

4. Митрофанов, П.Г. Улучшение условий и охраны труда работников АПК путем совершенствования эргономических параметров рабочих мест и внедрения организационно-технических мероприятий: дис. ... доктора техн. наук: 05.26.01. - Санкт-Петербург, 1999. – 568 с.

5. Шапров, М.Н. Способы повышения комфортности работы механизаторов за счет снижения шума в кабине трактора / Шапров М.Н., Мартынов И.С. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2011. № 3(19) - с. 206-212.

6. ГОСТ Р 53490-2009 Тракторы сельскохозяйственные. Шум на рабочем месте оператора. Методы и условия измерений (ИСО 5131:1996).

7. Радоучкий В.Ю. Улучшение условий труда работников шумных производств агропромышленного комплекса на примере ОАО «Белагромаш-Сервис»: автореф. дис....канд. техн. наук: 05.26.01 / Радоучкий Владимир Юрьевич. Орел, 2004. 16 с.

8. Сулайманов, С. Улучшение условий труда операторов путём совершенствования виброакустических параметров мобильных хлопковых машинотракторных агрегатов: дис.... докт. техн. наук: 25.06.01 / Сулайманов Суккатула. СПб., 1992. 586 с.



УДК 629.3.015.4

DOI 10.24411/2409-3203-2019-12026

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЕРЕДНЕЙ ПОДВЕСКИ ЭЛЕКТРОТРАЙКА

Ефанов Сергей Александрович

к.т.н. доцент кафедры «Конструкторско-технологической информатики»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва»
Россия, г. Саранск

Чугунов Михаил Владимирович

к.т.н., заведующий кафедрой «Конструкторско-технологической информатики»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва»
Россия, г. Саранск

Пьянзин Антон Михайлович

студент
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарёва»
Россия, г. Саранск

Аннотация: В статье описывается процесс моделирования случая преодоления препятствия в виде «Лежачего полицейского» электромобилем BravoEgo и анализ динамики его передней подвески. 3 D модель рамы электромобиля BravoEgo с подвеской и рулевой тягой построена в среде SolidWorks. В качестве среды для анализа динамики конструкции используется штатный функционал SolidWorks Motion с учетом в расчетах свойств материалов, массы, сил инерции, трения, силы тяжести, упругих и демпфирующих свойств элементов конструкции.

Система SolidWorks Motion позволяет выполнять точное моделирование и анализ эффектов движения элементов в сборках с пружинами, демпферами и двигателями.

По результатам расчета движения была построена эпюра сила упругой деформации пружины от времени. Полученные результаты можно использовать для проведения дальнейшего анализа.

Ключевые слова: 3D моделирование, передняя подвеска, динамический анализ, SOLIDWORKS Motion.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE FRONT SUSPENSION OF ELECTRIC TRIK

Efanov Sergey A.

Ph.D., Associate Professor of the Department of Design and Technological Informatics
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Russia, Saransk

Chugunov Mikhail V.

Ph.D., Head of the Department of Design and Technological Informatics
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Russia, Saransk

Pjanzin Anton M.

student
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogaryov
Russia, Saransk

Abstract: The article describes the process of modeling a case of overcoming an obstacle in the form of a Speed Bump by an electric car BravoEgo and analysis of the dynamics of its front suspension. The 3 D model of the BravoEgo electric car frame with suspension and steering link is built in SolidWorks. SolidWorks Motion standard functional is used as a medium for analysis of structural dynamics, taking into account in the calculations the properties of materials, mass, inertia, friction, gravity, elastic and damping properties of structural elements.

The SolidWorks Motion system allows you to accurately model and analyze the effects of movement of elements in assemblies with springs, dampers, and motors.

Based on the results of calculating the movement, a diagram of the spring elastic deformation force against time was plotted. The results can be used for further analysis.

Keywords: 3D modeling, front suspension, dynamic analysis, SOLIDWORKS Motion.

Раньше автомобили на бензиновых двигателях считались экологически чистыми. Теперь, когда электромобили становятся все более доступными, и с каждым годом экологическая обстановка ухудшается, очевидно, что будущее не за авто с двигателями внутреннего сгорания.

В работе Чугуновым М.В., Кечемайкиным В.Н., Паниным М.В., Полуниной И.Н., Махровым Г.А. были рассмотрены прикладные аспекты решения задачи анализа статической прочности и жесткости несущих элементов конструкции электромобиля [1].

Способы расчета напряженно-деформированного состояния несущих систем колесных машин были рассмотрены в работе Вдовина Д.С., Чичекина И.В., Левенкова Я.Ю. [2].

Большое количество работ посвящено изучению и проектированию подвесок машин [3,4,5].

В связи с этим очень актуальными являются вопросы проектирования электромобилей, как целиком, так и различных узлов в отдельности.

Современные подходы к проектированию сводятся к многоэтапному построению моделей и метамodelей разного типа и уровня, среди которых важная роль принадлежит 3D-моделированию.

Модель должна обеспечивать адекватность получаемых результатов, но при этом быть экономичной в плане вычислительных затрат. 3 D модель рамы электромобиля BravoEgo с подвеской и рулевой тягой построена в среде SolidWorks и представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. 3 D модель рамы электромобиля

Рассмотрим случай преодоления электромобилем препятствия в виде «Лежачего полицейского». Анализ движения выполнялся в SolidWorks Motion.

Для анализа динамики конструкции применяется штатный функционал SolidWorks Motion с учетом в расчетах свойств материалов, массы, сил инерции, трения, силы тяжести, упругих и демпфирующих свойств элементов конструкции.

Систему SolidWorks Motion можно использовать для точного моделирования и анализа эффектов движения элементов в сборках с пружинами, демпферами и двигателями. Так же используется для создания эпюры результатов моделирования для проведения дальнейшего анализа.

Исследуемая ситуация представлена на рисунке 2.

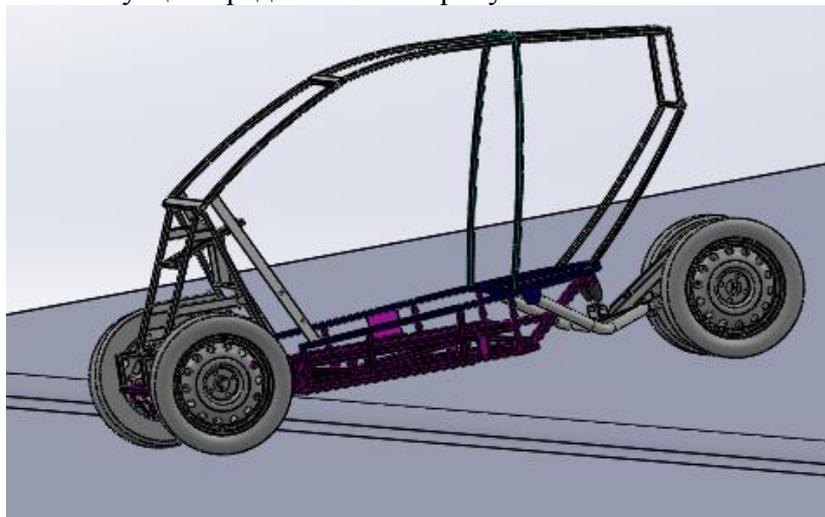


Рисунок 2. Исследуемая ситуация

Предполагается, что автомобиль движется с постоянной скоростью 0,5м/с. На него действует сила тяжести, и постоянная сила 1000Н, которая приложена к раме автомобиля и направлена вертикально вниз равная полезной нагрузке, которую способен перевозить автомобиль.

Были заданы четыре контактные пары между каждым колесом и землей. И заданы три пружины с демпфирующими свойствами: задняя пружина; передняя правая пружина; передняя левая пружина.

В окне дополнительных настроек анализа движения выбираем метод интегрирования GSTIFF. Это метод сочетает в себе быстроту и точность. Его отличительной чертой является то, что при расчете коэффициентов предполагается постоянный шаг.

Максимальное число итераций устанавливаем 25. Далее устанавливаем шаги интегрирования: размер исходного шага интегрирования 0,0001; минимальный размер шага 0,0000001; максимальный размер шага 0,01.

Оценка Якобиана матрицы устанавливается на максимальное значение «Каждое повторение».

Более подробно в данной работе рассмотрим переднюю подвеску правого колеса.

Подвеска в автомобиле предназначена для смягчения или гашения колебаний, передающихся кузову автомобиля и возникающих при движении транспорта по неровной дороге. Также подвеска предназначена для соединения кузова и колес таким образом, что колеса могут менять свое расположение независимо от кузова, регулируя направление движения автомобиля. Рассматриваемая передняя подвеска правого колеса представлена на рисунке 3.

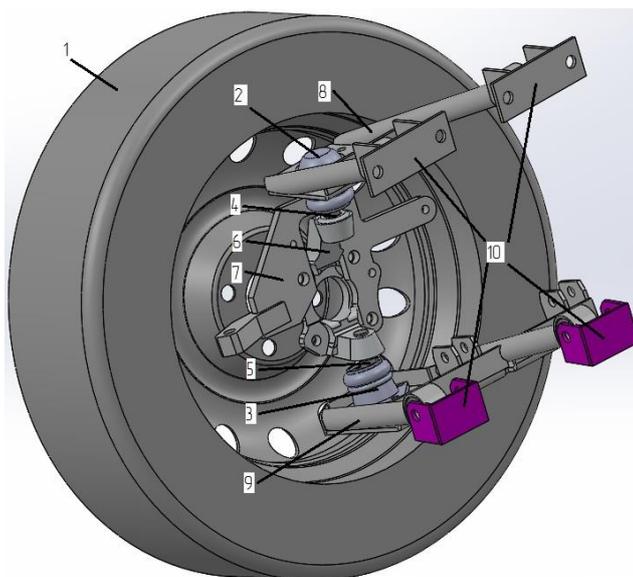


Рисунок 3. Передняя подвеска правого колеса

1 колесо в сборе, 2 корпус шаровой верхней, 3 корпус шаровой нижней, 4 палец шаровой верхней, 5 палец шаровой нижней, 6 поворотный кулак, 7 рулевая сошка, 8 рычаг верхний, 9 рычаг нижний, 10 элементы корпуса.

Для передней подвески правого колеса был задан «Элемент движения» пружина. Передняя правая пружина связывает рычаг нижний и корпус.

Коэффициент упругости пружины устанавливаем 25Н/мм. Включаем демпфирующие свойства и устанавливаем постоянную демпфирования 200Н/(мм/с), показатель степени выражения силы демпфера устанавливаем 1.

В исследованиях анализа движения можно построить эпюры по результатам расчета движения.

Для построения эпюры сил возникающих в пружине в PropertyManager в разделе «Результат» в поле «Категория» выберем «Силы», в «Подкатегории» укажем «Сила противодействия», в качестве результирующего компонента выберем «Величина». Получившаяся эпюра представлена на рисунке 4.

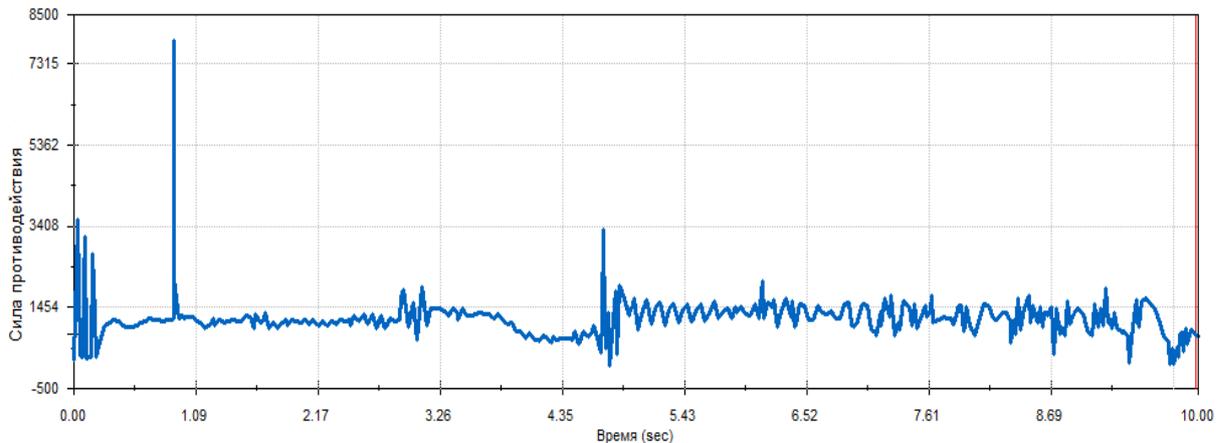


Рисунок 4. Сила упругой деформации пружины от времени

Поведение конструкции можно условно разбить на пять этапов. На первом этапе с 0 до 0,8 секунды машина под действие силы тяжести и постоянной силы входит в контакт с «землей». Второй этап анализа движения начинается на 0,9 секунды. Это «включение» двигателя. Третий этап с 2,9 секунды до 3,7 секунды. Это время когда машина передними колесами начинает заезжать на «Лежачего полицейского». Четвертый этап спуск машины с «Лежачего полицейского» начинается в 3,8 секунды. И последний этап это проезд препятствия задними колесами с 9,1 секунды до 10 секунд. Все эти этапы хорошо прослеживаются на эпюре.

Список литературы:

1. Чугунов М.В. Анализ статической прочности и жёсткости несущих элементов конструкции электромобиля BravoEgo / Чугунов М.В., Кечемайкин В.Н., Панин М.В., Полунина И.Н., Махров Г.А. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». -2016. -Т. 8. -№ 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/134TVN316.pdf>
2. Вдовин Д.С. Автоматизация нагружения конечно-элементных моделей несущих систем колесных машин с применением метода инерционной разгрузки и твердотельной динамической модели автомобиля. / Вдовин Д.С., Чичекин И.В., Левенков Я.Ю. // Труды НАМИ. 2018. № 1 (272). С. 36-50.
3. Генералова А.А. Моделирование системы динамической стабилизации подвески / Генералова А.А., Хабибуллин Р.Р. // В сборнике: Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM Сборник статей XI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 64-67.
4. Горобцов А.С. Динамический анализ параметров передней подвески кабины грузового автомобиля / Горобцов А.С., Карцов С.К., Поляков Ю.А., Дьяков А.С. // Известия МГТУ МАМИ. -2014. -№ 4 (22). -Т. 1. -С. 74-80.
5. Левенков Я.Ю. Определение параметров модели рессоры для анализа нагрузок и оценки прочности элементов подвески в системе расчёта динамики твёрдых тел/ Левенков Я.Ю., Чичекин И.В. // Инженерный вестник. -2016. -№ 12. -С. 4.