

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретической и прикладной механики

ПРОКОРЫМ

Вадим Леонович

Аннотация к дипломной работе:

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДВЕСКИ
ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ,
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук,
профессор М.А. Журавков

Минск, 2024

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа содержит: 58 страниц, 45 иллюстраций (рисунков), 2 таблицы, 1 приложение, 10 использованных источников.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ, ПОДВЕСКА, ЖЁСТКОСТЬ, ДЕМПФИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ, СКОРОСТЬ, УСКОРЕНИЯ, ТАНГАЖ, КРЕН.

Дипломная работа посвящена исследованию пассивной системы подвески автомобиля и оптимальному размещению аккумуляторной батареи.

Целями дипломной работы являются:

1. Разработка упрощенной механико-математической модели подвески электромобиля.
2. Определение оптимального размещения аккумуляторной батареи в кузове электромобиля.
3. Проведение имитационного моделирования для анализа поведения системы подвески.
4. Сравнение активной и пассивной систем подвески для улучшения комфорта и безопасности движения.

Для достижения целей использовались: механико-математическое моделирование с использованием уравнений Лагранжа второго рода для описания движения автомобиля; методы численного анализа, такие как метод Рунге-Кутты, для решения системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику подвески; программное обеспечение RecurDyn для проверки разработанной модели; имитационное моделирование с использованием программы SimCenter Simulink Amesim и языка программирования Python для анализа поведения подвески; различные варианты размещения аккумуляторной батареи и их влияние на динамику кузова автомобиля.

В дипломной работе получены следующие результаты:

1. Разработана и проверена механико-математическая модель подвески электромобиля, учитывающая упругие и демпфирующие свойства элементов.
2. Определено, что оптимальным местоположением аккумуляторной батареи является пространство вблизи центра масс (между передними и задними колесами), что минимизирует вертикальные ускорения и углы тангажа.
3. Имитационное моделирование показало высокую точность разработанной модели, что подтверждается совпадением результатов с аналитическими решениями.
4. Графики перемещений, скоростей и ускорений кузова, полученные с помощью программы RecurDyn и языка программирования Python, показали высокую степень совпадения, что свидетельствует о точности модели.

Дипломная работа имеет практические приложения. В частности, результаты исследований могут быть использованы для проектирования подвесок автомобилей.

Дипломная работа выполнена автором самостоятельно.

АНАТАЦЫЯ

Дыпломная праца змяшчае: 58 старонак, 45 ілюстрацый (малюнкаў), 2 табліцы, 1 дадатак, 10 выкарыстаных крыніцы.

Ключавыя словы: ЭЛЕКТРАМАБІЛЬ, ПАДВЕСКА, КАЛЯНАСЦЬ, ДЭМПФАВАННЕ, МАДЭЛЯВАННЕ, ПЕРАМЯШЧЭННІ, ХУТКАСЦЬ, ПАСКАРЭННІ, ТАНГАЖ, НАХІЛ.

Дыпломная праца прысвечана даследаванню пасіўнай сістэмы падвескі аўтамабіля і аптымальнаму размяшчэнню акумулятарнай батарэі.

Мэтамі дыпломнай працы з'яўляюцца:

1. Распрацоўка спрошчанай механіка-матэматычнай мадэлі падвескі электрамабіля.
2. Вызначэнне аптымальнага размяшчэння акумулятарнай батарэі ў кузаве электрамабіля.
3. Правядзенне імітацыйнага мадэлявання для аналізу паводзін сістэмы падвескі.
4. Параўнанне актыўнай і пасіўнай сістэм падвескі для паляпшэння камфорту і бяспекі руху.

Для дасягнення мэт выкарыстоўваліся: механіка-матэматычнае мадэляванне з выкарыстаннем ураўненняў Лагранжа другога роду для апісання руху аўтамабіля; метады лікавага аналізу, такія як метад Рунге-Кутты, для рашэння сістэмы дыферэнцыяльных раўнанняў, якія апісваюць дынаміку падвескі; праграмае забеспячэнне RecurDyn для праверкі распрацаванай мадэлі; імітацыйнае мадэляванне з выкарыстаннем праграмы SimCenter Simulink Amesim і мовы праграмавання Python для аналізу паводзін падвескі; розныя варыянты размяшчэння акумулятарнай батарэі і іх уплыў на дынаміку кузава аўтамабіля.

У дыпломнай рабоце атрыманы наступныя вынікі:

1. Распрацавана і праверана механіка-матэматычная мадэль падвескі электрамабіля, якая ўлічвае пругкія і дэмпфіруючыя ўласцівасці элементаў.
2. Вызначана, што аптымальным месцазнаходжаннем акумулятарнай батарэі з'яўляецца прастора паблізу цэнтра мас (паміж пярэднімі і заднімі коламі), што мінімізуе вертыкальныя паскарэнні і куты тангажу.
3. Імітацыйнае мадэляванне паказала высокую дакладнасць распрацаванай мадэлі, што пацвярджаецца супадзеннем вынікаў з аналітычнымі рашэннямі.
4. Графікі перасоўванняў, хуткасцяў і паскарэнняў кузава, атрыманыя з дапамогай праграмы RecurDyn і мовы праграмавання Python, паказалі высокую ступень супадзення, што сведчыць аб дакладнасці мадэлі.

Дыпломная праца мае практычныя прыкладанні. У прыватнасці, вынікі даследаванняў могуць быць скарыстаны для праектавання падвесак аўтамабіляў.

Дыпломная праца выканана аўтарам самастойна.

ANNOTATION

The thesis contains: 59 pages, 45 illustrations (drawings), 2 tables, 1 appendix, 10 sources used.

Keywords: ELECTRIC VEHICLE, SUSPENSION, STIFFNESS, DAMPING, MODELING, DISPLACEMENT, SPEED, ACCELERATION, PITCH, ROLL.

The thesis is devoted to the study of the passive suspension system of a car and the optimal placement of the battery.

The objectives of the thesis are:

1. Development of a simplified mechanical and mathematical model of an electric vehicle suspension.
2. Determining the optimal placement of the battery in the body of an electric vehicle.
3. Conducting simulation modeling to analyze the behavior of the suspension system.
4. Comparison of active and passive suspension systems to improve driving comfort and safety.

To achieve the goals, the following were used: mechanical and mathematical modeling using Lagrange equations of the second kind to describe the movement of a car; numerical analysis methods, such as the Runge-Kutta method, to solve a system of differential equations describing suspension dynamics; RecurDyn software for checking the developed model; simulation using the SimCenter Simulink Amesim program and the Python programming language to analyze suspension behavior; various battery placement options and their impact on the dynamics of the car body.

The following results were obtained in the thesis:

1. A mechanical and mathematical model of electric vehicle suspension has been developed and tested, considering the elastic and damping properties of the elements.
2. It has been determined that the optimal location for the battery is near the center of mass (between the front and rear wheels), which minimizes vertical acceleration and pitch angles.
3. Simulation modeling showed the high accuracy of the developed model, which is confirmed by the coincidence of the results with analytical solutions.
4. Graphs of body displacements, velocities and accelerations obtained using the RecurDyn program and the Python programming language showed a high degree of agreement, which indicates the accuracy of the model.

The thesis has practical applications. In particular, the research results can be used to design car suspensions.

The thesis was completed by the author independently.