

## ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО СБОРОЧНОГО УЗЛА ПОДВЕСКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРАВИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

**Беляева И.А.**

*Самарский государственный технический университет, Самара*

**Ключевые слова:** создание конечно-элементной модели, проектирование подвески, гидравлические амортизаторы, моделирование шаровых шарниров, сборочный узел электромобиля, достаточность генерации сетки.

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования влияния подготовки конечно-элементной базы на качество проектирования сборочного узла электромобиля. Рассматриваются основные особенности подготовки расчетной модели, а также ее достаточность при подготовке к расчету. Обращается внимание на качество детализации конечно-элементной модели передней подвески электромобиля и способы вариативности представления компонентов в расчетной модели.

## IMPACT ON THE QUALITY OF THE ELECTRIC VEHICLE SUSPENSION ASSEMBLY FROM THE POINT OF VIEW OF THE CORRECT PREPARATION OF THE FINITE ELEMENT MODEL

**Belyaeva I.A.**

*Samara State Technical University, Samara*

**Keywords:** finite element model creation, suspension design, hydraulic shock absorbers, ball joint modeling, electric vehicle assembly, mesh generation sufficiency.

**Abstract.** The work presents the results of the study of the influence of the finite element base preparation on the design quality of an electric vehicle assembly. The main features of the design model preparation are considered, as well as its sufficiency in preparation for calculation. Attention is paid to the quality of detailing of the front suspension FEM of an electric vehicle and the ways of variability of component representation in the computational model.

При математическом моделировании узлов электромобиля большое влияние на итоговое качество получаемой модели оказывает правильное проектирование и подготовка к расчёту отдельных частей исходной модели. Важно, чтобы передняя подвеска электромобиля моделировалась наиболее подробно и через оболочечные элементы. Все встречающиеся в ней узлы и шарниры должны быть адекватно описаны и правильно представлены в расчетных картах. Для примера возьмем программный продукт LS-DYNA и опишем максимально приемлемый вариант модели передней подвески электромобиля [1, 2].

Создание КЭМ (конечно-элементной модели) каждого компонента, входящего в состав передней подвески, включает в себя:

- получение геометрических моделей компонентов;
- создание КЭ-сетки оболочечных элементов по общим требованиям для модели;

- компенсация масс узлов – изменяется плотность либо толщина материала до достижения требуемой массы;
- соединение деталей между собой и с другими частями модели.

В современных электромобилях чаще всего применяется передняя подвеска независимая, телескопическая, с гидравлическими амортизаторными стойками, с винтовыми цилиндрическими пружинами, нижними поперечными рычагами с растяжками и стабилизатором поперечной устойчивости [3, 4]. Качество сборочного узла зависит от правильного подхода к подготовке модели. Рассмотрим основные особенности подготовки математической модели (рис. 1).

В процессе перемещения, если вертикальное изменение положение колеса относительно кузова изменяется мало, допустимо жесткое моделирование гидравлической стойки, без возможности телескопического изменения ее длины [5, 6]. Поэтому пружину моделировать не требуется, но массу ее надо учесть в общей массе гидравлической стойки.

Однако, более корректным является подход, при котором возможная кинематика стойки учитывается в модели [7-9].

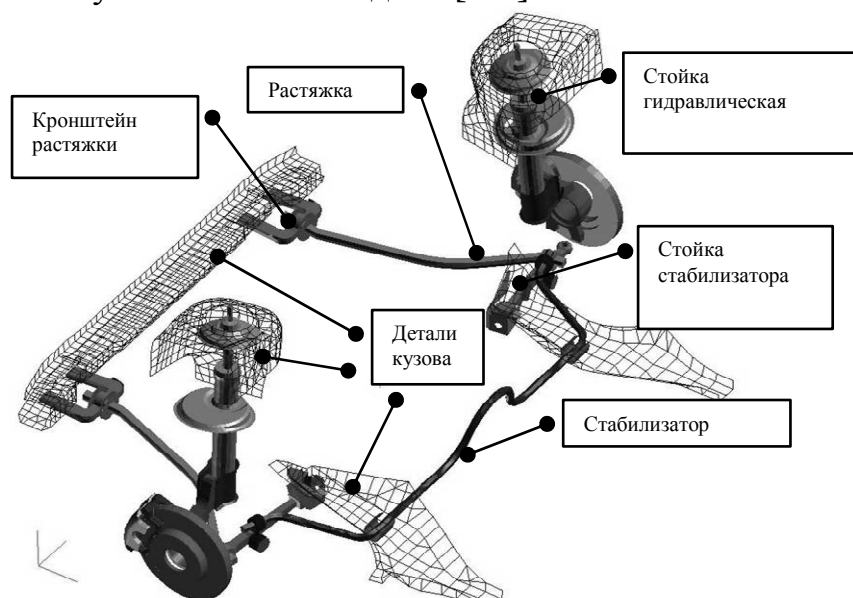


Рис. 1. Конечно-элементная модель передней подвески электромобиля

Это телескоп промежуточного вала рулевого управления, шлицевой хвостовик карданного вала и гидравлическая стойка подвески.

Для моделирования относительных поворотов элементов подвески, все шарниры подвески должны присутствовать в модели.

В качестве шарниров в подвеске чаще всего встречаются резинометаллические (сайлентблоки) и шаровые шарниры.

Резинометаллический шарнир представляет из себя внутренний стержень и внешнюю обойму, соединенные между собой через резиновую втулку с определенным натягом. В таких соединениях, в модели резиновое наполнение опускается и не учитывается.

Шаровые шарниры моделируются с помощью команды \*CONSTRAINED\_JOINT\_SPHERICAL и двух \*CONSTRAINED\_NODAL\_RIGID\_BODY, одно из которых соединяет первый узел шарнира с одной из соединяемых деталей, а второе – второй узел шарнира со второй деталью кузова.

В рассматриваемом нами типе подвески шаровые опоры находятся только в месте крепления нижних рычагов к поворотным кулакам. Верхние опоры гидравлических стоек представляют собой эластичную муфту в сборе с шаровым подшипником и тоже могут быть представлены в виде сферического шарнира (рис. 2).

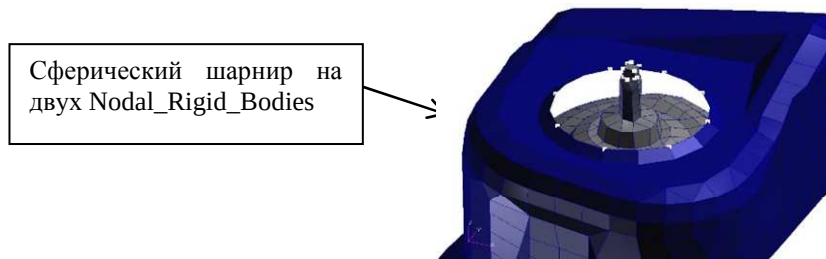


Рис. 2. Место крепления верхней опоры стойки

Кронштейны деталей подвески соединяются с кузовом в местах реальной сварки с помощью \*CONSTRAINED\_NODAL\_RIGID\_BODY или WELD-элементов, имитирующих сварные точки.

Вращение колеса вокруг его оси не влияет на процесс деформирования. Поэтому диск колеса жестко прикрепляется к поворотному кулаку, а подшипник ступицы не моделируется.

### Вывод

Представленный подход считается достаточным с точки зрения подробности подготовки генерации сетки. На качество сборочного узла подвески электромобиля при правильной подготовке конечно-элементной модели также необходимо учитывать массу электромобиля, присутствие всех крепежных элементов и корректное соответствие материалов деталей и неучтенных масс в модели.

### Список литературы

1. Козловский В.Н., Антипов Д.В., Заятров А.В. Методология анализа и прогнозирования качества автомобилей в эксплуатации // Актуальные проблемы экономики. – 2016. – Т. 186, № 12. – С. 387-398.
2. Козловский В.Н., Строганов В.И., Дебелов В.В., Пьянов М.А. Комплекс электронных систем управления движением легкового автомобиля с комбинированной силовой установкой. Часть 1 // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 40-49.
3. Козловский В.Н., Заятров А.В. Проблема стратегического планирования улучшения качества и надежности системы электрооборудования автомобилей // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2012. – №1. – С. 44-47.
4. Panyukov D., Kozlovsky V., Klochkov Y. Development and research FMEA expert team model // International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. 2020, vol. 27, no. 5, p. 2040015.
5. Дебелов В.В., Иванов В.В., Козловский В.Н., Строганов В.И. Моделирование электронной системы регулирования скорости движения легкового автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2013. – № 6. – С. 2-7.
6. Козловский В.Н., Благовещенский Д.И., Айдаров Д.В., Панюков Д.И., Фарисов Р.Д. Концепция методологии комплексной программы улучшений // Стандарты и качество. – 2022. – №7. – С. 36-42.

7. Строганов В.И., Козловский В.Н., Сорокин А.Г., Мифтахова Л.Х. Математическое моделирование основных процессов электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 7. – С. 129-132.
8. Панюков Д.И., Козловский В.Н., Айдаров Д.В. Новое руководство по FMEA: структурный анализ процессов // Методы менеджмента качества. – 2020. – №10. – С. 36-42.
9. Козловский В.Н., Дебелов В.В., Пьянов М.А. Моделирование электронной системы VVT управления двигателем легкового автомобиля // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – №4. – С. 5-12.

Сведения об авторе:

*Беляева Ирина Александровна* – к.т.н., доцент, научный сотрудник.