

УДК 629.027

Оценка влияния параметров подвески на показатели плавности хода автомобиля

Иванов Максим Игоревич

ivanovmi@student.bmstu.ru

Арутюнян Георгий Артурович^(*)

georgy.arut@bmstu.ru

SPIN-код: 8811-3434

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Проведено исследование влияния параметров системы поддрессоривания на плавность хода колесной машины. Проведена оценка степени влияния различных конструктивных параметров системы поддрессоривания на показатели плавности хода. Путем варьирования значений конструктивных параметров подвески, таких как полный ход подвески, упругая характеристика и демпфирующая характеристика подвески была выявлена закономерность изменения значений среднеквадратичных виброускорений. Определено допустимое время движения для каждого набора параметров и сделано заключение о взаимосвязи параметров системы поддрессоривания и показателях плавности хода.

Ключевые слова: плавность хода, безопасность движения, упругая характеристика, демпфирующая характеристика, шина, подвеска, виброускорения, дорожный профиль

Assessment of the effect of suspension parameters on the smoothness of the vehicle

Ivanov Maxim Igorevich

imi21m332@student.bmstu.ru

Arutunyan Georgy Arturovich^(*)

georgy.arut@bmstu.ru

SPIN-code: 8811-3434

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This study investigates the influence of suspension system parameters on the ride comfort of a wheeled vehicle. An evaluation was carried out to determine the degree of impact of various structural parameters of the suspension system on ride comfort indicators. By varying suspension design parameters such as total suspension travel, stiffness characteristics, and damping characteristics, a regularity in the variation of root-mean-square vibration accelerations was identified. The permissible travel time for each parameter set was determined, and a conclusion was drawn regarding the interrelation between suspension system parameters and ride comfort performance.

Keywords: smooth running, driving safety, elastic characteristic, damping characteristic, tire, suspension, vibration acceleration, road profile

Введение. Под плавностью хода понимают качество колесной машины, характеризующее вибрационную безопасность водителя, пассажиров, перево-

зимых грузов и ее собственных агрегатов от воздействия вибрации, которая возникает при движении. Поэтому изучение плавности хода наиболее актуально на данный момент и эта тема имеет высокий потенциал для развития и совершенствования.

На данный момент существуют несколько подходов к изучению плавности хода. В данной работе исследование производится с помощью математической модели, полученной в Matlab Simulink. Но перед этим производится определение исходных параметров подвески и выбор параметров дорожного профиля. Работа ведется итеративно, с попеременным изменением значений требуемых параметров и анализом их влияния на изменение виброускорений колесной машины.

Материалы и методы. При проектировании подвесок КМ требуется провести исследование

свойств семейств подвесок, спроектированных как для различных ходов, так и для различных нагрузок.

Проектирование подвесок колесных машин сопряжено с необходимостью исследования свойств семейств конструкций, оптимизированных под различные ходы и нагрузки. Всестороннее аналитическое определение указанных характеристик неосуществимо. Наиболее эффективным решением данной задачи является применение методов моделирования, в особенности — компьютерных имитационных математических моделей.

Математическое моделирование движения транспортного средства в разнообразных режимах, на различных трассах и при преодолении типовых препятствий представляет собой основной метод исследований в современной теории поддрессирования [1].

Исходя из комплекса задач по оценке плавности хода, решаемых методами математического моделирования, сформулированы требования к модели движения колесной машины:

- отражение совместной динамики: модель должна интегрированно описывать динамическое поведение корпуса и элементов ходовой части;
- учет неударяющих связей: обязательно моделирование связей, допускающих отрыв колес от опорной поверхности;
- состав выходных данных: результатами моделирования должны выступать силовые и кинематические параметры движения колесной машины;
- конструктивная и дорожная универсальность: модель должна обладать гибкостью для адаптации к различным конструктивным решениям колесной машины и широкому спектру дорожных условий;
- вычислительная эффективность: практическая реализация модели требует использования оптимальных вычислительных методов и алгоритмов.

Результаты. Для выполнения исследования была составлена математическая модель. Она построена в Matlab Simulink и опирается на уравнения динамики колесных машин и теорию движения автомобиля. Система построена для легкового двухосного полноприводного автомобиля полной массой 2500 кг и описана в работе [2]. Комплексная оценка результатов включает в себя также

сравнение с нормами по вибронагруженности рабочего места по ГОСТ 12.1.012 [3], а также выявление закономерностей влияния параметров.

Исследование проводилось для движения по грунту удовлетворительного качества (3-я категория) со скоростью 10 км/ч. Анализировалось влияние трех параметров подвески на среднеквадратические отклонения виброускорений и допустимое время движения.

На первом этапе исследования варьировался полный ход подвески, при неизменности остальных вводимых параметров [4]. Изначальный ход подвески составлял 260 мм, хода отбоя и сжатия принимаются равными. Это значение было изменено в большую и меньшую сторону на 2 шага. Итого полный ряд сравниваемых значений полного хода подвески: 160, 210, 260, 310, 360 мм (табл. 1).

Таблица 1

**Полученные значения СКО и допустимого времени движения
при изменении полного хода подвески**

Значения СКО (м/с ²), при						
Ход подвески	160 мм	210 мм	260 мм	310 мм	360 мм	Норма
1 октава	1,215	1,188	1,160	1,136	1,113	1,10
2 октава	2,367	2,121	1,987	1,893	1,830	0,79
3 октава	2,545	2,336	2,273	2,235	2,206	0,57
4 октава	1,492	1,307	1,26	1,272	1,279	0,60
5 октава	0,840	0,6812	0,628	0,604	0,602	1,13
Допустимое время движения, мин	24	29	30	31	32	—

Во втором разделе исследования варьировалась упругая характеристика подвески, при неизменности остальных вводимых параметров [5]. Были рассмотрены линейная, прогрессивная характеристика на обоих осях, линейная на передней оси с прогрессивной на задней оси, прогрессивная на передней оси с линейной на задней оси (табл. 2).

В третьем разделе варьировалась демпфирующая характеристика подвески, при неизменности остальных вводимых параметров. Были рассмотрены изменения крутизны кривой зависимости силы демпфирования от скорости перемещения штока. Были рассмотрены увеличение и уменьшение жесткости демпфирования в сжатии и в отбое в 2 раза (табл. 3).

Обсуждение полученных результатов. Проведено сравнение результатов с нормами по безопасности и выстроены тенденции влияния вышеперечисленных параметров.

Увеличение полного допустимого хода подвески благоприятно влияет на плавность хода. Так как исследование проводилось для удовлетворительного грунта (среднего по количеству и величине неровностей), то ход подвески используется практически полностью, иногда доходя до буферов сжа-

тия и отбоя. Поэтому увеличение полного хода снижает вероятность пробоя подвески, что снижает величину виброускорений.

Таблица 2

**Полученные значения СКО и допустимого времени движения
при изменении упругой характеристики подвески**

Значения СКО (м/с ²), при						
Ход подвески	Линейная	Прогрессивная (2.5)	Прогрессивная (4.0)	Перед — линейная, зад — (4.0) прогрессивная	Перед — прогрессивная (4.0), зад — линейная	Норма
1 октава	1,090	1,160	1,239	1,195	1,138	1,10
2 октава	1,893	1,987	2,301	1,996	2,305	0,79
3 октава	2,280	2,273	2,385	2,265	2,414	0,57
4 октава	1,304	1,260	1,245	1,292	1,260	0,60
5 октава	0,632	0,628	0,595	0,6432	0,6065	1,13
Допустимое время движения, мин	30	30	27	30	27	—

Таблица 3

**Полученные значения СКО и допустимого времени движения при изменении
демпфирующей характеристики подвески**

Значения СКО (м/с ²), при						
Ход подвески	Отбой жестче	Отбой мягче	Сжатие жестче	Сжатие мягче	Среднее сжатие и отбой	Норма
1 октава	1,113	1,278	1,074	1,232	1,160	1,10
2 октава	2,461	1,560	2,049	1,999	1,987	0,79
3 октава	2,890	1,639	2,635	2,105	2,273	0,57
4 октава	1,498	1,074	1,469	1,176	1,260	0,60
5 октава	0,741	0,5727	0,654	0,612	0,628	1,13
Допустимое время движения, мин	19	58	22	35	30	—

Чем ближе упругая характеристика к линейной зависимости, тем лучше плавность хода. Это вызвано тем, что слишком сильная прогрессивная упругая характеристика приводит к росту СКО виброускорений. Стоит отметить, что данная закономерность свойственна конкретно для грунта удовлетворительного качества, на котором еще отсутствуют пробой подвески.

Чем «мягче» демпфирующая характеристика (более пологая, горизонтальная), тем выше плавность хода. Причем большее влияние оказывает именно изменение характеристики на отбое. При высоких виброускорениях в подвеске также возникает большее усилие от амортизатора, за счет более высокой скорости перемещения штока. Поэтому при уменьшении коэффициента демпфирования плавность хода улучшается, если не происходит пробоев подвески.

Результаты показали, что для данного типа грунта и скорости движения большее влияние оказывает демпфирующая характеристика хода отбоя.

Заключение. Проведено исследование влияния параметров подвески на плавность хода и оценена степень влияния каждого из них. Было выявлено, что увеличение полного допустимого хода подвески благоприятно влияет на плавность хода; что чем ближе упругая характеристика к линейной зависимости, тем лучше плавность хода; что чем «мягче» демпфирующая характеристика, тем выше плавность хода. Причем большее влияние оказывает именно изменение характеристики на отбое.

Список источников

- [1] Жеглов Л.Ф. Спектральный метод расчета систем поддрессирования колесных машин. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
- [2] Жилейкин М.М., Котиев Г.О. Моделирование систем транспортных средств. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.
- [3] ГОСТ 12.1.012–2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. Москва, Стандартинформ, 2010, 23 с.
- [4] Руктешель О.С. Плавность хода автомобиля. Минск, БНТУ, 2021, 61 с.
- [5] Черепанов Л.А. Влияние характеристик амортизаторов подвески на плавность хода короткобазового легкового автомобиля. Транспортные системы, 2017, № 2, с. 5–9.