorov, A. G.** Analiz i sravnenie e`kspluatacionny`x svojstv traktorov «Belarus» i traktorov vedushhix zarubezhny`x firm [Analysis and comparison of operational properties of tractors «Belarus» and tractors of leading foreign firms] // Scientific and Technical Bulletin: Technical systems in agriculture. – 2019. – № 3. – P. 113–123.

Материал поступил в редакцию 05.09.23.

*К. К. Abishev¹, К. В. Assylova²

^{1,2}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 05.09.23.

DETERMINATION OF THE LONGITUDINAL STABILITY OF A SEMI-TRACKED TRACTION AND TRANSPORT VEHICLE

The article presents the results of the research work within the framework of the state-funded research AP09258862 «Development and research of a multipurpose vehicle». The necessity of increasing the efficiency of the use of transport equipment is described. One of the ways to improve the performance of machines is to improve the running system of traction vehicles. The longitudinal and transverse stability of the traction vehicle is also important.

The object of the study is a semi-tracked propulsion, which is a combination of wheeled and tracked propulsion. Based on the analysis of the existing designs of semi-tracked propellers, the research team has developed a new design of a semi-tracked propulsion traction vehicle. The description of the mover is given.

The stability of traction vehicles is characterized by their ability to work on longitudinal and transverse slopes without overturning. The main criteria for the stability of a traction and transport vehicle against overturning are the characteristics of its geometric parameters and the location of the center of mass relative to the mover, which determine the boundaries of static stability using the so-called limit angles.

The article offers expressions for determining the limiting angle of longitudinal stability of a semi-tracked traction and transport vehicle. The authors selected tractor Belarus 82.1 as the base of the investigated semi-tracked traction and transport machine. As a result of calculations, the maximum lifting angle was $\alpha_n = 56^\circ$.

Keywords: traction vehicle, running system, semi-tracked propulsion, static stability, maximum lifting angle.

*Қ. Қ. Абишев¹, Қ. В. Асылова²

^{1,2}Торайғыров университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

Материал 05.09.23 баспаға түсті.

ЖАРТЫЛАЙ ТАРТУ-КӨЛІК МАШИНАСЫНЫҢ БОЙЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ

Мақалада AP09258862 «Көп салалы көлік құралын жобалау және зерттеу» мемлекеттік бюджеттік ҒЗЖ аясындағы ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Көлік техникасын пайдалану тиімділігін арттыру қажеттілігі сипатталған. Машиналардың жұмыс көрсеткіштерін жақсарту бағыттарының бірі тарту-көлік машиналарының жүріс жүйесін жетілдіру болып табылады. Тарту-көлік машинасының бойлық және көлденең тұрақтылығы да маңызды.

Зерттеу нысаны ретінде доңғалақ және шынжыр табанды қозғалтқыштардың комбинациясы болып табылатын жартылай шынжыр табанды қозғалтқыш таңдалды. Қолданыстағы жартылай шынжыр

табанды қозғалтқыштардың құрылысын талдау негізінде ғылыми ұжым тарту-көлік машинасының жартылай шынжыр табанды қозғалтқышының жаңа конструкциясын жобалады. Қозғалтқыштың сипаттамасы келтірілген.

Тарту-көлік машиналарының тұрақтылығы олардың бойлық және көлденең еңістерде аударылмай жұмыс істеу қабілетімен сипатталады. Тарту-көлік машинасының аударылуга қарсы тұрақтылығының негізгі критерийлері оның геометриялық параметрлерінің сипаттамалары және шекті бұрыштар деп аталатын статикалық тұрақтылықтың шекараларын анықтайтын қозғалтқышқа қатысты масса центрінің орналасуы болып табылады.

Мақалада жартылай тарту-көлік машинасының бойлық тұрақтылығының шекті бұрышын анықтауға арналған өрнектер ұсынылған. Авторлар Беларусь 82.1 тракторын зерттеп жатқан жартылай шынжыр табанды тарту-көлік машинасының базасы ретінде таңдады. Есептеулер нәтижесінде шекті көтеру бұрышы $= \alpha_n 56^\circ$ тең болды.

Кілтті сөздер: тарту-көлік құралы, жүріс жүйесі, жартылай шынжыр табанды қозғалтқыш, статикалық тұрақтылық, шекті көтеру бұрышы.

Теруге 08.09.23 ж. жіберілді. Басуға 29.09.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 17,61 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4133

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz