

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 631.372:629.114.2
ГРНТИ 55.67

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14113

Щитов С.В., д-р техн. наук, профессор;

E-mail: uoup_dalgau@mail.ru;

Тихончук П.В., д-р с.-х. наук, профессор;

E-mail: tikhonchukp@rambler.ru;

Кривуца З.Ф., д-р техн. наук, доцент;

E-mail: zfk20091@rambler.ru;

Кузнецов Е.Е., д-р техн. наук, доцент;

E-mail: ji.tor@mail.ru;

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

Попова Е. В., канд. техн. наук, доцент;

E-mail: Epop76@mail.ru;

Кузнецова О.А., аспирант,

ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,

г. Благовещенск, Амурская область, Россия,

Двойнова Н.Ф. канд. с.-х. наук, доцент;

E-mail: dnfsach@yandex.ru,

ФГБОУ ВО СахГУ,

г. Южно-Сахалинск, Сахалинская область, Россия

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГООСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

© Щитов С.В., Тихончук П.В., Кривуца З.Ф., Кузнецов Е.Е., Евдокимов В.Г., Попова Е.В., Кузнецова О.А., Двойнова Н.Ф., 2018

Возможность использования энергетического средства в тяжелых дорожных условиях, по дорогам, имеющим значительный поперечный уклон, при наличии низкой несущей способности дорожной поверхности является задачей при транспортировке сельскохозяйственных грузов. В связи с этим актуальным является проведение исследований, направленных на определение новых способов повышения маневренности и проходимости энергетических средств в сложных дорожных условиях. Для решения поставленной задачи предлагается устанавливать на силовых элементах рамы и ходовой части энергетического средства перераспределяющее устройство – регулятор поперечной устойчивости многоосного транспортного средства. Предлагаемое устройство, обеспечивая изменение расположения центра масс, приводит к снижению его высоты и перераспределению весовой нагрузки на движители колёсной тележки, находящиеся выше по склону, повышая устойчивость автомобиля к переворачиванию, скорости его движения и безопасные режимы эксплуатации. Проведённые теоретические и экспериментальные исследования показали, что использование регулятора поперечной устойчивости многоосного транспортного средства позволяет при движении по склонам уменьшить нагрузку на колеса автомобиля, находящиеся ниже по склону, в сравнении с серийным вариантом более чем на 9%, что повышает поперечную устойчивость автомобиля к опрокидыванию, позволяет увеличить скорость его движения, обеспечивая безопасную эксплуатацию транспортного средства на дорогах с высоким поперечным уклоном и склонах, и, как следствие, обеспечивает высокую производительность и высокое качество перевозки грузов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, ТРАНСПОРТИРОВКА ГРУЗОВ, ПРОХОДИМОСТЬ, МАНЕВРЕННОСТЬ, ВЕС АВТОМОБИЛЯ, ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ, УСТРОЙСТВО

UDC 631.372:629.114.2

Shchitov S.V., Dr Tech. Sci., Professor;

E-mail: uoup_dalgau@mail.ru;

Tikhonchuk P.V., Dr Agr.Sci., Professor;

E-mail: tikhonchukp@rambler.ru;

Krivutza Z.F., Dr Tech. Sci., Associate Professor,

E-mail: zfk20091@rambler.ru;

Kuznetsov E. E., Dr Tech. Sci., Associate Professor,

E-mail: ji.tor@mail.ru;

Evdokimov V. G., Dr Tech. Sci., Professor;**Popova E. V., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;**

E-mail: Epop76@mail.ru;

Kuznetzova O.A., Postgraduate,**Far East State Agricultural University,****Blagoveshchensk, Amur Region, Russia;****Dvoynova N.F., Cand. Agr. Sci., Associate Professor,**

E-mail: dnfsach@yandex.ru,

Sakhalin State University,

Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin Region, Russia

WAYS TO IMPROVE LATERAL STABILITY OF MULTI-AXIS VEHICLE

The possibility of using transport facility under heavy road conditions, on the roads with a significant transverse grade, with a low soil bearing capacity is a problem of agricultural transportation. In this regard, it is important to carry out research into searching new ways to improve the maneuverability and passing ability of transport facilities under difficult road conditions. To solve this problem, it is proposed to install a redistributing device – a regulator of the lateral stability of a multi-axis vehicle, on the power elements of the frame and the chassis of transport facility. The proposed device, providing a change in the location of the center of mass, leads to a decrease in its height and redistribution of the weight load on the movers of the wheeled cart, located upper on the slope, and thus, enhance the roadholding ability of the vehicle, its speed and safe operating modes. The theoretical and experimental studies have shown that the use of the lateral stability regulator for multi-axis vehicle makes it possible to reduce the load on the wheels located on the lower part of the slope by more than 9% in comparison with the production version which increases the lateral stability of the vehicle, increases its speed, provide safe operation of the vehicle on the roads with a high transverse grades and, as a consequence, it provides high performance and high quality of cargo transportation.

KEYWORDS: TRANSPORT FACILITY (VEHICLE), CARGO TRANSPORTATION, PASSING ABILITY, MANEUVERABILITY, VEHICLE WEIGHT, CENTER OF GRAVITY, DEVICE

Введение. Большинство производственных процессов в современном сельском хозяйстве связаны с необходимостью перевозки значительного объема материалов при помощи энергетических средств [1-4]. Возможности использования автомобиля для транспортировки грузов ограничиваются его проходимостью и условиями переворачивания, которые является основными эксплуатационно-техническими качествами автомобиля, определяющими способность его эффективного использования на склонах рельефа местности, в тяжелых дорожных условиях и бездорожья, а также по дорогам, имеющим высокий поперечный уклон [5-9].

Практическое применение автомобилей показывает, что энергетическое средство не-

редко теряет проходимость по причине слабой несущей способности дорожной поверхности, опасности опрокидывания или невозможности преодоления уклона дороги из-за недостаточной окружной силы на ведущих колесах. [10-12]. Для увеличения устойчивости, управляемости и маневренности, а также повышения надежности транспортного средства предлагается использовать специальные устройства и дополнительное оборудование, позволяющие повысить его маневренность и проходимость в сложных дорожных условиях [13-15].

Целью данной работы является обоснование конструкции и эффективности использования предлагаемого регулятора поперечной устойчивости многоосного транспортного средства, позволяющего уменьшить

нагрузку на догружающие колеса автомобиля при движении по склонам и поперечным уклонам дороги в сравнении с серийным вариантом.

Условия и методы исследования.

При движении автомобиля по горизонтальной дороге условие равновесия выполняется, когда

$$G_{\text{п}} \cdot B = G_a \cdot c, \quad (1)$$

где $G_{\text{п}}$ – вес автомобиля, приходящийся на колесо, Н; G_a – вес автомобиля, Н; B – колея автомобиля, м; c – положение центра тяжести автомобиля в поперечной плоскости, м.

Тогда

$$c = \frac{G_{\text{п}}}{G_a} \cdot B. \quad (2)$$

Рассмотрим схему действия сил, действующих при перемещении автомобиля по склону.

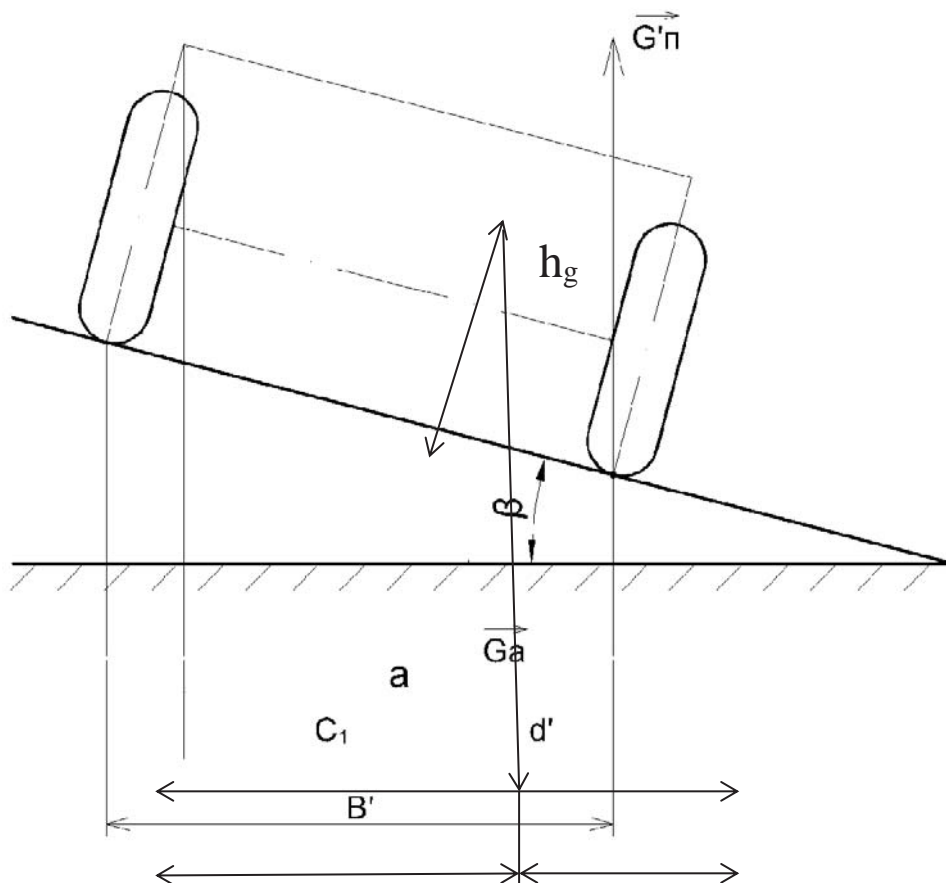


Рис. 1. Схема действия сил при перемещении автомобиля по склону

При перемещении по склону автомобиль поперечно наклоняется на некоторый угол β (рис. 1), что приводит к изменению веса, приходящегося на колесо, находящееся ниже по склону $G_{\text{п}}'$. Из рисунка 1 следует

$$G_{\text{п}}' \cdot B' = G_a \cdot c', \quad (3)$$

$$\text{учитывая, что } B' = B \cdot \cos\beta, \quad (4)$$

$$c' = c \cdot \cos\beta + h_g \cdot \sin\beta,$$

где h_g – высота центра тяжести автомобиля, м; β – угол наклона, град.

Подставляя формулы (4) в формулу (3), получаем выражение

$$G_{\text{п}}' B \cos\beta = G_a (c \cos\beta + h_g \sin\beta). \quad (5)$$

Полученная формула математически обосновывает зависимости взаимодействующих величин и позволяет аргументировать их размеры при перераспределении веса автомобиля.

Для повышения устойчивости, скорости и безопасности движения автомобиля при проведении транспортных работ на склонах, сложных рельефах местности и эксплуатации в горных условиях предлагается устанавливать на силовых элементах рамы и ходовой части многоосного энергетического средства перераспределяющее устройство – регулятора поперечной устойчивости многоосного

транспортного средства, включающего в себя систему амортизации вертикальных колебаний моста при движении по склонам и имеющего возможность перераспределения собственной нагрузки транспортного средства между противоположно-расположенными двигателями одного моста или задней колёсной тележки.

Регулятор поперечной устойчивости многоосного транспортного средства (рис. 2-

3) выполнен в виде конструкции 1, состоящей из двух одинаковых гибких тросовых силовых связей 2 и 3 (стандартных буксировочных тросов с петлевыми окончаниями), проходящих через опорные рычаги 4, имеющие вид скобы, вваренные посредством электродуговой сварки в нижнюю часть силовой траверсы рамы 5 или кузова 6 и закрепленные окончаниями на чулке моста 7, вблизи двигателей 8 автомобиля 9 побортно .

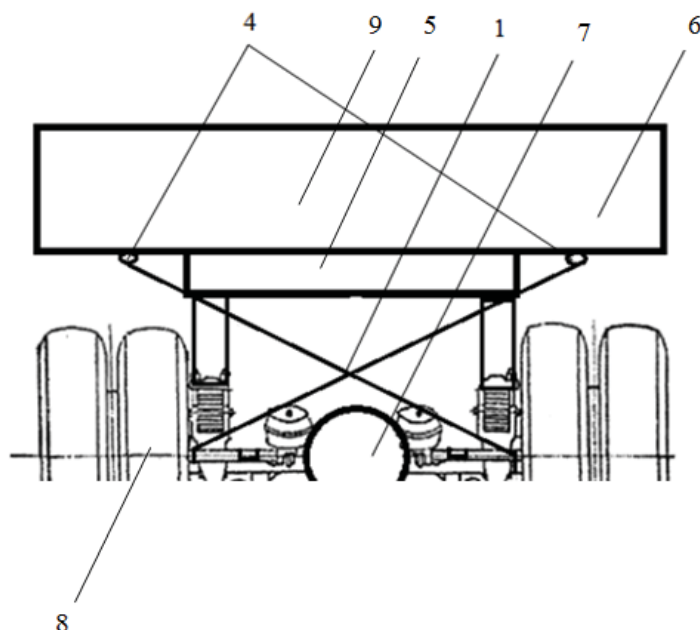


Рис. 2. Принципиальная схема регулятора поперечной устойчивости многоосного транспортного средства

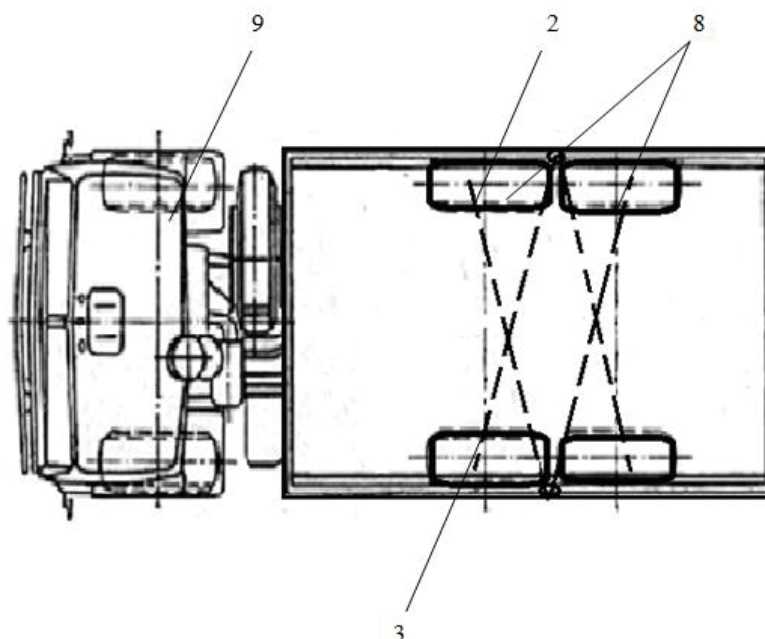


Рис. 3. Принципиальная схема установки регулятора поперечной устойчивости многоосного транспортного средства

Предлагаемое устройство работает следующим образом: при передвижении многоосного транспортного средства по склонам или дорожным уклонам собственный вес вертикально-сдвигаемых движителей 8 моста 7, находящегося ниже по склону, производит силовое нагружение гибкой тросовой силовой связи 2 или 3, через опорный рычаг 4 вызывая прижатие противоположной части рамы 5 и кузова 6 автомобиля 9, обеспечивая изменение расположения центра масс, что приводит к снижению его высоты и перераспределению весовой нагрузки на противоположные движители колёсной тележки, находящиеся выше по склону, повышая устойчивость автомобиля, скорости движения и безопасные режимы эксплуатации.

Использование регулятора поперечной устойчивости многоосного транспортного средства при достаточно несложной конструкции и простоте изготовления обладает высокой надёжностью, низкой себестоимостью, удобством в обслуживании и эксплуатации.

Рассмотрим взаимодействие элементов конструкции автомобиля при работе предлагаемого устройства с использованием исследований авторов [16-24] (рис. 5).

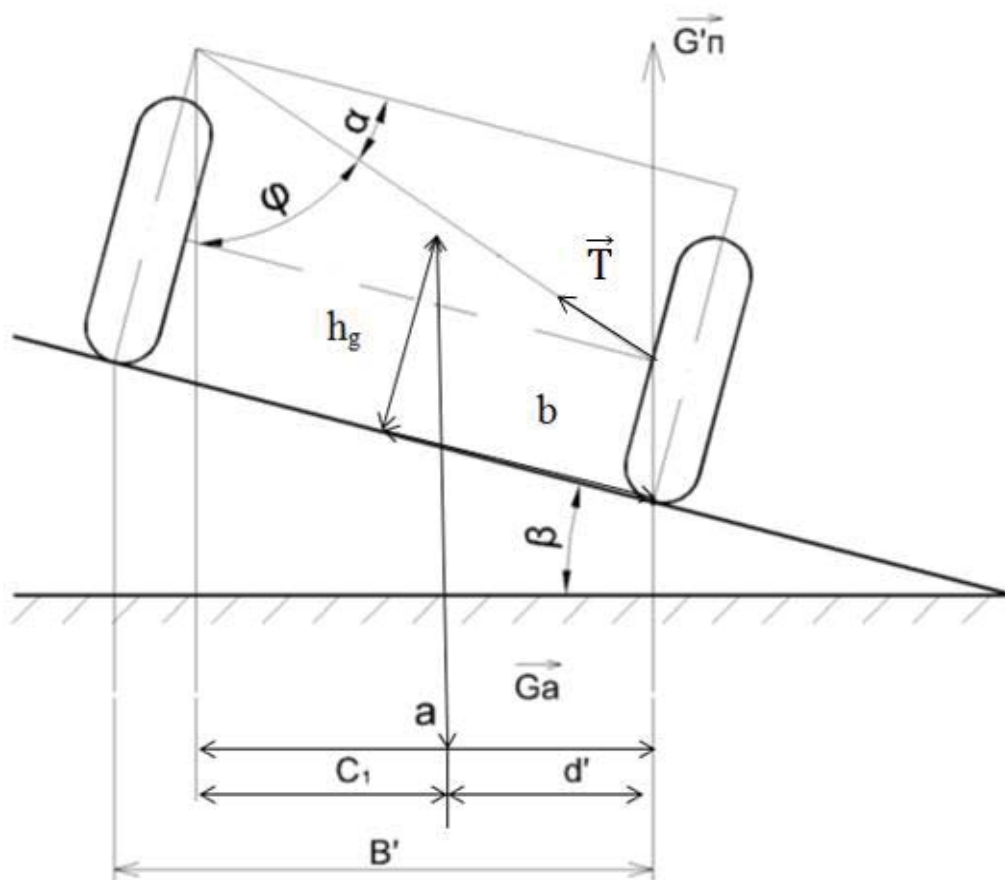


Рис. 5. Схема действия сил автомобиля при использовании регулятора поперечной устойчивости

В случае использования предлагаемого регулятора поперечной устойчивости вес автомобиля, приходящийся на колесо G_n'' , находящееся ниже по склону, уменьшается на величину действия силы при натяжении троса T . В соответствии с предлагаемой схемой, представленной на рисунке 5, при этом условии равновесия автомобиля предлагается определить по выражению:

$$G_n'' B \cos \beta + T \sin \varphi (a \cos \beta + h_g \sin \beta) = G_a (c \cos \beta + h_g \sin \beta), \quad (6)$$

где T – сила натяжения троса, Н; $\varphi = \alpha - \beta$, α – угол крепления троса, град.

Учитывая, что правые части уравнений (5) и (6) равны, получаем:

$$G_n'' B \cos \beta + T \sin \varphi (a \cos \beta + h_g \sin \beta) = G_n' B \cos \beta, \quad (7)$$

откуда

$$G_{п'} - G_{п''} = \frac{T \sin \varphi (a \cos \beta + h_g \sin \beta)}{B \cos \beta} = T \sin \varphi \left(\frac{a}{B} + \frac{h_g}{B} \operatorname{tg} \beta \right). \quad (8)$$

Таким образом, при движении по склону вес автомобиля, приходящийся на колесо, находящееся ниже по склону, в случае использования регулятора поперечной устойчивости уменьшается на величину

$$G_{п'} - G_{п''} = T \sin \varphi \left(\frac{a}{B} + \frac{h_g}{B} \operatorname{tg} \beta \right), \quad (9)$$

что повышает устойчивость автомобиля при движении по склону за счёт перераспределения веса на диагонально расположенный противоположный движитель и изменения центра тяжести.

Рассмотрим, как изменяется нагрузка, приходящаяся на колесо, находящееся ниже по склону, по мере изменения угла наклона автомобиля в поперечной плоскости при выключенном и включенном устройстве.

Рассмотрим частный случай, когда сыпучий груз в кузове автомобиля распределен равномерно, при $c = \frac{B}{2}$, следовательно, учитывая выражение (1) вес автомобиля можно определить, как:

$$G_a = \frac{G_{п}}{c} B = 2G_{п}. \quad (10)$$

Следовательно вес автомобиля при выключенном устройстве, приходящийся на колесо $G_{п'}$, находящееся ниже по склону, с учетом выражений (2) и (5) определяется:

$$G_{п'} B \cos \beta = 2G_{п} \left(\frac{B}{2} \cos \beta + h_g \sin \beta \right). \quad (11)$$

Преобразуем уравнение (11) и выразим коэффициент догружения K_1 колеса, находящегося ниже по склону, как

$$K_1 = \frac{G_{п'}}{G_{п}} = \frac{2h_g}{B} \operatorname{tg} \beta + 1. \quad (12)$$

В случае использования устройства выражение (6) можно преобразовать следующим образом:

$$G_{п''} B \cos \beta + T \sin \varphi (a \cos \beta + h_g \sin \beta) = 2G_{п} \left(\frac{B}{2} \cos \beta + h_g \sin \beta \right), \quad (13)$$

Введём обозначение коэффициента K_2 и выразим из уравнения (13):

$$K_2 = \frac{G_{п''}}{G_{п}} = 1 + \frac{2h_g}{B} \operatorname{tg} \beta - \frac{2T}{G_a} \sin \varphi \left(\frac{a}{B} + \frac{h_g}{B} \operatorname{tg} \beta \right). \quad (14)$$

Результаты исследований.

На основании полученных выражений (12) и (14) и использования экспериментальных данных для автомобиля на рисунке 6 графически представлены зависимости $K_1 = \frac{G_{п'}}{G_{п}}$ и $K_2 = \frac{G_{п''}}{G_{п}}$ от угла наклона автомобиля в поперечной плоскости.

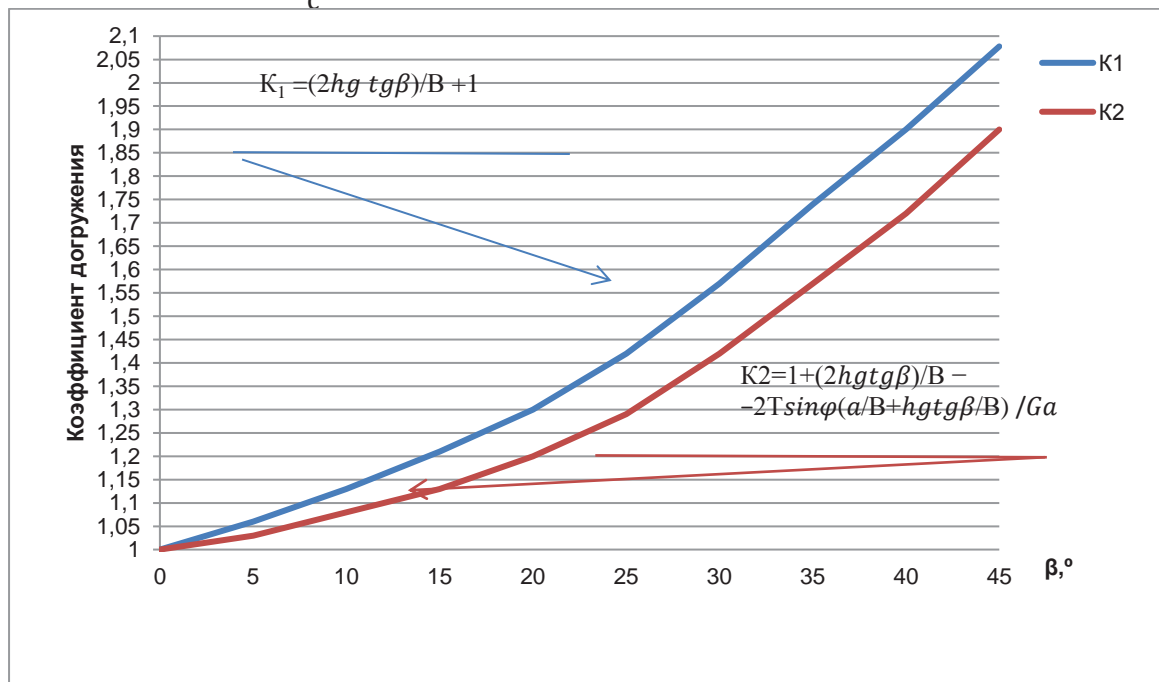


Рис. 6. Зависимость коэффициента догружения колеса, находящегося ниже по склону, от угла наклона автомобиля: K_1 – серийный вариант K_2 – при включенном регуляторе поперечной устойчивости

Как видно из приведенного графика (рисунк 6), при изменении угла наклона β нагрузка на колесо, находящееся ниже по склону, (рис.1) возрастает по гиперболической зависимости, при этом в случае использования догружающего устройства коэффициент догружения снижается более чем на 9%,

Для определения величины поперечного уклона дороги, при котором начинается опрокидывание автомобиля относительно догружаемого колеса, проведены экспериментальные исследования на примере работы автомобилей КамАЗ-55102 при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов по дороге с асфальтобетонным покрытием, в связи с чем фиксируемый коэффициент качения мал, и сопротивлением качению при исследованиях можно пренебречь.

Опрокидывание автомобиля возможно в рассматриваемом случае, если сумма моментов, стремящихся повернуть автомобиль около центра тяжести по часовой стрелке, будет больше суммы моментов, стремящихся повернуть автомобиль против часовой стрелки (рисунок 4)

$$G_a h_g \sin \beta > G_a b \cos \beta, \quad (15)$$

при равномерной нагрузке можно допустить, что $b = \frac{B}{2}$. При этом допущении выражение (15) принимает вид

$$G_a h_g \sin \beta > G_a \frac{B}{2} \cos \beta, \quad (15)$$

следовательно, угол наклона, при котором возможно опрокидывание автомобиля, определяется неравенством

$$tg \beta > \frac{B}{2h_g}. \quad (16)$$

Установим зависимость коэффициента догружения от угла наклона, при котором возможно опрокидывание автомобиля. Учитывая выражения (12) и (16), получаем

$$tg \beta = \frac{(K_1 - 1)B}{2h_g}, \quad (17)$$

$$\frac{(K_1 - 1)B}{2h_g} > \frac{B}{2h_g}, \quad (18)$$

следовательно, $K_1 > 2$

Таким образом, во избежание поперечного опрокидывания коэффициент догружения не может превышать двойного увеличения нагрузки на догружаемое колесо, в рамках проведенного исследования, что соответствует уклону дороги более 40- 44 градуса.

Использование регулятора поперечной устойчивости, позволяет снизить коэффициент догружения, учитывая выражения (14) и (16), на величину

$$K_2 > 2 - \frac{T}{G_a} \left(1 + \frac{2a}{B}\right) \sin \varphi. \quad (19)$$

Вывод. Использование регулятора поперечной устойчивости многоосного транспортного средства позволяет уменьшить нагрузку на колеса автомобиля при движении по склону дороги в сравнении с серийным вариантом более чем на 9% и тем самым повышает поперечную устойчивость автомобиля, скорости движения, обеспечивает безопасную эксплуатацию транспортного средства на дорогах с большим углом наклона и склонах и, как следствие, позволит обеспечить повышение производительности и безопасность перевозки грузов.

Список литературы

1. Алдошин, Н.В. Оптимизация транспортных процессов. Учебное пособие / Н.В. Алдошин, Р. В. Егоров // Москва : ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. - 40 с.
2. Алдошин, Н.В. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов / Н.В. Алдошин, Пехутов А.С. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. - №4.- С. 26-27.
3. Щитов, С.В. Повышение эффективности перевозки сельскохозяйственных грузов / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №2. – С.26-28.
4. Щитов, С.В. Повышение производительности автопоездов с прицепными системами в транспортно-технологическом обеспечении АПК/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.В. Панова // Научное обозрение. – 2014. - №7. – С.469-474.
5. Щитов, С.В. Повышение тягово-сцепных свойств автомобиля на транспортных работах / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Научное обозрение. – 2012. - №3. – С.119-125.
6. Щитов, С.В. Пути улучшения тягово-сцепных свойств транспортно-энергетических средств/ С.В. Щитов, В.Ф. Кузин, З.Ф. Кривуца // Вестник «Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им В.Р. Филиппова». – 2012. - №4. – С.55-61.
7. Щитов, С.В. Повышение производительности автопоездов с прицепными системами в транспортно-технологическом обеспечении АПК/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.В. Панова // Научное обозрение. – 2014. - №7. – С.469-474.

8. Евдокимов, В.Г. Методы повышения тягово-сцепных свойств транспортных средств / В.Г. Евдокимов, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Двойные технологии. – 2012. – №2. – С.75-77.
9. Щитов, С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колёсных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис...д-ра техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2009. - 325 с.
10. Антонов, Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д.А. Антонов. – Москва : Машиностроение, 1970. – 176 с.
11. Гребнев, В.П. Эффективность корректирования вертикальных нагрузок на колеса тракторного транспортного агрегата / В.П. Гребнев, А. В. Бочаров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001.- № 7.- С. 5-7.
12. Кузнецов, Е.Е. Методологическое обоснование выбора конструкции устройств рационального перераспределения сцепного веса / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов [и др.] // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». - 2016. - №2(24). - 24 с.
13. Кривуца, З.Ф. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения АПК Амурской области : дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. - Благовещенск, 2015.- 362 с.
14. Ксенович, И.П. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия в 3-х томах. Том 1. Введение в теорию и методологию исследования наземных тягово-транспортных систем / И.П. Ксенович, В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман // Москва : ВИМ, Машиностроение, 2003. - 743 с.
15. Кузнецов, Е.Е. Повышение тягово-сцепных свойств тракторно-транспортных агрегатов за счёт использования межколёсного регулятора / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. - 2017.-№1(41). - С.96-103.
16. Догружающее устройство энергетического средства / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, В.И. Худовец // Патент на полезную модель № 167513, Заявка № 2016125050 от 22.06.2016, зарегистрировано ФИПС 22.06.2016 г. Опубликовано 10.01.2017. Бюл. № 1.
17. Корректор центра масс колёсного транспортного средства / Е.Е. Кузнецов, Щитов С.В. [и др.] // Патент на полезную модель № 166833, Заявка № 2016112011 от 30.03.2016. Опубликовано 10.12.2016. Бюл. № 34.
18. Межколёсный регулятор нагрузки автомобиля / Е.Е. Кузнецов, Щитов С.В. [и др.] // Патент на полезную модель № 164614, Заявка № 2016105934 от 19.02.2016. Опубликовано 10.09.2016. Бюл. № 25.
19. Пружинный регулятор тяговой нагрузки / Е. Е. Кузнецов, Щитов С.В. [и др.] // Патент на изобретение № 2590783, Заявка № 2015109927/11 от 20.03.2015. Опубликовано 10.07.2016. Бюл. № 19.
20. Регулятор поперечной устойчивости колёсного энергетического средства /Е.Е.Кузнецов, Щитов С.В. [и др.]// Патент на полезную модель № 169390, Заявка № 2016130038 от 21.07.2016. Опубликовано 16.03.2017. Бюл. № 8.
21. Регулятор поперечной устойчивости многоосного транспортного средства /Е. Е. Кузнецов, Щитов С.В. [и др.] // Патент на изобретение № 2658718, Заявка № 2017119106 от 31.05.2017. Опубликовано 22.06.2018. Бюл. № 18.
22. Стабилизатор вертикальных колебаний моста колёсного транспортного средства / Е.Е. Кузнецов, Щитов С.В. [и др.] // Патент на полезную модель № 154775, Заявка № 2015117097 от 05.05.2015. Опубликовано 10.09.2015. Бюл. № 25.
23. Тросовый догружатель колёсного энергетического средства /Е. Е. Кузнецов, Щитов С.В. [и др.] // Патент на полезную модель № 164093, Заявка № 2015153394/11 от 11.12.2015. Опубликовано 20.08.2016. Бюл. № 23.
24. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, 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: 5.11.2018 года

Reference

1. Aldoshin, N.V., Egorov, R.V. Optimizaciya transportnyh processov. Uchebnoe posobie (Optimization of Transport Processes. Textbook), Moskva, FGBOU VPO MGAU, 2011, 40 p.
2. Aldoshin, N.V., Pekhutov, A.S. Povyshenie proizvoditel'nosti pri perevozke sel'skohozyajstvennyh gruzov (Productivity Improvement of Agricultural Transportation), *Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva*, 2012, No 4, PP. 26-27.
3. Shchitov, S.V., Krivuca, Z.F. Povyshenie ehffektivnosti perevozki sel'skohozyajstvennyh gruzov (Improving the Efficiency of Agricultural Transportation), *Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva*, 2011, No 2, PP.26-28.
4. Shchitov, S.V., Z.F. Krivuca, Z.F., Panova, E.V. Povyshenie proizvoditel'nosti avtopoezdov s pricepnymi sistemami v transportno-tekhnologicheskom obespechenii APK (Productivity Improvement of Road-Trains

with Trailer Systems in Transport and Technological Support for Agro-Industrial Complex), *Nauchnoe obozrenie*, 2014, No 7, PP. 469-474.

5. Shchitov, S.V., Krivuca, Z.F. Povyshenie tyagovo-scepnnyh svojstv avtomobilya na transportnyh rabotah (Enhancement of Towing and Coupling Properties of the Vehicle during Transportation), *Nauchnoe obozrenie*, 2012, No 3, PP.119-125.

6. Shchitov, S.V., Kuzin, V.F., Krivuca, Z.F. Puti uluchsheniya tyagovo-scepnnyh svojstv transportno-ehnergeticheskikh sredstv (Ways to Improve Towing and Coupling Properties of the Transport Facilities), *Vestnik «Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im V.R. Filippova»*, 2012, No 4, PP. 55-61.

7. Shchitov, S.V., Krivuca, Z.F., Panova, E.V. Povyshenie proizvoditel'nosti avtopoezdov s pricepnymi sistemami v transportno-tehnologicheskom obespechenii APK (Productivity Improvement of Road-Trains with Trailer Systems in Transport and Technological Support for Agro-Industrial Complex), *Nauchnoe obozrenie*, 2014, No 7, PP.469-474.

8. Evdokimov, V.G., Shchitov, S.V., Krivuca, Z.F. Metody povysheniya tyagovo-scepnnyh svojstv transportnyh sredstv (Methods to Improve the Traction Characteristics of Vehicles), *Dvojnye tekhnologii*, 2012, No 2, PP. 75-77.

9. Shchitov, S.V. Puti povysheniya agrotekhnicheskoy prohodimosti kolyosnyh traktorov v tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennykh 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...d-ra tekhn. nauk: 05.20.01. Blagoveshchensk*, 2009, 325 p.

10. Antonov, D.A. Teoriya ustojchivosti dvizheniya mnogoosnyh avtomobilej (Theory of Roadholding Ability of Multiaxial Vehicles), Moskva, Mashinostroenie, 1970, 176 p.

11. Grebnev, V.P., Bocharov, A.V. Ehhfektivnost' korrekcionirovaniya vertikal'nyh nagruzok na koleasa traktornogo transportnogo agregata (Efficiency of Correction of Vertical Loads on the Wheels of the Tractor-Transport Unit), *Traktory i sel'skohozyajstvennyye mashiny*, 2001, No 7, PP. 5-7.

12. Kuznecov, E.E. Metodologicheskoe obosnovanie vybora konstrukcii ustrojstv racional'nogo pereraspredeleniya scepnogo vesa (Methodological Substantiation of the Choice of the Device Design for Rational Redistribution of Coupling Weight), E.E. Kuznecov, S.V. Shchitov [i dr.], *Ehlektronnyj nauchno-proizvodstvennyj zhurnal «AgroEHkoInfo»*, 2016, No 2(24), 24 p.

13. Krivuca, Z.F. Povyshenie ehffektivnosti transportno-tehnologicheskogo obespecheniya APK Amurskoj oblasti (Improving the Efficiency of Transport and Technological Support for Agriculture of the Amur Region), *dis. d-ra tekhn. nauk: 05.20.01, Blagoveshchensk*, 2015, 362 p.

14. Ksenevich, I.P., Goberman, V.A., Goberman, L.A. Nazemnyye tyagovo-transportnye sistemy. Ehnciklopediya v 3-h tomah. Tom 1. Vvedenie v teoriyu i metodologiyu issledovaniya nazemnyh tyagovo-transportnyh sistem (Ground Traction and Transport Systems. Encyclopedia in 3 Volumes. Volume 1. Introduction to the Theory and Methodology of Study of Ground Traction and Transport Systems), Moskva, VIM, Mashinostroenie, 2003, 743 p.

15. Kuznecov, E.E. Povyshenie tyagovo-scepnnyh svojstv traktorno-transportnyh agregatov za schyot ispol'zovaniya mezhkolyosnogo regulatora (Improvement of Traction and Coupling Properties of Tractor-Transport Units due to the Use of the Cross-Axle Regulator), E.E. Kuznecov, S.V. Shchitov [i dr.], *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2017, No 1(41), PP. 96-103.

16. Dogruzhayushchee ustrojstvo ehnergeticheskogo sredstva (Weight Transfer Unit of Transport Facility), S.V. Shchitov, E.E. Kuznecov, V.I. Hudovec, Patent na poleznuyu model' No 167513, Zayavka № 2016125050 ot 22.06.2016, zaregistrovano FIPS 22.06.2016 g. Opublikovano 10.01.2017, Byul. No 1.

17. Korrektor centra mass kolyosnogo transportnogo sredstva (Wheeled Vehicle Mass Center Adjuster), E.E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' № 166833, Zayavka № 2016112011 ot 30.03.2016. Opublikovano 10.12.2016, Byul. No 34.

18. Mezhkolyosnyj regulatory nagruzki avtomobilya (Vehicle Cross-Axle Load Regulator), E.E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' No 164614, Zayavka No 2016105934 ot 19.02.2016. Opublikovano 10.09.2016, Byul. No 25.

19. Pruzhinnyj regulatory tyagovoj nagruzki (Traction Load Spring Regulator), E. E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na izobretenie No 2590783, Zayavka No 2015109927/11 ot 20.03.2015. Opublikovano 10.07.2016, Byul. No 19.

20. Regulatory poperechnoj ustojchivosti kolyosnogo ehnergeticheskogo sredstva (Wheeled Transport Facility Lateral Stability Control), E.E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' No 169390, Zayavka No 2016130038 ot 21.07.2016. Opublikovano 16.03.2017, Byul. № 8.

21. Regulatory poperechnoj ustojchivosti mnogoosnogo transportnogo sredstva (Multi-Axle Vehicle Lateral Stability Control), E. E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na izobretenie No 2658718, Zayavka No 2017119106 ot 31.05.2017. Opublikovano 22.06.2018. Byul. No 18.

22. Stabilizator vertikal'nyh kolebanij mosta kolyosnogo transportnogo sredstva (Stabilizer of Vertical Oscillations of the Axle of a Wheeled Vehicle), E.E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' No 154775, Zayavka No 2015117097 ot 05.05.2015. Opublikovano 10.09.2015. Byul. No 25.

23. Trosovyj dogruzhatel' kolyosnogo ehnergeticheskogo sredstva (Cable Weight Transfer Unit of Wheeled Transport Facility), E. E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' No 164093, Zayavka No 2015153394/11 ot 11.12.2015. Opublikovano 20.08.2016. Byul. No 23.

24. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting, S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, 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: 5.11.2018 goda

УДК 631.3
ГРНТИ 68.85

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14114

Курдюмов В.И., д-р техн.наук, профессор;
Павлушин А.А., д-р техн.наук, профессор;
Сутягин С.А., канд.техн.наук, доцент;
Прошкин Е.Н., канд.техн.наук, доцент;
Прошкин В.Е., ассистент;
Артемьев В.В., студент,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина»,
г. Ульяновск, Ульяновская область, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЕННОГО ГРУНТА В УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА

© Курдюмова В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А.,
Прошкин Е.Н., Прошкин В.Е., Артемьев В.В., 2018

В настоящее время для улучшения роста и развития домашних растений широко применяют почвенный грунт. Для приготовления качественного почвенного грунта необходимо, чтобы его компоненты были качественно смешаны в заданных пропорциях. Существующие установки обладают недостатками: сложность конструкции, повышенная энергоёмкость, низкое качествоготавливаемого грунта. Нами предложена установка для приготовления грунта непрерывного типа, включающая шнековый транспортер с зубчатыми витками. Полученные теоретические уравнения были использованы для определения параметров наименее энергоёмкого привода, который при этом обеспечит требуемое качествоготавливаемого грунта. В качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент степени смешивания K , так как он всесторонне оценивает исследуемый процесс, а также позволяет связать независимые факторы технологического процесса в математическую модель. Исследование установки проводили на почвенно-торфяном грунте с добавлением пенопластового наполнителя. После проведенных экспериментальных исследований было составлено уравнение регрессии и построена графическая зависимости влияния независимых факторов на критерий оптимизации. После проведенных экспериментальных исследований и анализа их результатов определены оптимальные значения независимых факторов процесса приготовления грунта для растений. Так, частота вращения шнека - 219 мин⁻¹, радиус витков шнека - 12 мм. При этом пропускная способность установки составляет 39 кг/ч, а коэффициент степени смешивания максимален и равен 0,96. Внедрение в производство разработанного смесителя грунта позволит обеспечить годовой экономический эффект в размере 48036,24 рубля в сравнении с использованием для этих целей торфосмесителя МС 1120.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СМЕШИВАНИЕ КОРМА, СМЕСИТЕЛЬ КОРМОВ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА, СПИРАЛЬНЫЙ ВИНТ.