ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА/TECHNOLOGIES, MACHINES AND EQUIPMENT FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ГРУЗОВОМ АВТОМОБИЛЕ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Научная статья

Макаров В.С.[1, *], Бутин Д.А.[2]
[1] ORCID : 0000-0002-4423-5042;
[2] ORCID : 0000-0002-3303-6312;
[1, 2] Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (makvl2010[at]gmail.com)

Аннотация

В статье рассматривается необходимость применения стабилизаторов поперечной устойчивости для грузовых автомобилей занятый перевозками в сельском хозяйстве. В статье представлены результаты исследования влияния схемы установки стабилизаторов поперечной устойчивости на критерии, использующиеся при оценке поперечной статической устойчивости автомобиля по стандарту ГОСТ 31507-2012. Исследовались отдельно четыре схемы установки на передней и задней оси, внутри и снаружи колесной базы. Исследование проводилось на имитационной модели автомобиля учитывающей деформацию рамы. Построены зависимости угла поперечной устойчивости от диаметров стабилизаторов, а также угла крена поперечен рамы от диаметров стабилизаторов для всех четырех рассматриваемых случаев. Получено, что наибольший эффект по увеличению поперечной устойчивости и уменьшению угла крена рамы достигается в случае расположения стабилизаторов поперечной устойчивости перед передним мостом и за задним.

Ключевые слова: поперечная устойчивость, грузовой автомобиль, крен, рама, стабилизатор поперечной устойчивости.

A STUDY OF THE EFFECT OF THE LOCATION OF TRANSVERSE STABILIZER BARS ON A TRUCK OF FRAME CONSTRUCTION

Research article

Makarov V.S.[1, *], Butin D.A.[2]
[1] ORCID : 0000-0002-4423-5042;
[2] ORCID : 0000-0002-3303-6312;
[1, 2] Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russian Federation

* Corresponding author (makvl2010[at]gmail.com)

Abstract

The article examines the necessity of using transverse stabilizer bars for trucks engaged in agricultural transport. The work presents the results of the study of the influence of the installation scheme of transverse stabilizer bars on the criteria used in the evaluation of transverse static stability of the vehicle, according to GOST 31507-2012. Four installation schemes on the front and rear axle, inside and outside the wheelbase, were studied separately. The research was carried out on a simulation model of the vehicle, taking into account the deformation of the frame. Dependences of the angle of transverse stability on the diameters of stabilizers, as well as the roll angle of the frame cross members on the diameters of stabilizers for all four considered cases, were constructed. It is found that the greatest effect on increasing the transverse stability and reducing the frame roll angle is achieved in the case when the stabilizers are located in front of the front axle and behind the rear axle.

Keywords: transverse stability, truck, tilt, frame, transverse stability bar.

Введение

Автомобильный транспорт – одна из крупнейших отраслей общественного производства, влияющая на все сферы деятельности человека и развитие общества в целом. Транспорт – неотъемлемый элемент процесса производства, обеспечивающий связь между промышленностью и сельским хозяйством, а также между отдельными отраслями промышленности и отдельными предприятиями. Крупнейшим обслуживающим подкомплексом агропромышленного комплекса (АПК) является транспортный. Ведущее место в нем занимает автомобильный транспорт [1].

Перевозки, осуществляемые в сельском хозяйстве, связаны с обслуживанием производственных процессов. В сельском хозяйстве большинство процессов выполняется под открытым небом, и зависит от почвенных, дорожных и климатических условий. Во многих случаях при перевозке сельскохозяйственных грузов их перевозка производится на автомобилях с нарощенными бортами. Это обусловлено малой плотностью сельхозпродукции и желанием перевезти как можно большее количество груза. Примеры машин, выполняющих транспортные операции приведены на рисунке 1.

Рисунок 1 - Примеры машин, выполняющих транспортные операции в сельском хозяйстве
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.1

При этом центр тяжести машины значительно повышается, что, в свою очередь, ведет к снижению устойчивости движения, большему крену при движении по неровностям и при поворотах. Избежать неблагоприятных последствий для грузовых машин, занятых в сельскохозяйственных перевозках можно путем установки дополнительных стабилизаторов поперечной устойчивости на мостах транспортного средства. Поэтому в данной статье рассмотрим методику расчета влияния стабилизаторов поперечной устойчивости на устойчивость грузовых автомобилей.

Подобные исследования выполняются не впервые, описание и результаты аналогичных исследований можно встретить в работах других исследователей [2]. В работе [2] рассматривается модель с жесткой рамой. В данном исследовании рассматривается модель, оснащенная упругой рамой, учитывающий изгиб и кручение. Также, в отличие от [2], исследовалось влияние на поперечную устойчивость не только влияние диаметров, но и мест установки стабилизаторов поперечной устойчивости.

Предыдущие результаты авторов исследования показали, что жесткость рамы автомобиля влияет на его показатели управляемости и устойчивости описаны в статьях [3], [4]. В них были подтверждены ожидания о положительном влиянии угловой жесткости рамы на управляемость и устойчивость. Чем больше угловая жесткость несущей системы автомобиля, тем выше показатели управляемости и устойчивости к поперечному опрокидыванию.

Методы и принципы исследования

При проведении исследований статической устойчивости к поперечному крену по стандарту ГОСТ 31507-2012 [5], [6], [7], [8], устойчивость автомобиля оценивается по углу статической устойчивости и крену подрессоренной массы. Угол статической устойчивости – это угол крена опорной платформы при котором происходит отрыв всех колес одного борта. Крен подрессоренной массы оценивается по углу поперечного крена передней и задней поперечины рамы относительно опорной платформы. Стабилизаторами поперечной устойчивости повышается угловая жесткость подвесок автомобиля. За счет этого уменьшается крен подрессоренной массы и увеличивается угол статической устойчивости, а значит, повышается устойчивость автомобиля к опрокидыванию.

При недеформируемой раме, способ установки стабилизаторов ни на что не влияет, но при деформируемой раме, способ установки стабилизаторов поперечной устойчивости может повлиять на его эффективность. Из-за закрутки рамы угол крена в разных сечениях рамы отличается. Для рамного автомобиля с двумя мостами можно рассмотреть несколько схем установки стабилизаторов поперечной устойчивости (рис. 2). Первая схема стабилизатор установлен на переднем мосту снаружи колесной базы. Вторая схема стабилизатор установлен на переднем мосту внутри колесной базы. Третья схема стабилизатор установлен на заднем мосту внутри колесной базы. Четвертая схема стабилизатор установлен на заднем мосту снаружи колесной базы.

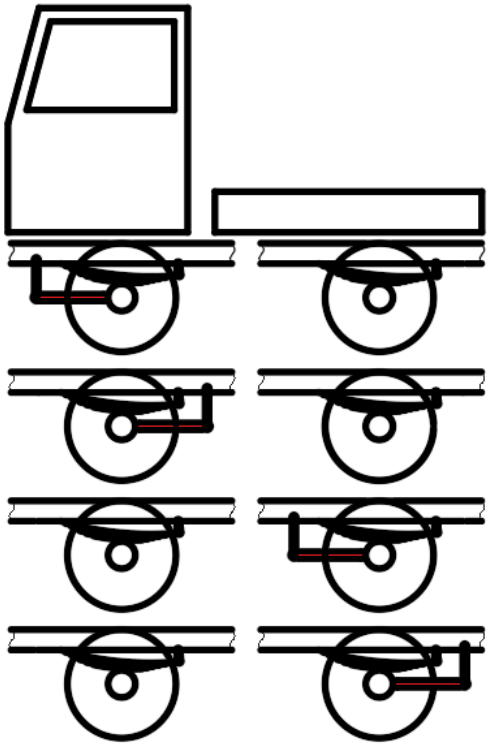

Рисунок 2 - Схемы расположения стабилизаторов поперечной устойчивости
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.2

Для исследования использовалась имитационная модель грузового автомобиля с бортовой платформой (рис. 3) учитывающей деформацию рамы (рис. 4). Модель создавалась и рассчитывалась в программном пакете MSC ADAMS / Car [11], [12], [13]. Полная масса автомобиля с грузом составляет 15 тонн, с распределением веса между осями пред/зад, 26/74%. Подвеска зависимая, рессорная. Задняя подвеска с подрессорником. Амортизаторы на всех осях.

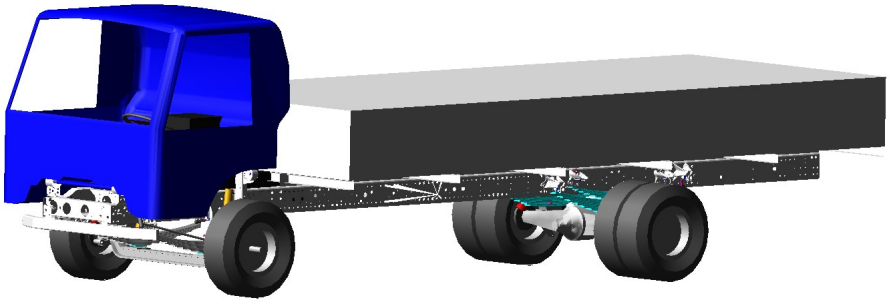

Рисунок 3 - Имитационная модель грузового автомобиля с бортовой платформой
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.3

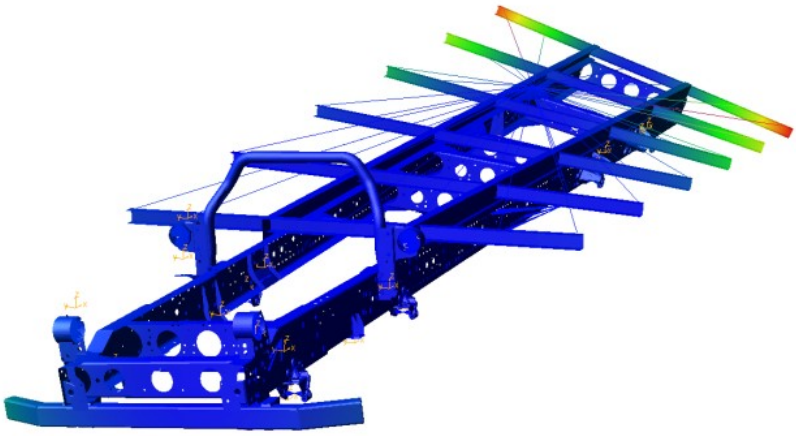

Рисунок 4 - Форма собственного колебания модели рамы
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.4

В соответствии со схемами установки стабилизаторов, изображенных на рисунке 2 были созданы имитационные модели стабилизаторов в модели автомобиля. Торсион стабилизатора выполнен из конечных элементов Beam, а рычаги и стойки из недеформируемых частей Line (рис. 5).

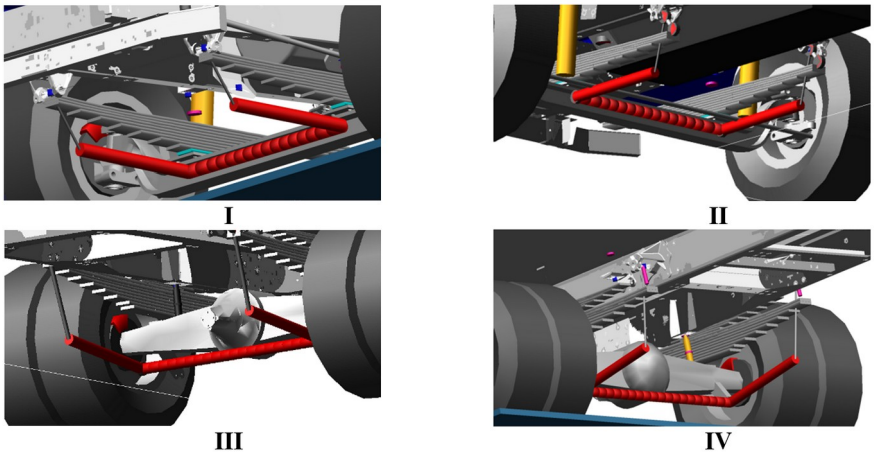

Рисунок 5 - Модель подвески автомобиля со стабилизаторами поперечной устойчивости
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.5

Основные результаты

Исследования по опрокидыванию автомобиля проводились с помощью стандартного испытательного стенда Tilt test. Скорость опрокидывания платформы составляла 0,5 град/с. Угля статической устойчивости и кренов поперечен фиксировались в момент предшествующий отрыву всех колес одного борта. Результаты исследования представлены в виде графиков на рисунках 6-10.

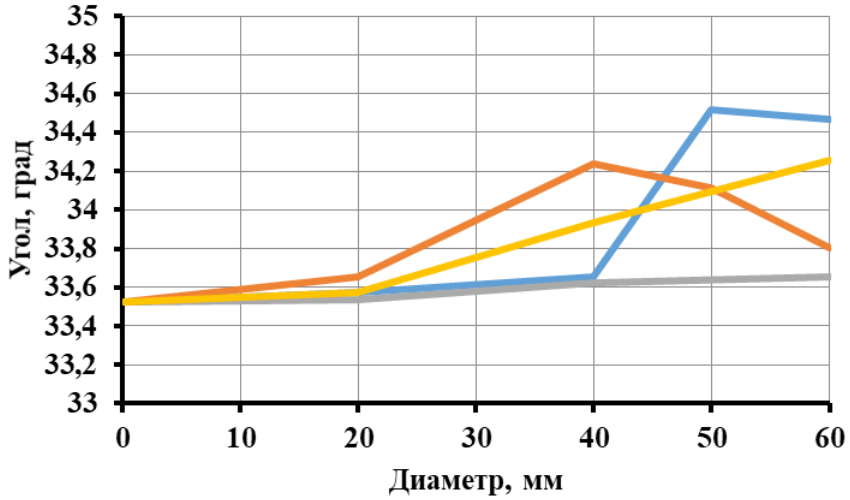

Рисунок 6 - Зависимость угла поперечной устойчивости от диаметров стабилизаторов
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.6

Примечание: синим цветом обозначена схема I, красным – схема II, серым – схема III, желтым – схема IV

Наибольший эффект был достигнут при помощи установки стабилизатора по схеме I. При такой схеме установки, угол статической устойчивости увеличился на 2,9%. При установке стабилизатора по схеме IV, угол статической устойчивости увеличился на 2,2 %.

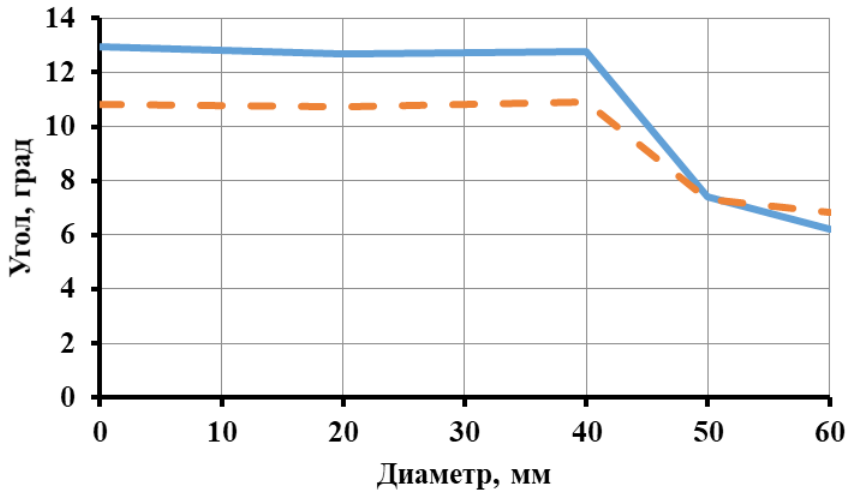

Рисунок 7 - Зависимость угла крена поперечен рамы от диаметров стабилизаторов при установке стабилизатора по схеме I
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.7

Примечание: синяя сплошная линия – передняя поперечина; оранжевая пунктирная линия – задняя поперечина

При помощи установки стабилизатора по схеме I. Удалось уменьшить угол крена передней поперечины на 51%, а задней на 37%. Увеличение диаметра стабилизатора установленного по схеме I ведет к уменьшению кренов поперечин рамы.

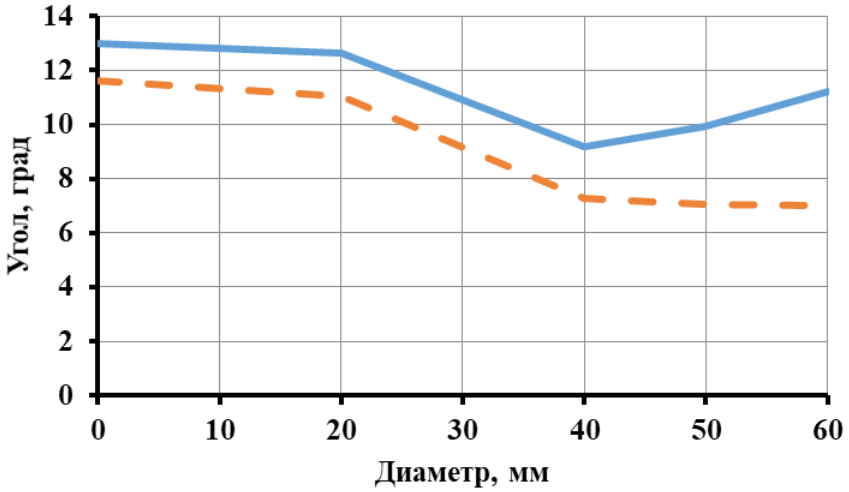

Рисунок 8 - Зависимость угла крена поперечен рамы от диаметров стабилизаторов при установке стабилизатора по схеме II

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.8

Примечание: синяя сплошная линия – передняя поперечина; оранжевая пунктирная линия – задняя поперечина

При помощи установки стабилизатора по схеме I, удалось уменьшить угол крена передней поперечины на 25%, а задней на 39%. Увеличение диаметра стабилизатора, установленного по схеме II, имеет нелинейную зависимость на крены поперечин рамы.

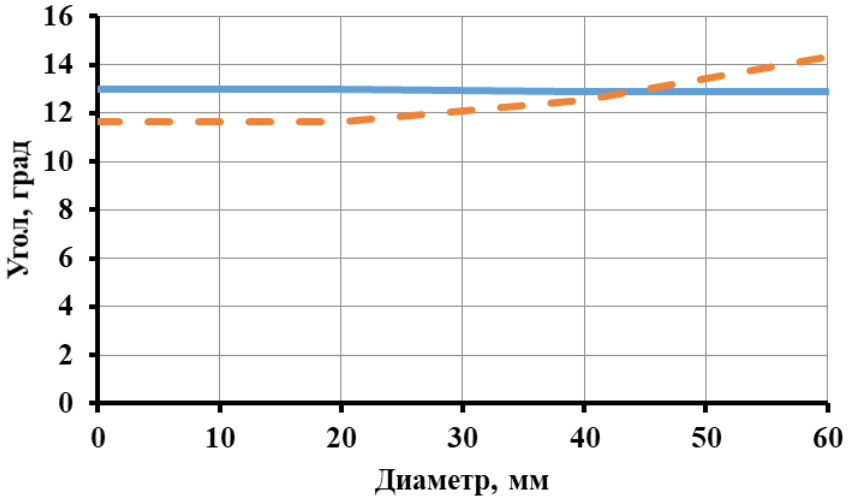

Рисунок 9 - Зависимость угла крена поперечен рамы от диаметров стабилизаторов при установке стабилизатора по схеме III

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.9

Примечание: синяя сплошная линия – передняя поперечина; оранжевая пунктирная линия – задняя поперечина

При помощи установки стабилизатора по схеме III, не удалось уменьшить угол крена передней и задней поперечины. Увеличение диаметра стабилизатора, установленного по схеме III, ведет к увеличению угла крена задней поперечины.

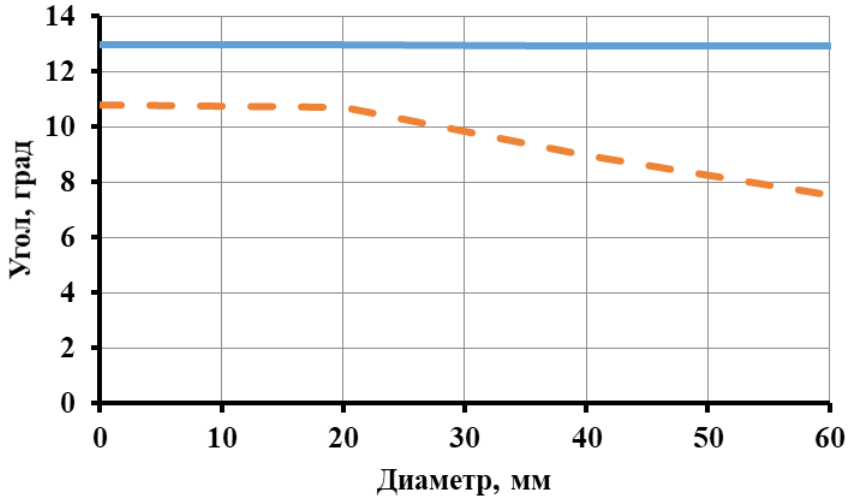

Рисунок 10 - Зависимость угла крена поперечен рамы от диаметров стабилизаторов при установке стабилизатора по схеме IV

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.10

Примечание: синяя сплошная линия – передняя поперечина; оранжевая пунктирная линия – задняя поперечина

При помощи установки стабилизатора по схеме IV, удалось уменьшить угол крена задней поперечины на 30%. Увеличение диаметра стабилизатора, установленного по схеме IV, ведет к уменьшению угла крена задней поперечины. На угол крена передней поперечины влияния не оказывается.

Заключение

Предыдущие исследования [3], [4] авторов статьи показали, что жесткость рамы автомобиля положительно влияет на его показатели управляемости и устойчивости к поперечному опрокидыванию. Поэтому, в отличие от [2], были исследованы модели с упругой рамой, а также проанализировано влияние на поперечную устойчивость не только диаметров, но и мест установки стабилизаторов поперечной устойчивости.

Были исследованы четыре схемы установки стабилизаторов поперечной устойчивости: I – установлен на переднем мосту снаружи колесной базы; II – установлен на переднем мосту внутри колесной базы; III – установлен на заднем мосту внутри колесной базы; IV – установлен на заднем мосту снаружи колесной базы.

Наиболее положительное влиятельное на угол статической устойчивости имеет расположение стабилизаторов по схеме I и IV, при этих схемах удалось увеличить угол статической устойчивости автомобиля на 2,9% и 2,2% соответственно.

Наиболее положительное влиятельное на угол крена передней поперечины имеет расположение стабилизаторов по схеме I, при этой схеме удалось уменьшить угол крена передней поперечины рамы на 25%.

Наиболее положительное влиятельное на угол крена задней поперечины имеет расположение стабилизаторов по схеме IV, при этой схеме удалось уменьшить угол крена задней поперечины рамы на 30%.

При установке стабилизаторов поперечной устойчивости по схеме II и III наблюдаются немонотонные зависимости угла статической устойчивости и крена поперечин рамы от диаметра стабилизатора. Предполагается что, в связи с податливостью рамы, при определенной жесткости стабилизаторов, установленных по этим схемам, происходят неустойчивые процессы при критических поперечных кренах автомобиля.

Финансирование

Исследования выполнены ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева» по договору № 01-17560/2021 от 8 апреля 2022 г. при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации комплексного проекта по теме «Создание высокотехнологичного производства городских электрических грузовых автомобилей с отечественной компонентной базой основных узлов и интеллектуальной системой помощи водителю». Соглашение №075-11-2022-017 от 07.04.2022 г. (ИГК №000000S407522QO50002).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.11

Funding

The research was carried out by the NSTU n.a. R.E. Alekseev under Contract No. 01-17560/2021 dated April 8, 2022 with the financial support of the Ministry of Education and Science of Russia as part of the implementation of a comprehensive project on the topic “Creation of a High-tech Production of Urban Electric Trucks with a Domestic Component Base of the Main Components and an Intelligent Driver Assistance System”. Agreement No. 075-11-2022-017 dated 07.04.2022 (IGC No. 000000S407522QO50002).

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.162.11

Список литературы / References

1. Макаров С.А. Организация транспортных процессов в АПК: краткий курс лекций для студентов I курса направления подготовки 11.0800.68 «Агроинженерия» / С.А. Макаров. — Саратов: Саратовский государственный аграрный университет, 2014. — 50 с.

2. Харитончик С.В. Расчетно экспериментальная оценка статической поперечной устойчивости грузовых автомобилей с различными стабилизаторами / С.В. Харитончик, А.Г. Выгонный, А.Н. Колесникович [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. — 2013. — Вып. 2. — С. 158-160.

3. Бутин Д.А. Исследования устойчивости легкого коммерческого автомобиля в зависимости от жесткости несущей системы / Д.А. Бутин, С.Ю. Костин, А.А. Васильев // Фундаментальные исследования. — 2017. — № 1. — С. 21-25.

4. Tumasov K. Estimation of Steerability and Cornering Stability of Light Commercial Vehicle by Results o Road Tests and Simulation / K. Tumasov, G. Shashkina, A. Konikova [et al.] // FISITA 2014 World Automotive Congress. — Curran Associates, 2014. — P. 2358-2366.

5. ГОСТ 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. — Введ. 2013-09-01 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200097619 (дата обращения: 14.09.2023).

6. Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие / А.М. Петренко. — М.: МАДИ, 2013. — 41 с.

7. Чичкина М.И. Оценка параметров устойчивости и управляемости при внесении изменений в конструкцию автомобиля / М.И. Чичкина, Н.А. Кузьмин, Ю.П. Трусов // Транспортные системы. — 2018. — № 2(8). — С. 4-11.

8. Раймпель Й. Шасси автомобилей: Элементы подвески / Й. Райспель; Пер. с нем. А.Л. Карпухина; Под ред. Г.Г. Гридасова. — М.: Машиностроение, 1987. — 288 с.

9. Milliken W.F. Race Car Vehicle Dynamics / W.F. Milliken, D.L. Milliken. — USA: SAE International, 1995. — 890 p.

10. Marzbanrad J. Development of Fuzzy Anti-roll Bar Controller for Improving Vehicle Stability / J. Marzbanrad, G. Soleimani, M. Mahmoodik [et al.] // Journal of Vibroengineering. — 2015. — Vol. 17. — № 7. — P. 3856-3864.

11. Бутин Д.Д. Исследования устойчивости легкого коммерческого автомобиля в зависимости от жесткости несущей системы / Д.Д. Бутин, С.Ю. Костин, А.А. Васильев [и др.] // Фундаментальные Исследования. — 2017. — № 1. — С. 21-26.

12. Торопов Е.И. Современные методы исследования транспортных средств / Е.И. Торопов, А.С. Вашурин, Ю.П. Трусов [и др.] // Автомобильная промышленность. — 2022. — № 4. — С. 33-39.

13. Лата В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля: учеб. пособие / В.Н. Лата. — Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. — 67 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Makarov S.A. Organizaciya transportnyh processov v APK: kratkij kurs lekcij dlja studentov I kursa napravlenija podgotovki 11.0800.68 «Agroinzhenerija» [Organization of Transport Processes in the Agro-industrial Complex: a short course of lectures for first-year students of training specialization 11.0800.68 “Agroengineering”] / S.A. Makarov. — Saratov: Saratov State Agrarian University, 2014. — 50 p. [in Russian]

2. Kharytonchyk S.V. Raschetno eksperimental'naya ocenka staticheskoj poperechnoj ustojchivosti gruzovyh avtomobilej s razlichnymi stabilizatorami [Experiment-calculated Estimate of the Static Lateral Stability of Trucks with Different Stabilizer Bars] / S.V. Haritonchik, A.G. Vygonnyj, A.N. Kolesnikovich [et al.] // Aktual'nye voprosy mashinovedeniya [Actual Issues of Machine Science]. — 2013. — Iss. 2. — P. 158-160. [in Russian]

3. Butin D.A. Issledovaniya ustojchivosti legkogo kommercheskogo avtomobilya v zavisimosti ot zhestkosti nesushchej sistemy [Stability Studies of a Light Commercial Vehicle Depending on the Rigidity of the Load-bearing System] / D.A. Butin,

S.YU. Kostin, A.A. Vasil'ev // Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental Research]. — 2017. — № 1. — P. 21-25. [in Russian]

4. Tumasov K. Estimation of Steerability and Cornering Stability of Light Commercial Vehicle by Results o Road Tests and Simulation / K. Tumasov, G. Shashkina, A. Konikova [et al.] // FISITA 2014 World Automotive Congress. — Curran Associates, 2014. — P. 2358-2366.

5. GOST 31507-2012. Avtotransportnye sredstva. Upravlyaemost' i ustojchivost'. Tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij [Road Vehicles. Handling and Stability. Technical Requirements. Test Methods]. — Introduced 2013-09-01 // Electronic fund of legal, regulatory and technical documents. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200097619 (accessed: 14.09.2023). [in Russian]

6. Petrenko A.M. Ustojchivost' special'nyh transportnyh sredstv: ucheb. posobie [Stability of Special Vehicles: study guide]. — M.: Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, 2013. — 41 p. [in Russian]

7. Chichkina M.I. Ocenka parametrov ustojchivosti i upravlyaemosti pri vnesenii izmenenij v konstrukciyu avtomobilya [Assessment of Stability and Controllability Parameters When Making Changes to the Vehicle Design] / M.I. Chichkina, N.A. Kuz'min, Yu.P. Trusov // Transportnye sistemy [Transport Systems]. — 2018. — № 2(8). — P. 4-11. [in Russian]

8. Raimpel Y. SHassi avtomobilej: Elementy podveski [Chassis of Cars: Suspension Elements] / Y. Raimpel; Transl. from German by A.L. Karpukhin; Ed. by G.G. Gridasov. — M.: Mechanical Engineering, 1987. — 288 p. [in Russian]

9. Milliken W.F. Race Car Vehicle Dynamics / W.F. Milliken, D.L. Milliken. — USA: SAE International, 1995. — 890 p.

10. Marzbanrad J. Development of Fuzzy Anti-roll Bar Controller for Improving Vehicle Stability / J. Marzbanrad, G. Soleimani, M. Mahmoodik [et al.] // Journal of Vibroengineering. — 2015. — Vol. 17. — № 7. — P. 3856-3864.

11. Butin D.D. Issledovaniya ustojchivosti legkogo kommercheskogo avtomobilya v zavisimosti ot zhestkosti nesushchej sistemy [Studies of the Stability of a Light Commercial Vehicle Depending on the Rigidity of the Load-bearing System] / D.D. Butin, S.Yu. Kostin, A.A. Vasiliev [et al.] // Fundamental'nye Issledovaniya [Fundamental Research]. — 2017. — № 1. — P. 21-26. [in Russian]

12. Toropov E.I. Sovremennye metody issledovaniya transportnyh sredstv [Modern Methods of Research of Vehicles] / E.I. Toropov, A.S. Vashurin, Yu.P. Trusov [et al.] // Avtomobil'naya promyshlennost [Automotive Industry]. — 2022. — № 4. — P. 33-39. [in Russian]

13. Lata V.N. Osnovy modelirovaniya upravlyaemogo dvizheniya avtomobilya: ucheb. posobie [Fundamentals of Modeling Controlled Vehicle Movement: study manual] / V.N. Lata. — Tolyatti: Publishing House of TSU, 2012. — 67 p. [in Russian]