

2. Emel'yanov, A.M., Bumber, I.V., Kandelya, M.V., Ryabchenko, V.N., Shpilev, E.M. Gusenichnyi zerno- i kormoborochnyi kombainy (osnovy teorii i konstruktivno-tehnologicheskie ustroystva): monografiya (Crawler Combine Harvesters (Fundamentals of Theory and Structural-Technological Devices): Monograph), Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2013, 285 p.

3. Patent № 2607101. Kombain zernoborochnyi gusenichnyi (Crawler Combine Harvester Pat. № 2607101), № 2015134077, zayavl., 13.08.2015, opubl. 10.01.2017, M.V. Kandelya, P.A. Shil'ko, N.M. Kandelya, P.V. Tikhonchuk, S.V. Shchitov, V.V. Samuilo, zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet».

4. Patent № 2449529. Kombain samokhodnyi gusenichnyi zernoborochnyi (Self-Propelled Crawler Combine Harvester Pat. 2449529), № 2010121790/13, zayavl. 28.05.2010, opubl. 10.05.2012, I. V. Bumber, A. M. Emel'yanov, M. V. Kandelya, N. M. Kandelya, V. N. Ryabchenko, P. A. Shil'ko, S. V. Shchitov, zayavitel' i patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agrar. un-t, 9 p.

5. Patent № 2460270. Kombain samokhodnyi gusenichnyi zernoborochnyi (Self-Propelled Crawler Combine Harvester Pat. №2460270), № 2010136470/13, zayavl. 30.08.2010, opubl. 10.09.2012, M. V. Kandelya, N. M. Kandelya, V. I. Lazarev, V. V. Masyuk, V. N. Ryabchenko, P. A. Shil'ko, zayavitel', patentoobladatel' ZAO PO «Dal'sel'mash», 7 p.

УДК 631.372:629.114.2
ГРНТИ 55.57.41

DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14063

Щитов С.В., д-р техн. наук, проф.;

Кузнецов Е. Е., д-р техн. наук, доц.;

Кривуца З.Ф., д-р техн. наук, доц.;

Евдокимов В. Г., д-р техн. наук, проф.;

Кузнецова О.А., аспирант;

Якименко А.В., канд. техн. наук, доц.

Дальневосточный государственный аграрный университет,

г. Благовещенск, Амурская область, Россия;

Поликутина Е.С., канд. техн. наук, доц.

ГПОАУ Амурской области «Благовещенский политехнический колледж»;

г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: uoup_dalgau@mail.ru; ji.tor@mail.ru; zfk20091@rambler.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЁСНОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С НАВЕСНЫМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ОРУДИЯМИ

Резюме. Возможность использования энергетического средства в тяжелых полевых условиях, имеющих значительный поперечный уклон, при наличии низкой несущей способности опорной поверхности, является приоритетным направлением диверсификации сельскохозяйственного производства. В связи с этим актуальным является проведение исследований, направленных на определение новых способов повышения маневренности и проходимости энергетических средств в сложных полевых условиях. Для решения поставленной задачи предлагается устанавливать стабилизатор поперечной устойчивости колёсного трактора, предназначенного для машинно-тракторного агрегата с навесным сельскохозяйственным орудием. Предлагаемое устройство, обеспечивая изменение расположения центра масс, уменьшает нагрузку на догружающие колеса трактора при движении по склонам и поперечным уклонам полей в сравнении с серийным вариантом, повышая устойчивость трактора к переворачиванию и безопасным режимам эксплуатации. Оценка эксплуатационных качеств колёсного трактора с подключенным стабилизатором поперечной устойчивости проведена на основе сочетания расчетно-теоретического анализа и соответствующих экспериментальных исследований при движении по склонам и поперечным уклонам полей в сравнении с серийным вариантом. Проведённые

теоретические и экспериментальные исследования показали, что при включении предлагаемого стабилизатора поперечной устойчивости происходит загрузка левого колеса (двигателя, находящегося выше по склону), что увеличивает поперечную устойчивость машинно-тракторного агрегата. В результате проведенных исследований установлено, что использование предлагаемого устройства позволяет повысить поперечную устойчивость трактора по сравнению с серийным вариантом на 18-20%.

Ключевые слова: склон, колёсный трактор, эффективность использования, конструкция, устойчивость, проходимость, центр тяжести.

UDC 631.372:629.114.2

DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14063

S.V. Shchitov, Dr Tech. Sci., Professor, Head of Department,
E.E. Kuznetsov, Dr Tech. Sci., Associate Professor;
Z.F. Krivutsa, Dr Tech. Sci., Associate Professor;
V.G. Evdokimov, Dr Tech. Sci., Professor, Head of Department,
O.A. Kuznetsova, Graduate Student,
Far East State Agricultural University,
Blagoveshchensk, Amur Region, Russia
E.S. Polikutina, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
Blagoveshchensk Polytechnic College, Amur Region;
A.V. Yakimenko, Cand. Tech. Sci., Associate Professor,
Far East State Agricultural University
Blagoveshchensk Polytechnic College, Amur Region,
E-mail: uoup_dalgau@mail.ru; ji.tor@mail.ru; zfk20091@rambler.ru

IMPROVEMENT OF TRANSVERSE STABILITY OF WHEEL TRACTOR WITH MOUNTED IMPLEMENTS

Abstract. The possibility of using energy facilities (vehicles, machines) in difficult field environments, such as big slopes, low bearing capacity of the support surface, is a priority for diversification of agricultural production. Therefore, it is relevant to carry out research aimed at searching new ways to increase the maneuverability and passability of vehicles working under difficult field conditions. In order to solve the above problem, it is proposed to install a transverse stabilizer into a wheel tractor used as a machine-tractor unit with mounted implements. In comparison with serial version, the proposed device can change the location of center of mass, and so reduces load on the weight transfer wheels of tractor when moving along slopes and transverse slopes of fields, increase tractor anti-roll capacity and provides safe operation modes. The performance evaluation of the wheel tractor with the attached transverse stabilizer was carried out on the basis of a combination of design-theoretical analysis and corresponding experimental studies when moving on slopes and transverse slopes of fields and making comparisons with respect to the serial version. Theoretical and experimental studies have shown that when the proposed transverse stabilizer is installed, the left wheel (wheeled mover located upper on the slope) is loaded, which increases the transverse stability of the machine-tractor unit. As a result of the studies carried out, it has been found that the use of the proposed device allows increasing the transverse stability of the tractor by 18-20% compared to the serial version.

Key words: slope, wheel tractor, efficiency, design, stability, passability, center of gravity.

Введение. Основная задача, стоящая перед товаропроизводителями сельскохозяйственной продукции - обеспечение про-

довольственной безопасности страны. Исследования показывают, что решение поставленной задачи возможно как за счёт увеличения доли средств механизации и

внедрения новых технологических приёмов, так и за счёт повышения урожайности, расширения объёма посевных площадей, в том числе обработки залежных или временно неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения [1].

Анализ ландшафтных и почвенных особенностей северной, центральной и южной земледельческих зон Амурской области, проведённый в период 2014-2018 гг., обосновал целесообразность увеличения посевных площадей за счет ввода в эксплуатацию земель, имеющих мелкоконтурный профиль и расположенных на склоновых участках территории рельефа, занимаемой Амуро-Зейской равниной. Обработка таких участков осуществляется, как правило, машинно-тракторными агрегатами (МТА) на базе трактора класса 1,4 производства Минского тракторного завода, относящегося к категории моноблочных короткобазных тракторов с жёсткой рамой, шарнирно-установленным передним мостом и узкой шириной колеи, по условиям безопасности которые могут быть использованы при полевых работах поперёк склона с крутизной до 12 градусов.

В связи с этим в хозяйствах возникает необходимость поиска технических решений, повышающих безопасные углы при работе трактора на наклонных опорных поверхностях. Безопасным углом подъема является угол, при котором трактор не опрокидывается.

Целью данной работы является обоснование конструкции и эффективности использования предлагаемого стабилизатора поперечной устойчивости колёсного трактора, предназначенного для МТА с навесным сельскохозяйственным орудием, позволяющего уменьшить нагрузку на догружающие колеса трактора при движении по склонам и поперечным уклонам полей в сравнении с серийным вариантом.

Условия и методы исследования. Как известно, чем выше центр тяжести МЭС и короче колёсная база, тем меньшими углами поперечной и продольной устойчивости, а также большей вероятностью галопирования и опрокидывания они обладают.

В ходе проведённого ранее анализа применяемых устройств [2-7], алгоритмов подбора и системных предложений [8-13] была рекомендована конструкция стабилизатора поперечной устойчивости колёсного трактора, предназначенного для МТА с навесным сельскохозяйственным орудием (патент РФ № 192386) [14].

Устройство работает следующим образом:

При ведении полевых работ с навесными сельскохозяйственными орудиями на полях с высоким уклоном местности оператор трактора 5 производит сборку стабилизатора поперечной устойчивости колёсного трактора методом монтажа тягово-догружающего устройства 1 установкой окончания тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями) в кронштейне 3, смонтированном в технологических отверстиях рамы 4 трактора 5, далее обвивает тросовую силовую связь 2 вокруг оси крепления 6 колёсного движителя 7, проводит её через кольцевой ограничитель кронштейна 8, смонтированного на тыльной части 9 трактора 5, и устанавливает последующим окончанием в продольной нижней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 5, регулируемой силовым гидроцилиндром 12.

Впоследствии методом вертикальной регулировки задней навески 11 гидроцилиндром 12 производит опускание навесного сельскохозяйственного орудия, при этом производится натяжение гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), что перераспределяет часть весовой нагрузки с движителя 7 между другими движителями и осями в целях стабилизации поперечной устойчивости трактора 5, что повышает безопасность эксплуатации и защиту от переворачивания при проведении полевых работ с навесными сельскохозяйственными орудиями на полях с высоким уклоном местности, причём дальнейшее заглубление навесного сельскохозяйственного орудия при помощи навески 11 трактора 5 увеличивает эффект перераспределения веса.

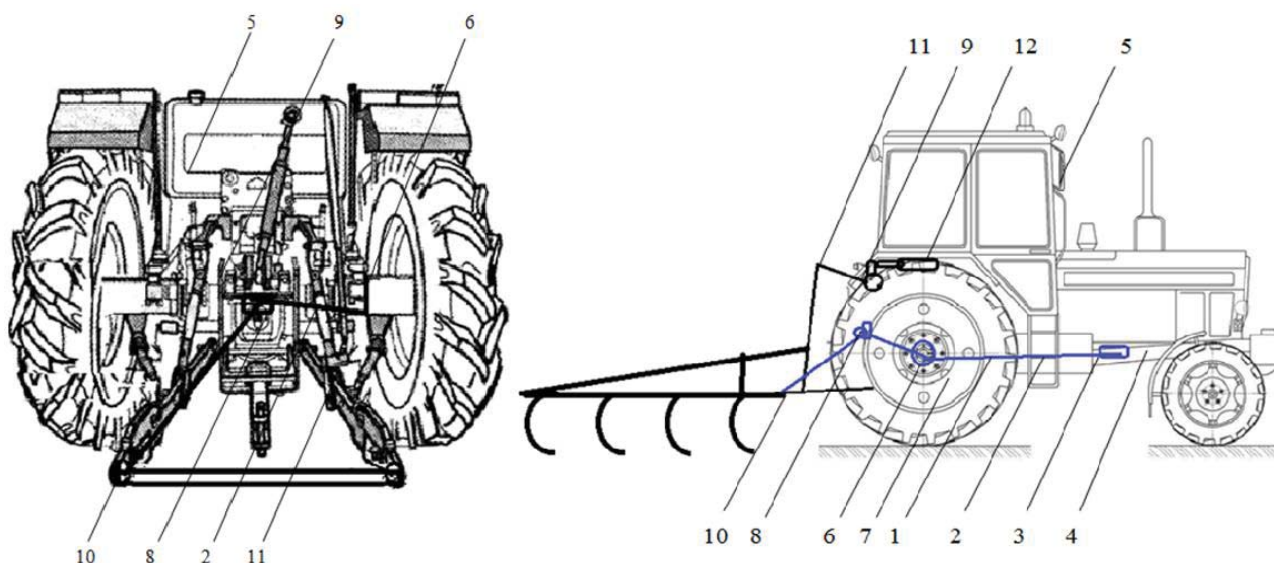


Рис. 1. Схема стабилизатора поперечной устойчивости колесного трактора:

- 1- тягово-догружающее устройство, 2- гибкая тросовая силовая связь, 3- кронштейн, 4- рама трактора, 5- трактор, 6- ось крепления колёсного движителя, 7- колёсный движитель, 8- кронштейн с кольцевым ограничителем, 9- тыльная часть трактора, 10- продольная нижняя тяга навески, 11- задняя навеска трактора, 12- силовой гидроцилиндр

При отсутствии необходимости выполнения работ с подключенным стабилизатором поперечной устойчивости колёсного трактора оператором трактора поднимается навесное сельскохозяйственное орудие и разъединяются окончания тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями) или в кронштейне 3, или в месте соединения в продольной нижней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 5.

Проанализируем работу предлагаемого устройства при взаимодействии конструктивных и силовых параметров в статическом (рис.2), и динамическом режимах (рис. 4) по условиям переворачивания и догрузки осей при работе на наклонной опорной поверхности, используя известные положения теории равновесия механизмов и машин [15].

Для этого рассмотрим силы, действующие на колёсное МЭС, стоящее на уклоне (рис. 2).

Составим уравнение равновесия относительно точки 2 для предлагаемой системы сил:

$$\sum M_2(F_k) = 0 - R_1 \cdot B - G \sin \alpha \cdot h_{ц} + G \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} = 0. \quad (1)$$

По условиям безопасности при отрыве точки 1 от опорной поверхности, при $R=0$, может произойти опрокидывание трактора.

В ходе преобразования уравнения 1 получаем:

$$G \sin \alpha \cdot h_{ц} = G \cos \alpha \cdot \frac{B}{2}, \quad (2)$$

тогда

$$t_g \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{B}{2h_{ц}}. \quad (3)$$

Рассмотрим усилие, возникающее в гибкой тросовой силовой связи в месте крепления к мосту трактора на основании схемы, предложенной на рисунке 3.

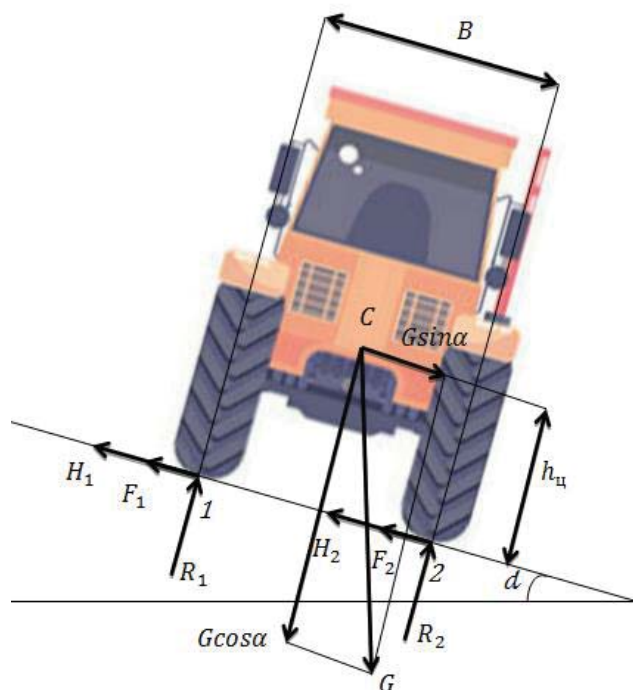


Рис. 2. Схема к определению статического предельного угла поперечного уклона:

R_1 и R_2 - вертикальные реакции поверхности под опорами трактора, Н; F_1 и F_2 - действующие силы трения под опорами, Н; H_1 и H_2 – горизонтальные реакции поверхности, Н; G - сила тяжести трактора, Н; точка C - точка расположения центра тяжести трактора, угол α - угол уклона опорной поверхности, град; B - ширина колеи, м, точка 1 и точка 2 - центр пятна контакта движителей задней оси трактора

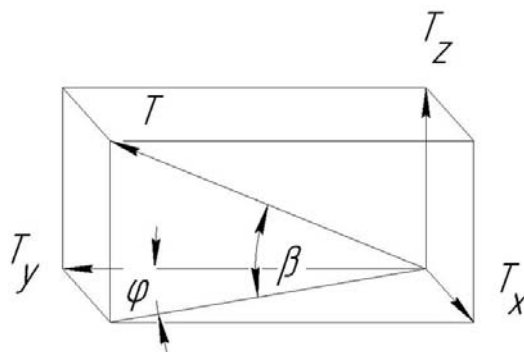


Рис. 3. Схема к определению усилия в тросовой силовой связи:

T -усилие, возникающее в тросовой связи, Н, точка A -точка крепления троса на оси колесного движителя, T_x, T_y, T_z – пространственные составляющие силовой реакции усилия T в точке крепления тросовой связи, Н; угол β , угол φ – углы натяжения тросовой связи, град

В пространственной системе координат тросовое усилие разложится на три составляющие T_x, T_y, T_z :

$$T_x = T \cos \beta \sin \varphi. \quad (4)$$

$$T_y = T \cos \beta \cos \varphi. \quad (5)$$

$$T_z = T \sin \beta. \quad (6)$$

Из них на поперечную устойчивость будут оказывать влияние составляющие, находящиеся в плоскости координат yAz , т.е T_y и T_z .

Рассмотрим силы, действующие на трактор с подключенным стабилизатором (рис. 4).

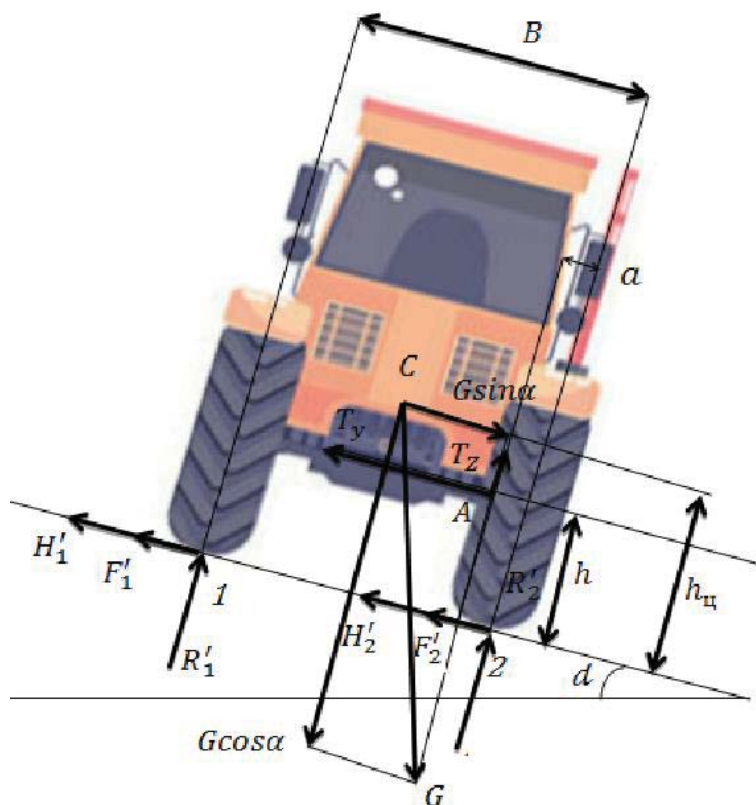


Рис. 4. Схема к определению статического предельного угла поперечного уклона МТА с подключенным стабилизатором:

h -расстояние от т. А до опорной поверхности, м; $h_{ц}$ - расстояние от горизонтальной проекции точки С до опорной поверхности, R'_1 и R'_2 - вертикальные реакции поверхности под опорами трактора, Н; F'_1 и F'_2 - действующие силы трения под опорами, Н; H'_1 и H'_2 – горизонтальные реакции поверхности, Н; a - расстояние от точки крепления тросовой силовой связи до вертикальной проекции центра пятна контакта движителей задней оси трактора в точке 2

Результаты исследований. Составим уравнение равновесия относительно точки 2 для полученной системы сил:

$$\sum M_2(F_k) = 0 - R'_1 \cdot B + G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц} + T_y \cdot h + T_z \cdot a. \quad (7)$$

Предполагаем опрокидывание трактора при условии $R'_1=0$ и при преобразовании получаем:

$$G \sin \alpha \cdot h_{ц} = G \cos \alpha \frac{B}{2} + T_y \cdot h + T_z \cdot a, \quad (8)$$

тогда
$$\frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} + T_y \cdot h + T_z \cdot a}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}, \quad (9)$$

при
$$t_g \alpha = \frac{B}{2h_{ц}} + \frac{T_y \cdot h + T_z \cdot a}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}. \quad (10)$$

С учётом формул 5 и 6 получаем:

$$t_g \alpha = \frac{B}{2h_{ц}} + \frac{T \cos \beta \sin \varphi \cdot h + T \sin \beta \cdot a}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}$$

или
$$t_g \alpha = \frac{B}{2h_{ц}} + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}. \quad (11)$$

При сравнении выражений 3 и 11 можно сделать вывод о том, что при подключенном стабилизаторе поперечной устойчивости колёсного МЭС происходит увеличение тангенса предельного статического угла поперечного уклона α на величину, равную $\frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}$, что позволит увеличить безопасные режимы работы трактора при эксплуатации на наклонных опорных поверхностях.

Для рассмотрения параметров динамического нагружения ходовой системы и движителей трактора, определения оптимальных режимов работы предлагаемого стабилизатора поперечной устойчивости колесного трактора определим условия перераспределения сцепного веса трактора. При этом рассмотрим полученные ранее

выражения 1 и 7 и схемы, указанные на рисунках 2 и 4, при условии, что $R_1 > 0$ и $R'_1 > 0$.

Из выражения 1 (без подключенного стабилизатора):

$$R_1 = \frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц}}{B} \quad (12)$$

Из выражения 7 (с подключенным стабилизатором)

$$R'_1 = \frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц} + T_y \cdot h + T_z \cdot a}{B}$$

С учётом 5 и 6 выражения

$$R'_1 = \frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц}}{B} + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{B} \quad (13)$$

С целью оценки влияния стабилизатора поперечной устойчивости колёсного МЭС на плавность хода тракторных агрегатов

определим коэффициент догружения K колеса, находящегося ниже по склону, используя выражения (12) и (13)

$$K = \frac{R'_1}{R_1} = 1 + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц}} = 1 + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{G \left(\cos \alpha \frac{B}{2} - \sin \alpha \cdot h_{ц} \right)} \quad (14)$$

Графическая интерпретация коэффициента догружения K колеса, находящегося ниже по склону при подключенном стабилизаторе поперечной устойчивости колёсного МЭС (14) от совместного влияния двух факторов - изменения угла уклона α и рекомендуемого усилия, возникающего в тросовой связи T , представлена на рисунке 5.

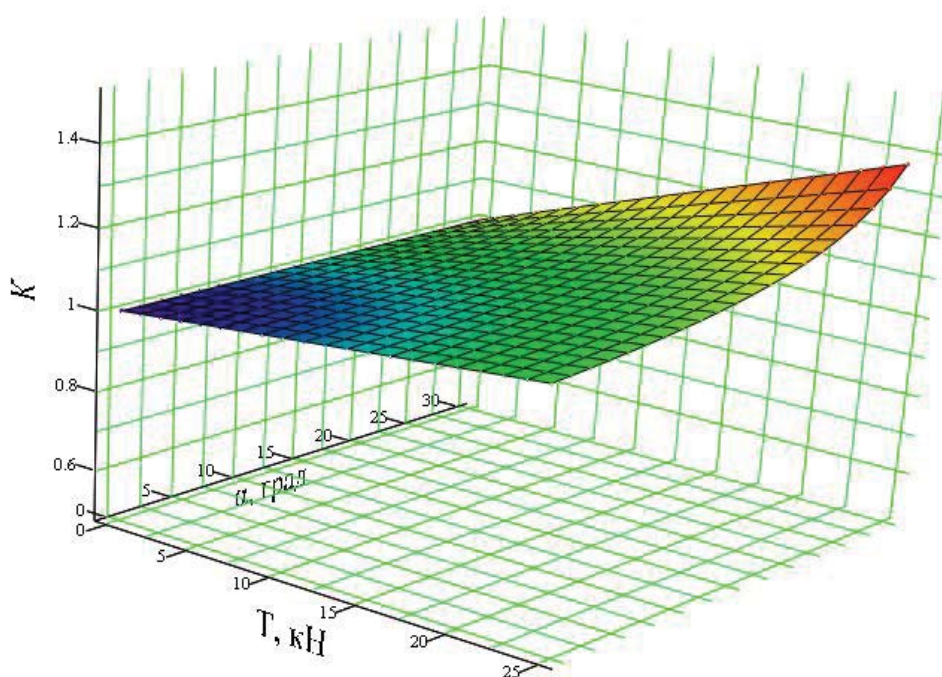


Рис. 5. Зависимость коэффициента догружения K колеса от изменения угла уклона α и усилия, возникающего в тросовой связи T

Вывод. Таким образом, анализ выражений 12, 13 и 14 позволяет предположить, что при подключении предлагаемого стабилизатора поперечной устойчивости происходит загрузка левого колеса (двигателя, находящегося выше по склону) МЭС, что

увеличивает поперечную устойчивость машинно-тракторного агрегата (рис.5). В результате проведенных исследований установлено, что использование предлагаемого устройства позволяет повысить поперечную устойчивость трактора по сравнению с серийным вариантом на 18-20%.

Список литературы

1. Алдошин, Н.В. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов / Н.В. Алдошин, А.С. Пехутов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. - №4. - С. 26-27.
2. Панова, Е.В. Повышение тягово-сцепных свойств тракторно-транспортных агрегатов за счёт использования межколёсного регулятора / Е.В. Панова, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецова, Т.В. Шарипова, В.Ф. Кузин // Дальневосточный аграрный вестник - 2017. -№1(41). -С.96-103.
3. Щитов, С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колёсных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис. докт. техн. наук: 05.20.01. / Щитов Сергей Васильевич ; Дальневосточный ГАУ, Благовещенск, 2009. -325 с.
4. Кузнецов, Е.Е. Пути повышения эффективности мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных агрегатов на полевых и транспортных работах : дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. / Кузнецов Евгений Евгеньевич; Дальневосточный ГАУ, Благовещенск, 2017. - 312 с.
5. Кривуца, З.Ф. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения АПК Амурской области : дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. / Кривуца Зоя Федоровна; Дальневосточный ГАУ, Благовещенск, 2015. - 362 с.
6. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ S. V. Shchitov, Z. F. Krivutsa, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// Journal of Engineering and Applied Sciences, Year: 2018, Volume:13, Issue:16.DOL:10.3923/jeasci.2018.6512.65.URL: <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/6850-6854.pdf>. (Дата обращения: 15.01.2019).
7. Кузнецов, Е.Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2017. - 272 с.
8. Щитов, С. В. Методологическое обоснование выбора конструкции устройств рационального перераспределения сцепного веса / С. В. Щитов, С. А. Иванов, Е. Е. Кузнецов, Е. В. Панова, Е. С. Поликутина // АгроЭкоИнфо. – 2016. – №2(24). – URL: <http://www.agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html> (Дата обращения: 26.12.2019).
9. Патент № 2658726. Корректор вертикальной нагрузки энергетического средства : № 2016143960 ; заявл. 08.11.2016; опублик. 22.06.2018 / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, Е. В. Панова / заявитель, патентообладатель Дальневост. гос. аграр. ун-т. – 11 с.
10. Патент № 167460. Межколёсный стабилизатор ходовой системы колёсного трактора : № 2016112020 ; заявл. 30.03.2016; опублик. 10.01.2017 / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, А. А. Храмов, Н. В. Соболева, А. А. Кислов, В. А. Богданов / заявитель, патентообладатель Дальневост. гос. аграр. ун-т. – 1 с.
11. Патент № 169390. Регулятор поперечной устойчивости колёсного энергетического средства : № 2016130038 ; заявл. 21.07.2016 ; опублик. 16.03.2017 / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов. Е. В. Панова, В. А. Столыпин / заявитель, патентообладатель Дальневост. гос. аграр. ун-т. – 7 с.
12. Патент № 2658718. Регулятор поперечной устойчивости многоосного транспортного средства : № 2017119106 ; заявл. 31.05.2017 ; опублик. 22.06.2018 / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов, Н. Ф. Двойнова, З. Ф. Кривуца, Е. В. Панова / заявитель, патентообладатель Дальневост. гос. аграр. ун-т. – 9 с.
13. Experimental studies of the effectiveness of the design for the cross-axle redistribution of the weight load of the car, / S.V. Shchitov., Z.F. Krivutsa, O.A. Kuznetsova// International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 14, Number 24 (2018) pp. 16747-16752 https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n24_04.pdf; Дата обращения: 15.01.2019 года.
14. Патент № 192386. Стабилизатор поперечной устойчивости колёсного трактора : № 2019116414 ; опублик. 16.09.2019 ; заявл. 16.09.2019 / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина, Е. В. Панова, О. А. Кузнецова, М. А. Авняв / заявитель, патентообладатель Дальневост. гос. аграр. ун-т. – 10 с.
15. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебник для ВТУЗов / И.И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1988. – 639 с.

Reference

1. Aldoshin, N.V., Pekhutov, A.S. Povyshenie proizvoditel'nosti pri perevozke sel'skokhozyaistvennykh gruzov (Enhancement of Efficiency in Transportation of Agricultural Cargoes), *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva*, 2012, No 4, PP. 26-27.
2. Panova, E.V., Shchitov, S.V., Kuznetsova, E.E., Sharipova, T.V., Kuzin, V.F. Povyshenie tyagovostepnykh svoystv traktorno-transportnykh agregatov za schet ispol'zovaniya mezhkolesnogo regul'yatora (Improving Traction Properties of Tractor-Transport Units Through the Use of Cross-Axle (Inter-Wheel) Regulator), *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2017, No 1(41), PP. 96-103.
3. Shchitov, S.V. Puti povysheniya agrotekhnicheskoi prokhodimosti kolesnykh traktorov v tekhnologii vozdeystviya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Dal'nego Vostoka (Ways to Improve the Agrotechnical Passing Ability of Wheeled Tractors Used in the Technology of Cultivation of the Crops of the Far East), dis. dokt. tekhn. nauk: 05.20.01, Shchitov Sergei Vasil'evich, Dal'nevostochnyi GAU, Blagoveshchensk, 2009, 325 p.
4. Kuznetsov, E.E. Puti povysheniya effektivnosti mobil'nykh energeticheskikh sredstv i sel'skokhozyaistvennykh agregatov na polevykh i transportnykh rabotakh (Ways to Improve the Efficiency of Vehicles and Agricultural Units in the Field and Transport Operations), dis. d-ra tekhn. nauk: 05.20.01, Kuznetsov Evgenii Evgen'evich, Dal'nevostochnyi GAU, Blagoveshchensk, 2017, 312 p.
5. Krivutsa, Z.F. Povyshenie effektivnosti transportno-tekhnologicheskogo obespecheniya APK Amurskoi oblasti (Improving the Efficiency of Transport and Technological Support for Agriculture of the Amur Region), dis. d-ra tekhn. nauk: 05.20.01., Krivutsa Zoya Fedorovna, Dal'nevostochnyi GAU, Blagoveshchensk, 2015, 362 p.
6. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting, S. V. Shchitov, Z. F. Krivutsa, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Year: 2018, Volume:13, Issue:16.DOL:10.3923/jeasci.2018.6512.65.URL: <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/6850-6854.pdf>. (Data obrashcheniya: 15.01.2019).
7. Kuznetsov, E.E., Shchitov, S.V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdeystviya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: Monografiya. (Improvement of the Efficiency of Vehicles Used in the Technology of Cultivation of the Crops: Monograph), Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2017, 272 p.
8. Shchitov, S. V., Ivanov, S.A., Kuznetsov, E.E., Panova, E.V., Polikutina, E.S. Metodologicheskoe obosnovanie vybora konstruktsii ustroystv ratsional'nogo pereraspredeleniya stpepnogo vesa (Methodological Substantiation of the Choice of the Device Designed for Rational Redistribution of Coupling Weight), *AgroEkoInfo*, 2016, No 2(24), URL: <http://www.agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html> (Data obrashcheniya: 26.12.2019).
9. Patent № 2658726. Korrektor vertikal'noi nagruzki energeticheskogo sredstva (Patent № 2658726. Corrector of Vertical Load of Vehicle), № 2016143960, zayavl. 08.11.2016, opubl. 22.06.2018, S. V. Shchitov, E. E. Kuznetsov, E. V. Panova, zayavitel', patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agrar. un-t, 11 p.
10. Patent № 167460. Mezhkolesnyi stabilizator khodovoi sistemy kolesnogo traktora (Patent № 167460. Wheel Tractor Running System Inter-Wheel (Cross-Axle) Stabilizer), № 2016112020, zayavl. 30.03.2016, opubl. 10.01.2017, S. V. Shchitov, E. E. Kuznetsov, A. A. Khramov, N. V. Soboleva, A. A. Kislov, V. A. Bogdanov, zayavitel', patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agrar. un-t, 1 p.
11. Patent № 169390. Regul'yator poperechnoi ustoichivosti kolesnogo energeticheskogo sredstva (Patent № 169390. Regulator of Lateral Stability of a Wheel Tractor), № 2016130038, zayavl. 21.07.2016, opubl. 16.03.2017, E. E. Kuznetsov, S. V. Shchitov, E. V. Panova, V. A. Stolypin, zayavitel', patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agrar. un-t, 7 p.
12. Patent № 2658718. Regul'yator poperechnoi ustoichivosti mnogoosnogo transportnogo sredstva (Patent № 2658718. Multi-Axle Vehicle Anti-Roll Control), № 2017119106, zayavl. 31.05.2017, opubl. 22.06.2018, E. E. Kuznetsov, S. V. Shchitov, N. F. Dvoynova, Z. F. Krivutsa, E. V. Panova, zayavitel', patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agrar. un-t, 9 p.
13. Experimental studies of the effectiveness of the design for the cross-axle redistribution of the weight load of the car, S.V. Shchitov., Z.F. Krivutsa, O.A. Kuznetsova, *International Journal of Applied Engineering Research*, (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 14, Number 24 (2018) pp. 16747-16752 https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n24_04.pdf; Data obrashcheniya: 15.01.2019 goda.
14. Patent № 192386. Stabilizator poperechnoi ustoichivosti kolesnogo traktora (Patent № 192386. Wheel Tractor Anti-Roll Bar), № 2019116414, opubl. 16.09.2019, zayavl. 16.09.2019, E. E. Kuznetsov, S. V. Shchitov, Z. F. Krivutsa, E. S. Polikutina, E. V. Panova, O. A. Kuznetsova, M. A. Avnyav, zayavitel', patentoobladatel' Dal'nevost. gos. agrar. un-t, 10 p.
15. Artobolevskii, I.I. Teoriya mekhanizmov i mashin: uchebnik dlya VTUZov (Theory of Mechanisms and Machines: Textbook for Higher Schools), 4-e izd., pererab. i dop., Moskva, Nauka, 1988, 639 p.