

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОПРОХОДИМЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

С. Н. Марков¹, Е. Е. Кузнецов², С. В. Щитов³

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹e-mail: toyota103@mail.ru

²e-mail: ji.tor@mail.ru

³e-mail: shitov.sv1955@mail.ru

***Аннотация.** Проблема соблюдения сроков уборки урожая актуальна в регионах, где своевременность вывоза во многом зависит от природно-климатических условий, при этом немалую роль играют и технические возможности товаропроизводителей, а именно их оснащённость высокопроходимыми автомобилями, участвующими в транспортно-технологическом обеспечении агропромышленного комплекса.*

Используемые в настоящий момент многоцелевые автомобили высокой грузоподъёмности, например, семейства КамАЗ, обладая рядом преимуществ, имеют невысокие тягово-сцепные свойства при передвижении по почвам с низкой несущей способностью.

Рациональным способом является повышение тягово-сцепных свойств при снижении нормального давления на почву и использование в составе автопоезда с одновременным использованием корректирующих устройств в его конструкции.

Целью данной работы является улучшение процесса транспортного обеспечения на основе своевременного вывоза полученного урожая с полей.

Актуальность исследований обоснована необходимостью совершенствования процесса вывоза урожая с полей за счет совершенствования ходовой системы автомобиля, условий реализации его тягово-сцепных свойств и увеличению объёма перевозимого груза путём использования многозвенных транспортных поездов.

Научная новизна работы заключается в результатах теоретических исследований влияния ширины контакта колёсного движителя на тягово-сцепные свойства автомобиля и корректирования транспортного коридора многозвенного автопоезда.

***Ключевые слова:** автомобиль, автопоезд, прицеп, поворот, тягово-сцепные свойства.*

***Для цитирования:** Марков С. Н., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Расширение возможностей эксплуатации высокопроходимых автомобилей в транспортно-технологическом обеспечении агропромышленного комплекса // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 4. – С. 143–149. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-4-143.*

EXPANDING THE OPERATION OF HIGH-PASSABLE VEHICLES IN THE TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

S. N. Markov¹, E. E. Kuznetsov², S. V. Shchitov³

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹e-mail: toyota103@mail.ru

²e-mail: ji.tor@mail.ru

³e-mail: shitov.sv1955@mail.ru

***Abstract.** The problem of meeting harvest dates is relevant in regions where the timeliness of export largely depends on natural and climatic conditions, with a significant role played and the technical capabilities of the producers, namely their equipment of high-passable vehicles involved in the transport and technological support of the agro-industrial complex.*

The high-load multi-purpose vehicles currently used, such as the Kamaz family, have a number of advantages, have low traction-clutch properties when moving on soils with low carrying capacity.

A rational way is to increase the traction-chain properties while reducing the normal pressure on the soil and use in the composition of the road train with the simultaneous use of corrective devices in its design.

The aim of this work is to improve the transport process by taking the harvest out of the fields in a timely manner.

The relevance of the research is justified by the need to improve the process of exporting crops from the fields by improving the vehicle's running system, conditions for the implementation of its traction-clutch properties and an increase in the volume of cargo carried by the use of multi-link transport trains.

The scientific novelty of the work lies in the results of theoretical studies of the impact of the width of contact of the wheel engine on the traction-clutch properties of the car and the adjustment of the transport corridor of the multi-link road train.

Key words car, autotractor, trailer, turn, traction-clutch properties.

Cite as: Markov, S. N., Kuznetsov, E. E., Shchitov, S. V. (2020) [Expanding the operation of high-passable vehicles in the transport and technological support of the agro-industrial complex]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, 143–149. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-4-143.

Введение

Возможности повышения эффективности использования автомобилей во многом определяются конструктивно-технологическими параметрами. Необходимо отметить, что при проектировании многоцелевых автомобилей обычно предусматривается эксплуатация на дорогах с улучшенным покрытием, обеспечивающих полную реализацию двигателями их тягово-сцепных свойств (An Overview of China's Transport Sector, EASTE Working Paper, 15, World Bank, Washington DC., 2007) [15,16].

Эксплуатация же автомобилей для нужд агропромышленного комплекса, подразумевает уверенное движение на почвах с низкой несущей способностью [1], что ограничивает возможности их использования [3].

Опыт применения многоцелевых автомобилей высокой грузоподъемности семейства КамАЗ моделей 55115, 6520, в этот период при вывозе урожая с полей показывает, что высокая мощность силовой установки не может быть реализована конструкцией двигателя, что приводит к средним и тяжёлым застреваниям, применению средств эвакуации, энергоёмких работ и специального оборудования. Часто, при въезде на поле, автомобили изначально берутся на буксирное сопровождение тракторами, что повышает технологическое воздействие на почву и увеличивает себестоимость транспортной операции.

Решить выше обозначенную задачу возможно за счет применения приёмов и методов, обеспечивающих полную реализацию тягово-сцепных свойств колёсных двигателей автомобилей в вышеприведенных условиях [2, 14, 19], что, в конечном итоге, позволит расширить диапазон их потенциальных возможностей [8, 19], в частности при использовании в качестве агрегируемого тягача в составе многозвенного транспортного агрегата [4, 7, 20].

Однако регламентирующими эксплуатацию документами ограничивается длина многозвенных транспортных поездов величиной в 20 метров, так как при использовании нескольких прицепов и дышловых тяговых устройств в составе автопоезда наблюдается изменение ширины транспортного

коридора в повороте в сторону увеличения, что нарушает условия безопасности движения, при этом агрегируемые звенья (прицепы) движутся по полю встречного движения.

Рассмотрению этого вопроса посвящён ряд работ авторов [6, 7, 11–13, 17, 18], нами же предлагается решить данную проблему с помощью оптимизирования траектории движения автопоезда, для этого требуется установить приспособление, позволяющее корректировать горизонтальное расположение точки соединения прицепных звеньев и автомобиля. На данное устройство получен патент РФ на изобретение № 2613367 [5], что подтверждает его техническую новизну, изобретательский уровень и промышленную применимость. С целью проверки работоспособности данного устройства были проведены исследования в реальных условиях эксплуатации тракторно-транспортных поездов, которые частично опубликованы в работах [9, 10]. В данной статье приводятся результаты теоретических исследований по повышению эффективности использования среднетоннажных высокопроходимых автомобилей марки ГАЗ-33086 в составе многозвенного транспортного поезда в период проведения уборочных работ.

Материалы и методы

При исследованиях за основу были взяты методические указания по выбору параметров колёсного двигателя с допустимым по ГОСТ 26955-86 воздействием на почву (Методические указания по выбору параметров колёсного двигателя с допустимым по ГОСТ 26955-86 воздействием на почву / сост.: В. Н. Белковский [и др.]. – Днепропетровск. – М.: НИИ КГШ – ВИМ, 1989. – 18 с., 1989), позволяющие провести анализ факторов, определяющих взаимосвязь между используемым двигателем и его нормальным давлением на почву. Использование данной методики в процессе проводимых исследований, способствовало разработке частных методических приёмов, которые предоставили возможности установления математических зависимостей влияния используемого двигателя на тягово-сцепные свойства автомобиля.

Рассмотрение процесса повышения эффективности использования транспортных средств с учетом реальных взаимосвязей системообразующих параметров было получено при использовании описанного ранее подхода [8, 14]. В исследованиях использовались современные статистические методы планирования многофакторных экспериментов, которые позволяют выделить наиболее активно взаимодействующие факторы и не исследовать зависимости, оказывающие незначительное влияние на объект исследования.

Результаты исследований обрабатывались с помощью методов математической статистики в специализированных программах Mathcad и SigmaPlot v.11.0.

Одним из способов снижения нормального давления на почву и повышения тягово-сцепных свойств автомобиля является увеличение площади контакта движителя с почвой.

Увеличение площади контакта позволяет повысить касательную силу тяги, развиваемую колесом. Ранее проведенные исследования доказали эффективность применения этого метода [8, 9]. Таким образом увеличение площади контакта позволяет в целом повысить тяговое усилие, а следовательно и производительность мобильного транспортно-энергетического средства.

Одним из способов увеличения площади контакта движителя с почвой может служить применение арочных шин, конструкционной особенностью которых является меньшая высоты ободины колеса при широкой ширине профиля, что позволит

наиболее эффективно использовать эффективную мощность двигателя на реализацию тягово-сцепных свойств, а не на преодоление сил сопротивления почвы движению при её высокой влажности и липкости.

При этом предлагается устанавливать арочные шины на среднетоннажные высокопроходимые полноприводные автомобили марки ГАЗ 33086, широко используемые в сельском хозяйстве и имеющие запас мощности по двигателю ЯМЗ-534, что является перспективным направлением, которому ранее не уделялось достаточного внимания исследователей.

Это позволит увеличить его производительность за счёт повышения тягового усилия и использовать в качестве тягача в составе многозвенных транспортных поездов.

Результаты и обсуждение

Как отмечалось ранее, величина тягового усилия, развиваемого колесом, напрямую зависит от площади контакта движителя с почвой, то есть от ширины используемого колеса. Повышение тягового усилия даёт возможность повышения производительности автомобилей за счёт использования их в составе многозвенных поездов. Основной проблемой в данном случае является увеличение транспортного коридора. С целью его уменьшения, непосредственно для многозвенного поезда на арочных шинах, предлагается использовать устройство для его корректирования [5, 10]. Схема работы устройства показана на рисунке 1.

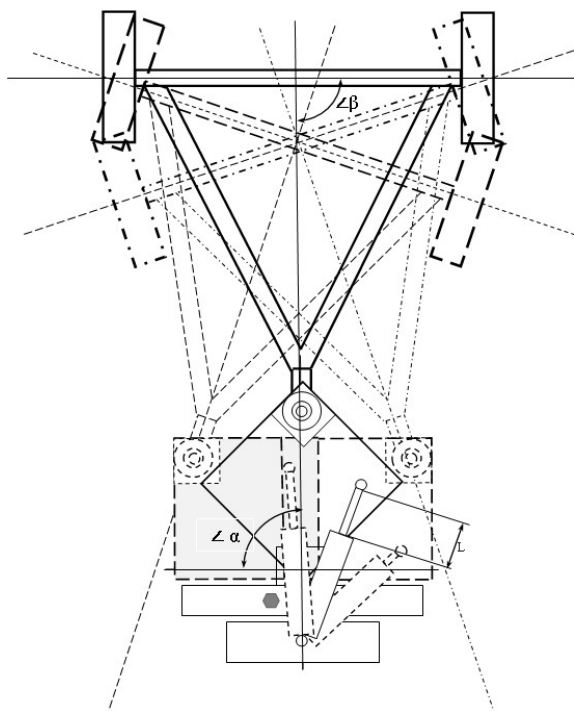


Рисунок 1. Схема работы корректирующего устройства

Устройство применяется следующим образом. При передвижении автопоезда, состоящего из автомобиля и прицепных звеньев, по почвам с низкой несущей способностью, увеличении величины буксования на одном из ведущих колёс или необходимости корректирования траектории движения, водителем включается гидрораспределитель, который через распределитель втягивает или выдвигает рабочий шток силового гидроцилиндра, при этом плоская квадратная план-шайба поворачивается в шарнире, вертикально фиксируясь в поперечине создающимся пассивным замком между поверхно-

стью план-шайбы и параллельными гранями полок швеллерной балки, передавая часть собственной нагрузки агрегируемого прицепа через его дышло на подвеску и ведущие колёса буксирующего автомобиля и побортно перемещая точку приложения сцепного веса прицепа, что позволяет снизить буксование, увеличить тяговое усилие и агротехническую проходимость, провести корректировку транспортного коридора, а, следовательно, повысить производительность и безопасность движения автомобилей при агрегатировании с прицепами в ходе выполнения сельскохозяйственных работ.

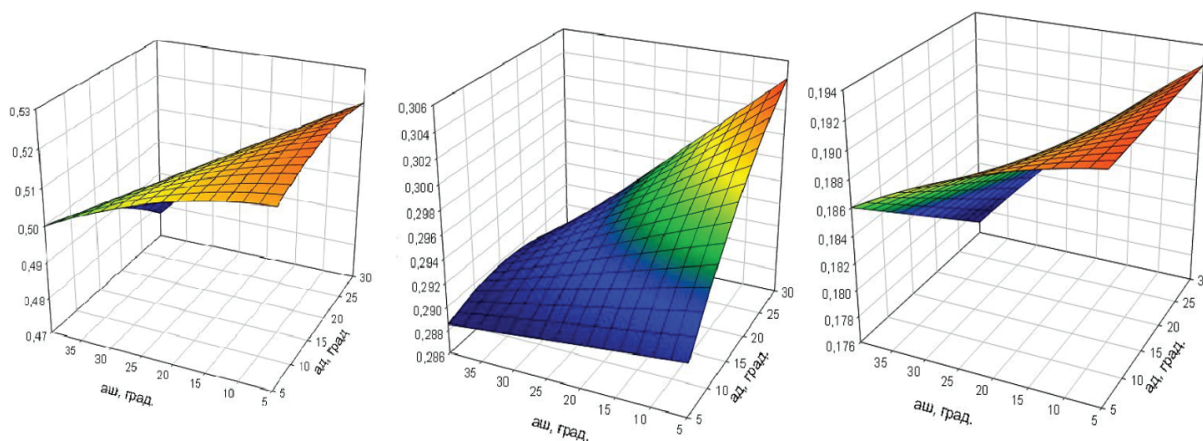


Рисунок 2. 3D-графические модели (поверхности отклика) зависимостей от ад и аш (при зафиксированной на нулевом уровне $h_{пр} = 0,65$ метра)

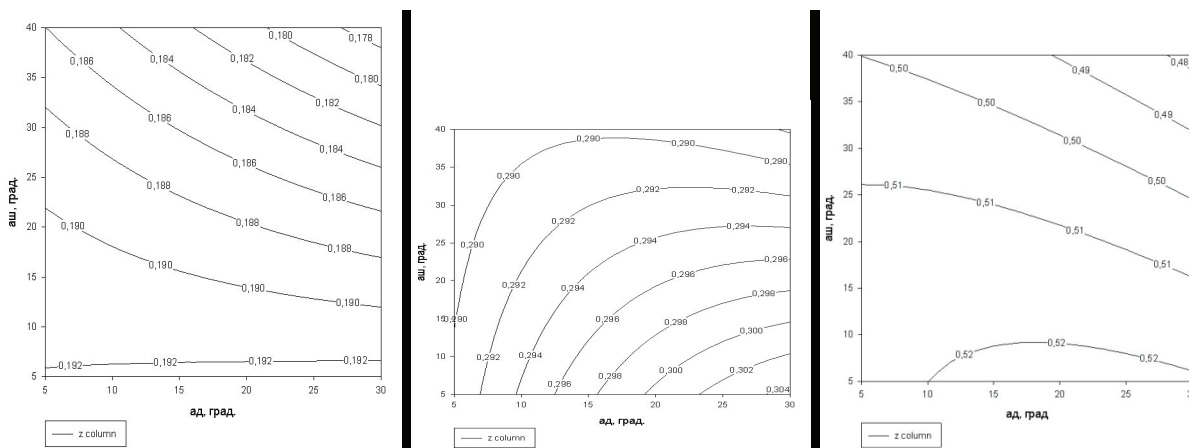


Рисунок 3. Сечение поверхности отклика при обработке зависимостей радиуса поворота от ад и аш (при зафиксированной на нулевом уровне $h_{пр} = 0,65$ метра)

В результате проведения теоретических исследований, получения первичных данных и многофакторного эксперимента были определены основные факторы, влияющие на ширину транспортного коридора, а именно:

- угол поворота план-шайбы, установленной между автомобилем и первым прицепом (аш);
- угол поворота дышла прицепа (ад);

– длина выхода штока гидроцилиндра ($h_{пр}$).

В ходе моделирования были выделены оптимальные значения факторов, при которых разница значений радиуса поворота автомобиля, радиуса поворота первого прицепа и радиус поворота второго прицепа стремится к минимуму методом компромиссных решений. Данный метод относится к графическим способам определения оптимумов

и заключается в наложении сечений поверхностей откликов друг на друга.

Рассмотрим влияние угла поворота дышла прицепа (ад) и угла поворота план-шайбы установленной между автомобилем и первым прицепом (аш) (при зафиксированной на нулевом уровне длина выхода штока гидроцилиндра $h_{пр} = 0,65$ метров.) на радиус поворота с использованием предлагаемого устройства. 3D- графические модели (поверхности отклика) и сечения поверхностей представлены рисунке 2 и рисунке 3.

В результате проведенных исследований установлено, что минимальный радиус поворота будет достигнут при длине выхода штока гидроцилиндра на расстоянии от 0,18 до 0,25 м.

Заключение

Результат проведенных работ позволяет сделать заключение, что повысить эффективность использования среднетоннажных высокопроходимых полноприводных автомобилей на транспортных работах, связанных с вывозом урожая с полей, возможно за счёт постановки арочных автомобильных шин, позволяющих увеличить тяговое усилие колёсного энергетического средства.

Использование же предлагаемого устройства для корректирования радиуса поворота и транспортного коридора многозвенного поезда представит возможность их оптимизации в движении и повысит транспортную безопасность используемого многозвенного агрегата при выполнении перевозочных операций.

Проведёнными исследованиями обосновано применение автомобилей ГАЗ-33086 в составе многозвенного транспортного агрегата при его эксплуатации в условиях низкой несущей способности почв. Исследования применения среднетоннажного многозвенного транспортного агрегата на арочных шинах в условиях низкой несущей способности почв, вызванных их гранулометрическим составом, типом и влажностью, на полевых участках и дорогах сельскохозяйственного назначения 5 технической категории представляются перспективным направлением развития современных знаний об уровнях и возможностях технической эксплуатации автомобилей, имеющих достаточную промышленную применимость, что обосновывает необходимость дальнейших научно-исследовательских работ в данном направлении.

Литература

1. Алдошин Н. В., Пехутов А. С. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 4. – С. 26–27.
2. Алдошин Н. В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5–7.
3. Асманкин Е. М., Юмакаева С. В., Фомин М. Б. К вопросу развития энергосберегающих технологий в АПК // Известия ОГАУ. – 2012. – № 2. – С. 77–79.
4. Гуськов Ю. А. Рациональные технологические схемы и технические средства для сбора и транспортировки грубых кормов: монография. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского ГАУ, 2006. – 150 с.
5. Пат. 2613367. Гидрорегулируемое буксирное устройство колёсного трактора: Рос. Федерация/ Щитов С. В, Кузнецов Е. Е.; заявитель и патентообладатель Дальневосточный гос. агр. университет – № 2613367; заявл. 13.08.2015; опубл. 16.03.2017 Бюл. № 8. – 10 с
6. Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Бейлис В. М. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса: монография. – М.: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2019. – 228 с.
7. Измайлов А. Ю. Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 2. – С. 8–10.
8. Иофинов С. А., Цырин А. А. Эксплуатация тракторов и автомобилей на транспортных работах в сельском хозяйстве / С. А. Иофинов, А. А. Цырин – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1975. – 288 с.
9. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография. – Благовещенск: изд-во ДальГАУ, 2017. – 272 с.
10. Кузнецов Е. Е., Марков С. Н., Кушнарев А. Н., Кривуца З. Ф. Способ корректирования траектории движения сельскохозяйственного транспортно-технологического комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://izron.ru/articles/aktualnye-voprosy-nauki-i-tehniki-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-nauchno-praktich/sektsiya-8-transport-i-svyaz-korablestroenie-spetsialnost-05-22-00-05-08-00/sposob-korrektirovaniya-traektorii-dvizheniya-selskokhozyaystvennogo-transportno-tekhnologicheskogo/> (дата обращения: 23.05.2020).
11. Лобачевский Я. П., Сапьян Ю. Н, Сулейманов М. И. Проектирование перспективной системы машин для АПК, учитывающей требования к топливам и смазочным материалам // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9(267). – С. 2–6.

12. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 7. – С. 2–7.
13. Николин В. И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов / В. И. Николин – М.: Транспорт, 1990. – 192 с.
14. Щитов С. В. Пути снижения техногенного воздействия колесной энергетики в условиях Дальнего Востока: монография. – Благовещенск: изд-во ДальГАУ, 2004. – 211 с.
15. Bulinski J., Niemczyk H. Effect of moisture content in soil on its compaction caused by multiple running of agricultural vehicles// Ann.Warsaw Agr. Univ. Agr. – 2007. – № 50. – pp. 3–8.
16. Janić Milan. Advanced Transport Systems: Analysis, Modeling, and Evaluation of Performances/ Milan Janić. – Springer-Verlag London, 2014. – 408 p.
17. Jordan Carl F. An Ecosystem Approach to Sustainable Agriculture. Energy Use Efficiency in the American South: Series: Environmental Challenges and Solutions/ Carl F Jordan – Springer Netherlands, Vol. 1, 2013. – 247 p.
18. Kim H. H, Ryu J. Sideslip Angle Estimation Considering Short-duration Longitudinal Velocity Variation// International Journal of automotive Technology. – 2011. – № 12(4). – pp. 545–553.
19. Mitschke A. Aufbau und Wirung des Antiblockiersystem ABS für Nutzfahrzeug// Automobiltechnik Z. – 1981. – № 9. – pp. 443–446.
20. Wanki Cho, Jaewoong Choi, Chongkap Kim, Seibum Choi, and Kyongsu Yi. Unified Chassis Control for the Improvement of Agility, Maneuverability, and Lateral Stability// IEEE Transactions on Vehicular technology. – 2012. – № 61(3). – pp. 1008–1029.

References

1. Aldoshin, N.V., Pehutov, A.S. (2012) [Increased productivity in the transportation of agricultural goods]. *Mechanizaciya i elektrifikaciya selskogo hozaystva* [Mechanization and electrification of agriculture]. Vol. 4, pp. 26–27. (In Russ.).
2. Aldoshin, N. V (2007) [Stability of technological processes in crop production]. *Mechanizaciya i elektrifikaciya selskogo hozaystva* [Mechanization and electrification of agriculture]. Vol. 3, pp. 5–7. (In Russ.).
3. Asmankin, E. M., Yumakayeva, S. V. Fomin, M. B. (2012) [To the development of energy-saving technologies in the APC goods]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [Proceedings of OGAU]. Vol. 2, pp. 77–79. (In Russ.).
4. Guskov, Y. A. (2006) *Razionalnye shemi i technicheskie sredstva dlya sbora i transportirovki grubich kormov* [Rational technological schemes and technical means for collecting and transporting coarse feeds]. Novosibirsk: 150 p.
5. Schhitov, S. V. (2015) *Gidrorereguliruyemoye buksirnnoye ustroystvo kolosnogo traktora: Ros. Federatsiya*. Hydro-regulated tugboat of the wheel tractor Pat. invention No. 2613367 Ros. The Federation is an applicant and patent holder of the Far East State. Epr. University. I did. 13.08.2015, registered 13.08.2015, opuble. March 16, 2017 Bul. No 8.
6. Izmaylov, A.Y., Lobachevsky, Y.P., Baylis, V.M. (2019) *Innovatsionnaya Sistema mashinno-technologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agropromishlennogo kompleksa* [Innovative system of machine and technology support of agro-industrial complex enterprises]. Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM-Moscow. 228 p.
7. Izmaylov, A. Y. (2006) [Increased use of transport in agriculture]. *Technika v selskom kchozyaistve* [Agricultural technology]. Vol. 2, pp. 8–10 (In Russ.).
8. Iofinov, S. A., Tsyryn, A. A. (1975) *Ekspluatatsiya traktorov i avtomobiley na transportnykh rabotakh v sel'skom khozyaystve* [Exploitation of tractors and cars on transport works in agriculture]. Leningrad, Kolos: 228 p.
9. Kuznetsov, E. E., Schitov S. V. (2017) *Povishenie effektivnosti ispolzovaniya mobilnich energeticheskikh sredstv v technologii vozdeleyvaniya selskohozyaystvennykh culture* [Increasing the efficiency of the use of mobile energy in crop cultivation technology]. Dalgau-Blagoveschensk: 272 p.
10. Kushnarev, A. N. (2019) [The way to adjust the trajectory of the agricultural transport and technology complex]. Actual issues of science and technology,” Issue VI, Collection of Scientific Works on the results of the international scientific and practical conference. Samara, pp. 23–26. Available at: http://izron.ru/upload/iblock/faa/sbornik_tekhnicheskije-nauki-g.-samara_-2019_szhatyy.pdf (In Russ.).
11. Lobachevsky, J. P., Sapiyan, Y. N, Suleimanov (2019) [Designing a promising system of machines for the agricultural sector, taking into account the requirements for fuels and lubricants]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela* [Technique and equipment for the village]. Vol. 9 (26), pp. 2–6. (In Russ.).
12. Lachuga, J. F. (2018) [Intensive machinery, robotic technical and digital systems for the production of

major agricultural production groups]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela* [Equipment and equipment for the village]. – 2018. – No. 7. – S. 2–7

13. Nicolin, V. I. (1990) *Avtotransportnyy protsess i optimizatsiya yego elementov* [Motor ingbusiness and optimization of its elements]. Moscow: Transport, 192 p.

14. Schitov, S. V. (2004) *Puti snizheniya tekhnogenogo vozdeystviya kolesnoy energetiki v usloviyakh Dal'nego Vostoka: monografiya* [Ways to reduce manmade impact of wheel energy in the Far East: Monograph]. Blessing: Dalgau, 211 p.

15. Bulinski, J. (2007) Effect of moisture content in soil on its compaction caused by multiple running of agricultural vehicles. *Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr.* – Vol. 50, pp. 3–8. (In Russ.).

16. Janić, Milan. (2014) *Advanced Transport Systems: Analysis, Modeling, and Evaluation of Performances*, 408 p.

17. Jordan, Carl F. (2013) An ecosystem approach to sustainable agriculture. energy use efficiency in the American South: Series: Environmental Challenges and Solutions, Vol. 1. 247 p.

18. Kim, H. H., Ryu, J. (2011) “Sideslip Angle Estimation Considering Short-duration Longitudinal Velocity Variation”. *International Journal of automotive Technology*. Vol. 12(4), pp. 545–553. (In Engl.).

19. Mitschke, A. (1981) Aufbau und Wirung des Antiblockiersystem ABS für Nutzfahrzeuge. — *Automobiltechnik Z.*, Vol. 9, pp. 439. – pp. 443–446.

20. Wanki, Cho, Jaewoong, Choi, Chongkap, Kim, Seibum, Choi, and Kyongsu Yi. (2012) Unified Chassis Control for the Improvement of Agility, Maneuverability, and Lateral Stability. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY*. Vol. 61, No. 3, pp. 1008–1029. (In Engl.).

Информация об авторах:

Сергей Николаевич Марков, инженер, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

e-mail: toyota103@mail.ru

Евгений Евгеньевич Кузнецов, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

ORCID ID: 0000-0003-0725-4444, **Scopus Author ID:** 57196088562

e-mail: ji.tor@mail.ru

Сергей Васильевич Шитов, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации агропромышленного комплекса, Дальневосточный государственный аграрный университет

ORCID ID: 0000-0003-2409-450X, **Scopus Author ID:** 57196087093

e-mail:shitov.sv1955@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 24.03.2020; принята в печать: 17.06.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Sergey Nikolaevich Markov, engineer, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

e-mail: toyota103@mail.ru

Evgeniy Evgenievich Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Department of transportation, maintenance and repair of machines and technological complexes, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

ORCID ID: 0000-0003-0725-4444, **Scopus Author ID:** 57196088562

e-mail: ji.tor@mail.ru

Sergei Vasilievich Schitov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of transport-energy funds and mechanization of the agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

ORCID ID: 0000-0003-2409-450X, **Scopus Author ID:** 57196087093

e-mail:shitov.sv1955@mail.ru

The paper was submitted: 24.03.2020.

Accepted for publication: 17.06.2020.

The authors have read and approved the final manuscript.