

<https://www.mathworks.com/help/vnt/ug/build-can-communication-simulink-models.html>. – Date of access: 25.04.2022.

Представлено 12.05.2023

УДК 629.33

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМОПОДВЕСКИ ГРУЗОВОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

SIMULATION OF THE AIR SUSPENSION OF AN ELECTRIC TRUCK

**Кравченко Алексей Л., Колесникович А. Н.,
Кравченко Александр Л., Гончарко А. А.,**

Объединенный институт машиностроения,
г. Минск, Республика Беларусь

Aliaksei L. Krauchonak, A. Kalesnikovich,
Aliaksandr L. Krauchonak, A. Hancharka,

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National academy
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

В работе представлено компьютерное моделирование пневматической подвески грузового электромобиля в программе ADAMS. Показаны особенности моделирования динамической модели подвески в составе электромобиля и с учетом обеспечения пневматической подвеской горизонтальности (в реальной подвеске обеспечивается регулированием подачи воздуха) положения рамы электромобиля в процессе виртуальных испытаний.

The paper presents computer modeling of air suspension of electric truck in ADAMS. Features of dynamic suspension model simulation in the composition of an electric vehicle and given to ensure the perfect horizontality with pneumatic suspension (in real suspension is provided by air supply control) of electric truck frame position during virtual testing are shown.

Ключевые слова: *грузовой электромобиль, пневматическая подвеска, ADAMS, математическая модель.*

Keywords: electric truck, pneumatic suspension, ADAMS, mathematical model.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерное моделирование и виртуальные испытания являются неотъемлемой частью процесса разработки новой техники, включая и электромобили, которые от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания отличаются в основном двигателем и трансмиссией, а, соответственно, задачи проектирования систем поддресоривания и подвесок являются общими как для классических автомобилей [1], так и для электромобилей. Для проведения виртуальных испытаний исследуемого электромобиля с пневматическими подвесками задних мостов разработаны динамические модели этих подвесок.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМОПОДВЕСКИ

Особенностями системы поддресоривания задних мостов (рис. 1) данного электромобиля является то, что в подвеске среднего моста с двухскатной ошиновкой применены четыре пневмобаллона, в подвеске заднего, вывешиваемого моста с односкатной ошиновкой применяется два пневмобаллона. Трудностью моделирования такой схемы является то, что заданное распределение массы по осям в реальной конструкции достигается системой регулирования давлений в пневмобаллонах среднего и заднего мостов и обеспечения, при этом, горизонтального положения рамы электромобиля. При этом жесткостные характеристики пневмобаллонов отличаются от заданных паспортных величин [2]. Задача моделирования системы регулирования давления в пневмобаллонах, для обеспечения реальных жесткостных характеристик значительно усложняет динамическую модель и требует подключения программы моделирования систем управления, например, таких как Matlab [3–6] что для некоторых задач является ресурсозатратным и необоснованно сложным.

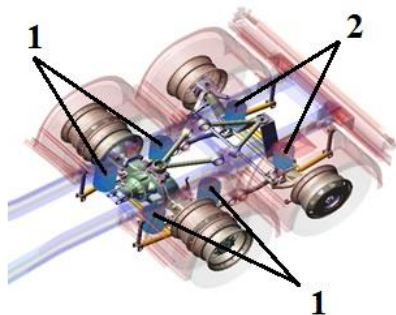


Рисунок 1 – Общий вид задней подвески в программе ADAMS:
1 – пневмобаллоны среднего моста; 2 – пневмобаллоны заднего моста

Авторами предложена методика моделирования пневмобаллонов подвесок грузового автомобиля, основанная упрощенном представлении пневмобаллонов в виде моделей пружин с подобранными характеристиками жесткости. Выбор определяется исходя из условия обеспечения заданного распределения развесовки по осям в соответствии с табл. 1, высоты расположения и горизонтальности рамы в статическом положении под нагрузкой для снаряженного и груженого состояния электромотоцикла. Для обеспечения горизонтального положения рамы в статическом положении пружина моделируется с заданными параметрами преднатяга.

Таблица 1 – Развесовка электромотоцикла по осям и высота центра масс

Состояние электромотоцикла	Масса, кг	Масса на 1-ю ось, кг	Масса на 2-ю ось, кг	Масса на 3-ю ось, кг
снаряженное	16500	6000	7000	3500
груженое	26500	7500	11500	7500

Для расчетного определения динамических характеристик пневматических подвесок, в модели введены измерители высоты уровня рамы h_1 и h_2 над дорогой, измерители нагрузок под колесами F_1 – F_3 , жесткости пневмобаллонов c_1 и c_2 (рис. 2). Подбор жесткостных характеристик осуществлялся итерационным путем.

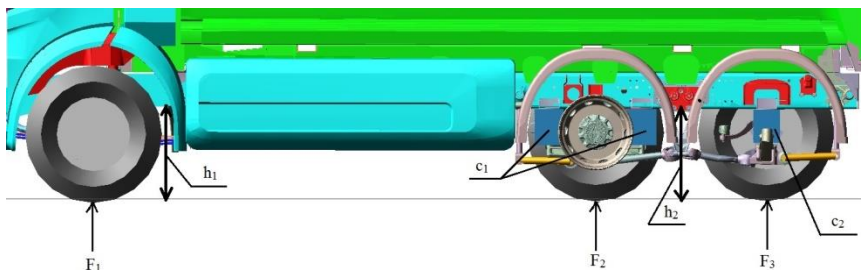


Рисунок 2 – Расположение измерителей в модели

Расчетные значения параметров пневматических подвесок для различных состояний исследуемого электромобиля представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты расчета жесткости упругих элементов

Состояние электромобиля	Жесткость c_1 , Н/мм	Жесткость c_2 , Н/мм	Расстояние h_1 , мм	Расстояние h_2 , мм
снаряженное	211	180	712	706
груженое	220	220	680	679

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные программы компьютерного моделирования позволяют разрабатывать динамические модели узлов автомобилей на разных уровнях от элементарно простых до сложных, позволяющих учитывать многие параметры, которые невозможно было учесть при классических расчетах. От уровня сложности модели зависят как требования к вычислительным ресурсам, так и к исходным данным.

В статье показаны примеры моделирования пневмоподвески грузового электромобиля и методика выбора параметров пневмобаллонов с учетом упрощения динамической модели и оптимизации затрат вычислительных ресурсов. Для пневмоподвесок задних осей исследуемого электромобиля рассчитаны жесткостные характеристики (таблица 2), обеспечивающие заданные параметры развесовок по осям с учетом горизонтального расположения рамы в статическом положении под нагрузкой для снаряженного и груженого состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Успенский, И. Н. Проектирование подвески автомобиля / И. Н. Успенский, А. А. Мельников. – М.: «Машиностроение», 1976. – 168 с.
2. Каталог пневмоподушек, пневморессор для грузовых автомобилей европейского производства Vibracoustic, Contitech, Firestone, Goodyear, Pirelli, Dunlop, Phoenix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mmdavto.com/catalog.php?page=6>. – Дата доступа 02.10.2022.
3. Войтко, А. М. Методика расчета скоростной характеристики однотрубного амортизатора / А. М. Войтко // «Вестник гражданских инженеров». – 2020. – № 2. – С. 168–172.
4. Математическое моделирование пневматической подвески транспортного средства с упругодемпфирующим приводом регулятора статического положения / И. М. Рябов [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2009. – № 3. – С. 143–147.
5. Hu, R. R. The Cylindrical Air Spring Suspension Stability Model and Simulation / R. R. Hu // Innovative Solutions in Materials Science and Engineering. – 2012. – Vol. 201–202. – PP. 321–324.
6. Дубровский, А. Ф. Выбор параметров подвески грузовых автомобилей «Урал» для повышения скорости движения по изношенным грунтовыми дорогам / А. Ф. Дубровский, М. И. Абрамов, Ю. А. Сакулин // Вестник ОГУ. – 2014. – № 10. – С. 66–75.

Представлено 17.05.2023