

УДК 629.017

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АВТОМОДЕЛИ С РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ ПРУЖИН

Афанасьев Никита Дмитриевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, yalex.madi@yandex.ru

Юрзин Алексей Владимирович, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, yalex.madi@yandex.ru

Шкатов Артем Алексеевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, yalex.madi@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается возможность внесения изменений в конструкцию автомодели с целью улучшения ее управляемости, а также снятие оценочных показателей на смартфон. Приведено сравнение оценочных показателей управляемости автомодели с более жесткими и более мягкими пружинами.

Ключевые слова: автомодель; улучшение управляемости; измерение на смартфон; жесткость пружин.

ASSESSMENT OF OPERATING PROPERTIES OF CAR MODEL WITH VARIOUS RIGID SPRINGS

Afanasyev Nikita D., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, yalex.madi@yandex.ru

Yurzin Alexey V., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, yalex.madi@yandex.ru

Shkatov Artem A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, yalex.madi@yandex.ru

Abstract. The article discusses the possibility of making changes to the design of the car in order to improve its controllability, as well as taking estimates on a smartphone. The comparison of estimated indicators of controllability of a car model with stiffer and softer springs is given.

Keywords: car model; improved controllability; measurement on a smartphone; spring stiffness.

ВВЕДЕНИЕ

Сенсорная часть современных смартфонов позволяет в реальном времени осуществлять запись множества параметров [1], среди которых

выделим кинематические параметры движения самого устройства, а также навигационные данные.

Чтобы определить необходимую жесткость пружин в автоспорте, нужно проделать ряд испытаний. Нам достаточно иметь автомобиль и смартфон, который может оценить разницу в поведении объекта испытаний.

Основываясь на теории [5], высокая жесткость подвески позволяет при резком изменении траектории движения совершить задуманный пилотом маневр без потерь в площади пятна контакта колеса с дорогой. Площадь пятна контакта является основным параметром взаимодействия автомобиля с дорогой и определяется множеством факторов от давления в шинах до жесткости пружин. При неудовлетворительном значении одного из этих параметров автомобиль останется стоять на месте, какой бы мощный двигатель у него не стоял, и какими бы передаточными числами не обладала трансмиссия. В данной статье мы рассмотрим лишь один из параметров, влияющих на управляемость автомобиля – это зависимость величины ускорений от жесткости пружин.

Методы испытания

Используемое измерительное оборудование – смартфон Lenovo vibe p1ma40 (Рис.1)

Масса телефона - 148гр

Программа записи параметрических данных с датчиков смартфона – AndroSensor

Объект проведения испытаний:

Автомобиль TeamAssociatedSC 6.1. (рис.2)

Технические характеристики:

Колесная формула - 4x2 (задний привод);

Двигатель – электрический;

Напряжение аккумулятора - 7.6В;

Передняя и задняя подвески - винтовые пружины, независимая;

Шины - Schumacher mini pin sc;

Снаряженная масса - 2130гр;

Масса телефона - 148гр;

Масса модели при испытании - 2278гр.

Жесткость пружин:

Таблица 1

	Передние пружины	Задние пружины
Жесткие	5.10lb	2.60lb
Мягкие	4.10lb	2.10lb

где LB – единица измерения массы (фунт)

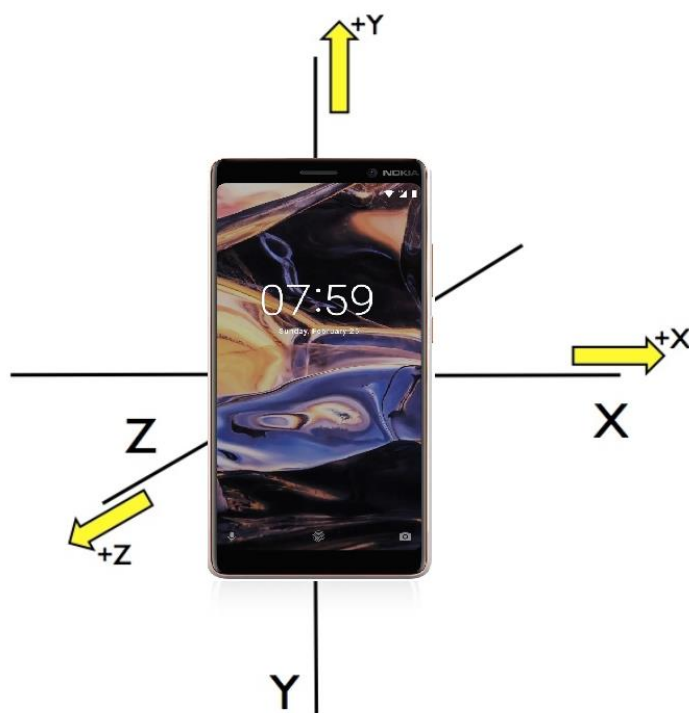


Рис. 1 Направления координатных осей смартфона

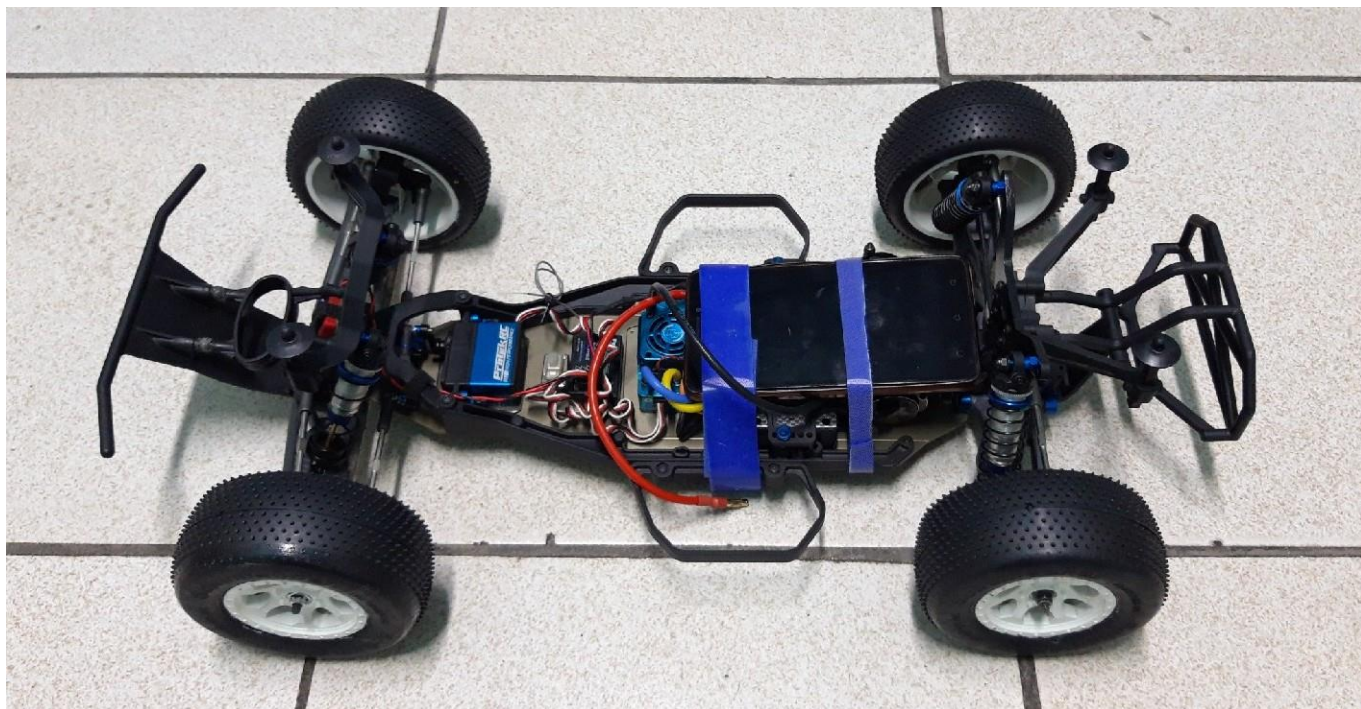


Рис. 2. Объект испытаний

При подготовке к испытаниям записывающее устройство было расположено так, чтобы все его координатные оси совпадали (были параллельны) с осями объекта проведения испытаний, то есть закреплено продольно и неподвижно относительно шасси автомодел.

Трасса

В качестве площадки для испытаний была выбрана трасса для проведения автомоделных соревнований в помещении университета МИФИ (рис. 3, рис. 4).

Для получения точных и наглядных результатов испытаний ширина трассы была уменьшена.



Рис. 3. Участок трассы для проведения испытаний

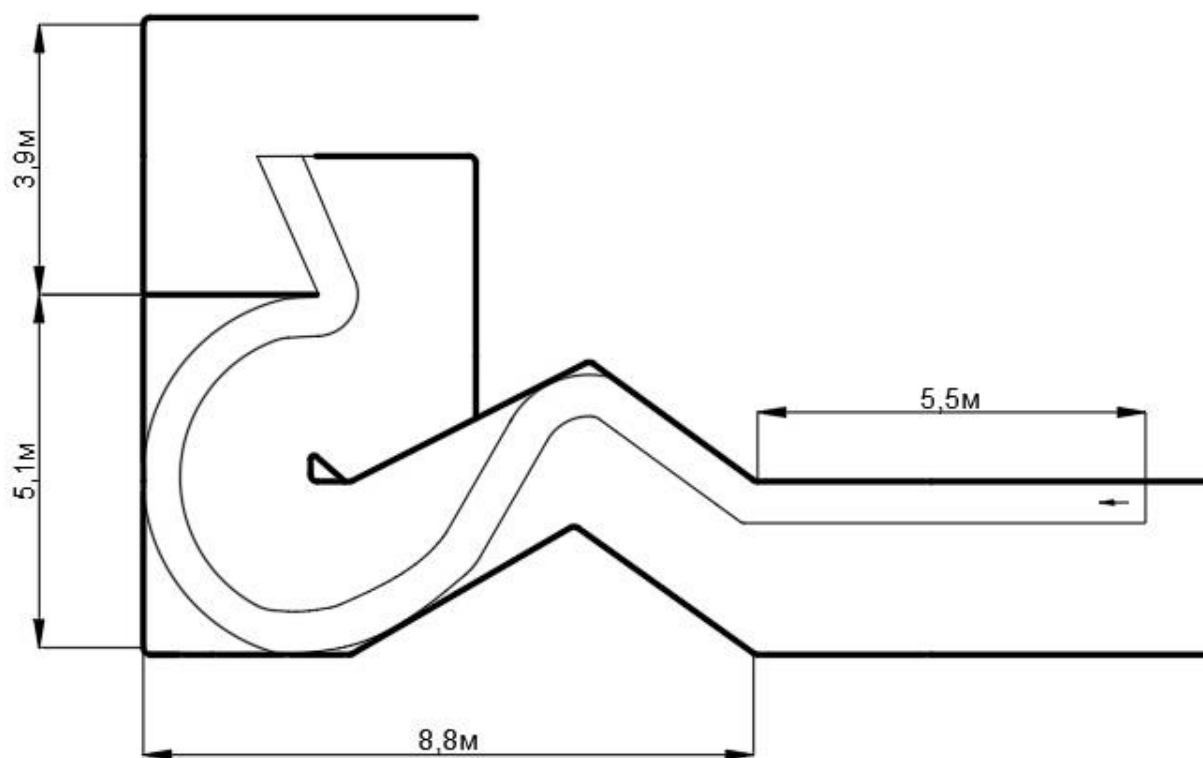


Рис. 4. Схема участка трассы

Записываемые в процессе экспериментов данные:

Продольные, поперечные, вертикальные ускорения;

Время.

Фактическая частота записи данных составила: 200 Гц

Формат записываемых данных – CSV (строчный с разделителями)

Крепление смартфона при испытаниях – неподвижно
относительно объекта испытаний.

ОБРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОБЪЕКТА ИСПЫТАНИЙ

Обработка параметрических данных осуществлялась в программном обеспечении Microsoft Excel. Всего было выполнено 10 испытательных заездов – 5 заездов на жестких пружинах и 5 на мягких. Далее были получены средние значения на жестких и мягких пружинах, и по ним построены соответствующие графики.

Испытания на жестких пружинах.

На рисунке 5 показан график зависимости боковых ускорений автомобиля от времени.

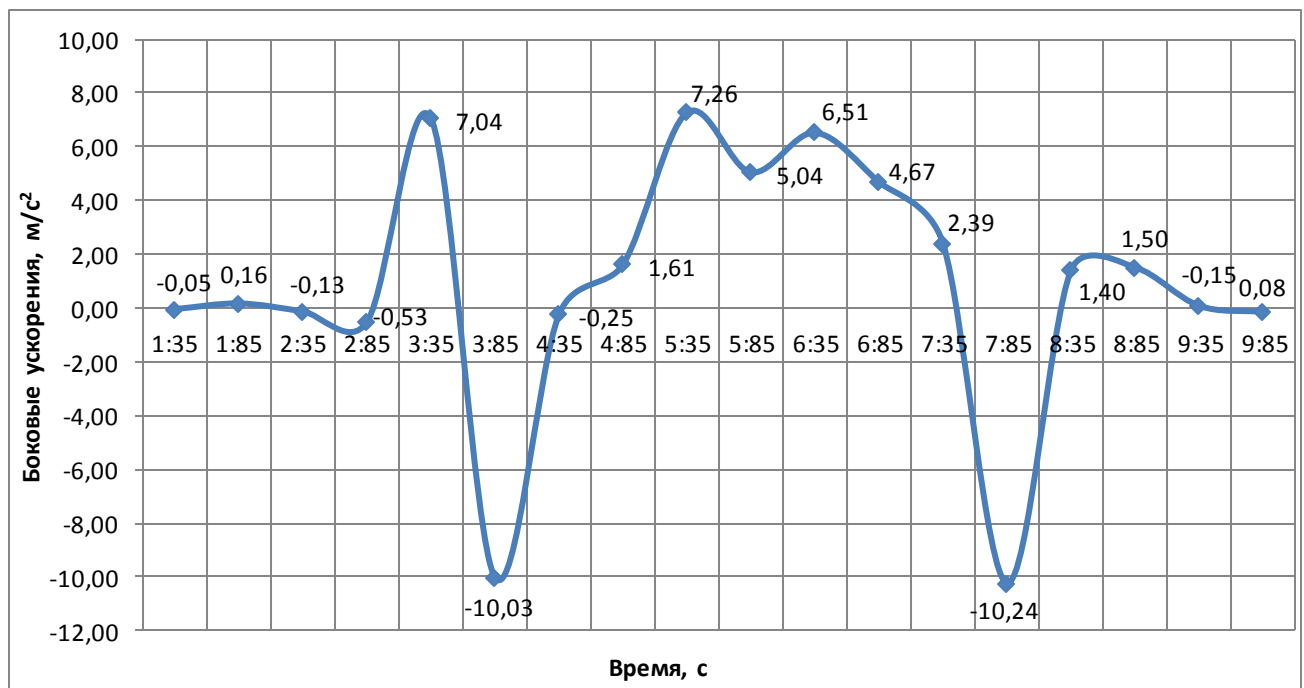


Рис. 5. График зависимости боковых ускорений от времени на жестких пружинах

Испытания на мягких пружинах.

На рисунке 6 показан график зависимости боковых ускорений автомобиля от времени.

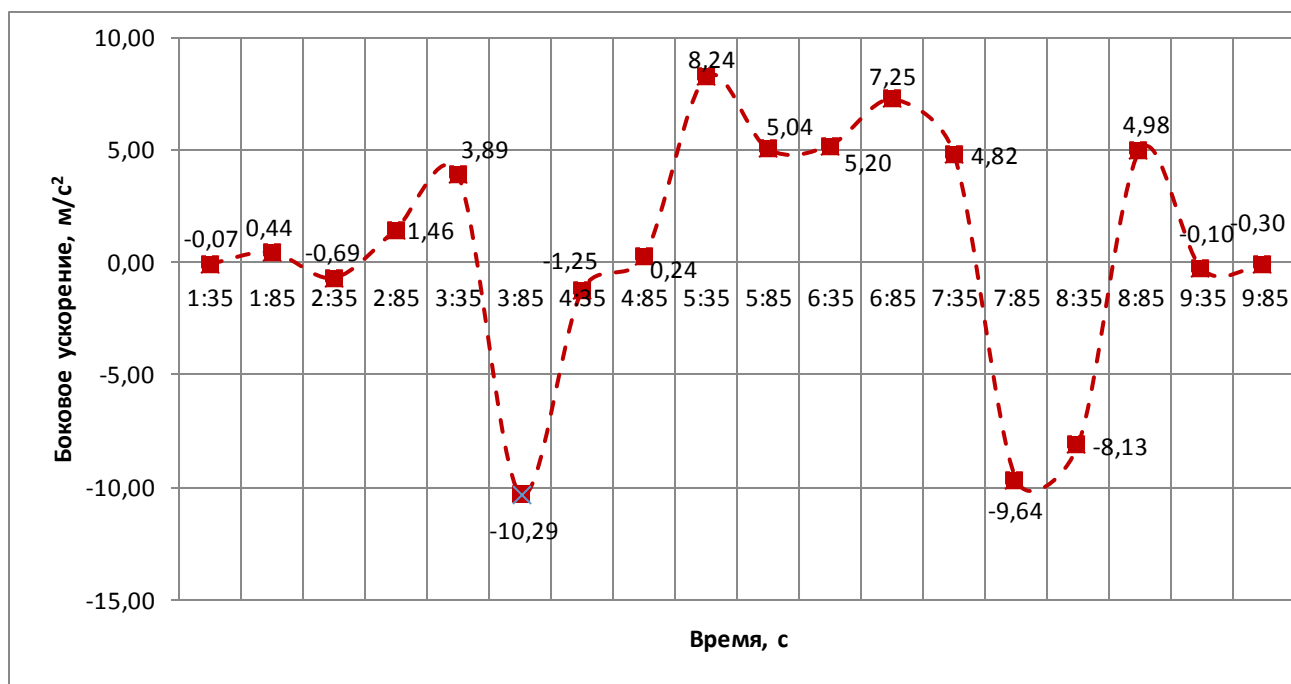


Рис. 6. График зависимости боковых ускорений от времени на мягких пружинах

Наложением одного графика на другой получаем следующее (рис 7):

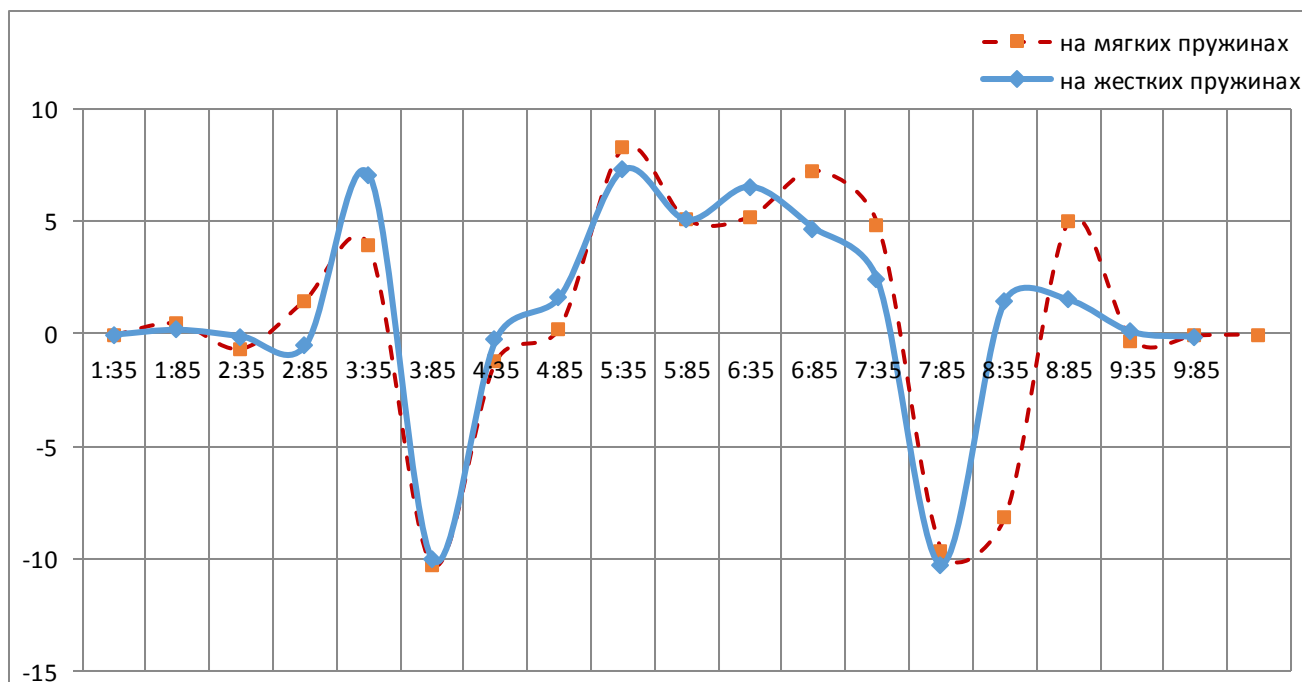


Рис. 7. Совмещенный график зависимости боковых ускорений от времени на жестких и мягких пружинах

Данные, полученные в ходе эксперимента, не совсем точно отображают разницу между жесткими и мягкими пружинами, так как не удалось достичь 100% повторяемости заездов. Но если рассмотреть данные на графике в диапазоне времени от 4:35 до 7:35 секунд, то можно заметить, что жесткие пружины генерируют меньшие значения боковых ускорений, что благоприятно влияет на поворачиваемость автомоделей.

Далее сравним перераспределение нагрузки между колесами на жестких и мягких пружинах.

Таблица 2

Исходные данные

Данные объекта испытаний		
m _{cog}	2,28	кг
L _r	0,13	м
L _f	0,20	м
L	0,33	м
g	9,81	м/с ²
h _{cog}	0,06	м
b _f	0,25	м
b _r	0,25	м

где m_{cog} – масса центра тяжести;

L_r – расстояние от центра тяжести до задней оси;

L_f – расстояние от центра тяжести до передней оси;

L – колесная база автомоделей;

g – ускорение свободного падения;

h_{cog} – высота центра тяжести;

b_f – ширина передней колеи;

b_r – ширина задней колеи.

Распределение вертикальных сил F_{ZRR} , F_{ZRL} , F_{ZFR} , F_{ZFL} найдем из следующих уравнений:

$$F_{ZFL} = m_{CoG} \cdot \left(\frac{l_R}{l} \cdot g - \frac{h_{CoG}}{l} \cdot \ddot{x}_{CoG} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{h_{CoG} \cdot \ddot{y}_{CoG}}{b_F \cdot g} \right)$$

$$F_{ZFR} = m_{CoG} \cdot \left(\frac{l_R}{l} \cdot g - \frac{h_{CoG}}{l} \cdot \ddot{x}_{CoG} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{h_{CoG} \cdot \ddot{y}_{CoG}}{b_F \cdot g} \right)$$

$$F_{ZRL} = m_{CoG} \cdot \left(\frac{l_F}{l} \cdot g + \frac{h_{CoG}}{l} \cdot \ddot{x}_{CoG} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{h_{CoG} \cdot \ddot{y}_{CoG}}{b_R \cdot g} \right)$$

$$F_{ZRR} = m_{CoG} \cdot \left(\frac{l_F}{l} \cdot g + \frac{h_{CoG}}{l} \cdot \ddot{x}_{CoG} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{h_{CoG} \cdot \ddot{y}_{CoG}}{b_R \cdot g} \right)$$

После расчетов получаем следующие графики (рис. 8, рис. 9):

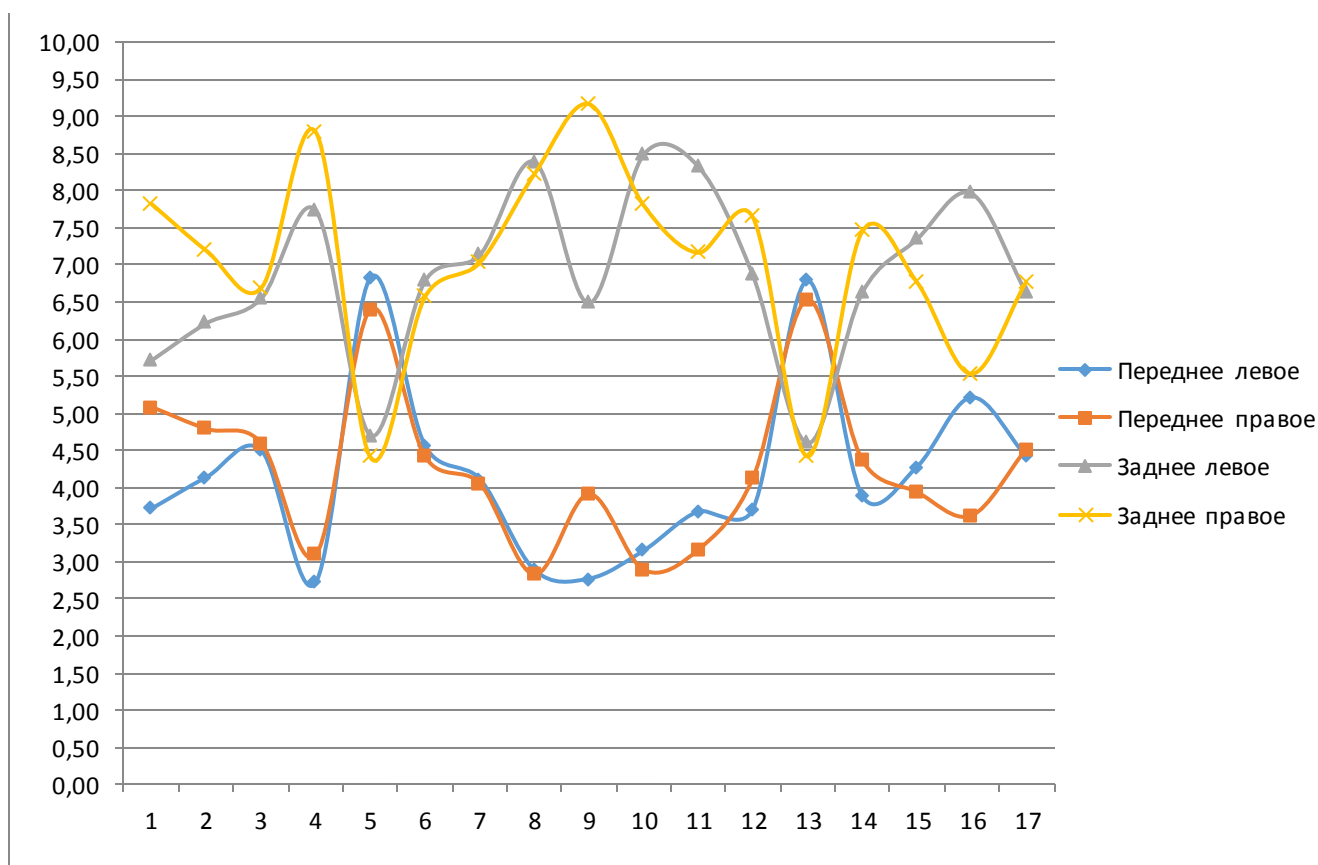


Рис. 8. Графики распределения вертикальных сил по колесам на жестких пружинах

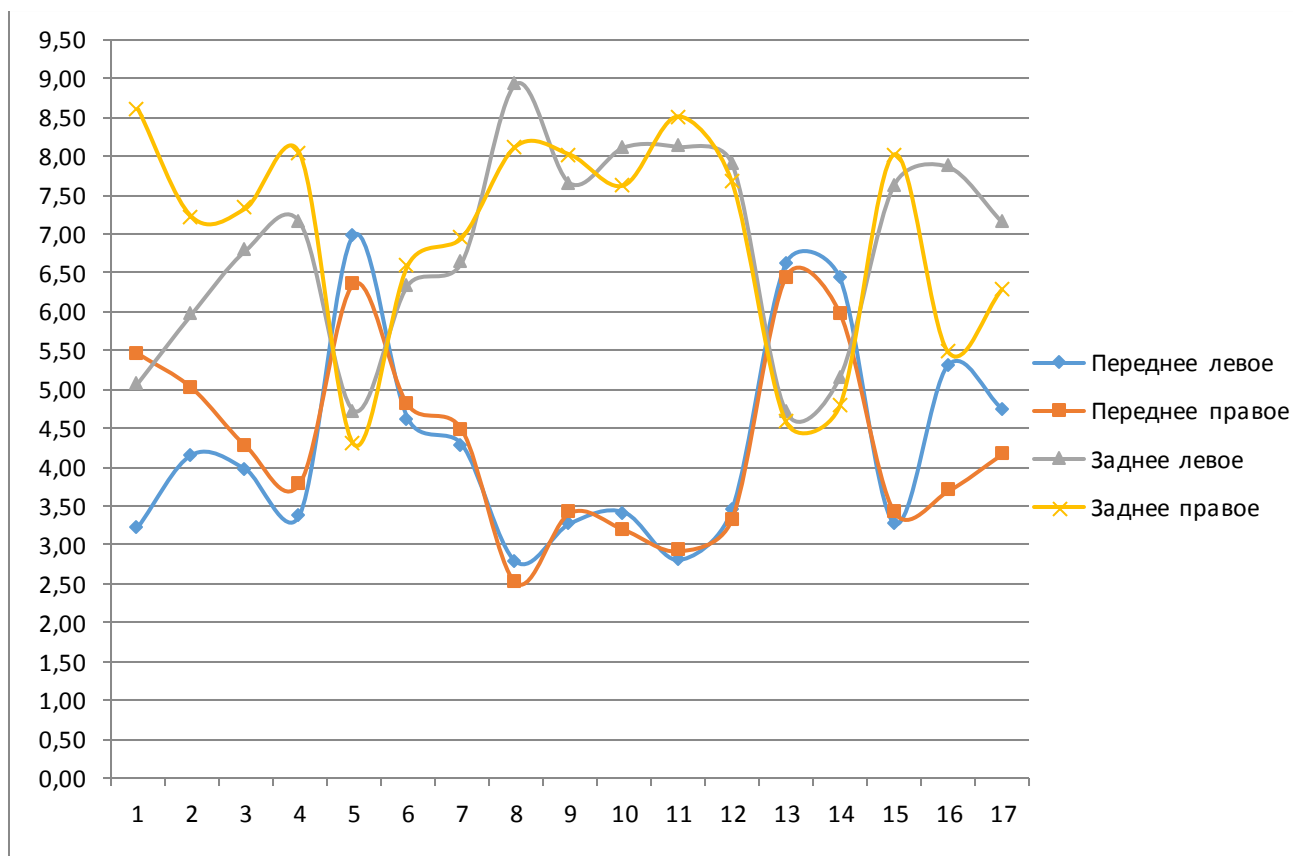


Рис. 9. Графики распределения вертикальных сил по колесам на мягких пружинах

С учетом того, что заезды получились не со 100% повторяемостью, они имеют небольшие отклонения. При анализе наиболее схожих участков на графике можно заметить, что при использовании мягких пружин происходит большее перераспределение веса, тем самым увеличивая время прохождения поворотов. Жесткие пружины позволяют более быстро передавать нагрузку на шины, что способствует более быстрому прохождению изгибов трассы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

При выполнении курсовой работы были получены следующие выводы:

- Смартфон, который не является испытательным оборудованием, позволяет снять данные, с помощью которых можно оценить и проанализировать сравнительные тесты.
- В ходе испытаний было отмечено, что на мягких пружинах автомобиль медленнее реагирует на смену направления движения, так как происходит плавное перераспределение веса, в отличие от жестких, где это происходит более резко, что позволяет повысить точность управления автомобилем. Повороты на мягких пружинах проходятся с большими кренами, требуется больше времени, чтобы пройти поворот и выровнять автомобиль. Результаты данного эксперимента схожи с результатами аналогичных испытаний реального автомобиля.
- В результате проведения испытаний и обработки оценочных показателей установлено, что при использовании более жестких пружин происходит уменьшение боковых ускорений. Это приводит к улучшению поворачиваемости и точности управления автомобилем.

Заключение

Подводя итог по проделанной работе, хотелось бы отметить, что при проведении испытаний автомобиля сложно получить абсолютную повторяемость результатов испытаний. Пилот, управляя автомобилем дистанционно, не может добиться такой же точности проведения испытаний, как при работе с реальным автомобилем, находясь внутри объекта испытаний, так как отсутствует механическая связь между органами управления и колесами. Поэтому мы получили достаточно неоднозначные результаты испытаний. Допускаем, что если провести ряд испытаний по прохождении каждого отдельно взятого поворота, то можно было бы получить более точные результаты.

Список литературы

1. Daniel Johns Регистраторы данных телеметрии: раскрывая секреты. - 2010.
2. Шадрин, С.С. Использование смартфонов в образовательном процессе МАДИ при проведении дорожных испытаний автотранспортных средств / С.С. Шадрин, А.М. Иванов // Известия ВолгГТУ. Серия «Наземные транспортные системы». Вып. 9: Межвуз. сб. науч. ст. / Волгоград: ВолгГТУ, 2014. - № 19 (146). - С. 81-85.
3. Shadrin, S.S. Usage of smartphones in the education process of madi during vehicle road tests conduction / S.S. Shadrin, A.M. Ivanov, V. M. Prikhodko // Modern Applied Science. - 2015. - Vol. 9, No. 1. - P. 83-88.
4. Эксплуатационные свойства автомобиля: URL: <http://ru.solverbook.com/spravochnik/mexanika/kinematika/uskorenie/>
5. Автомодель Team Associated SC6.1: URL: https://www.associatedelectrics.com/teamassociated/cars_and_trucks/RC10SC6.1/Team/
6. Иванов, А.М. Теория эксплуатационных свойств / А.М. Иванов. – М.: «Академия», 2013.
7. Руководство по настройке автомодели: URL: https://www.rc-auto.ru/articles_tuning/id/748/
8. Шадрин, С.С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: дис. ... д-ра техн. наук / С.С. Шадрин. – Москва, 2017. – 400 с.

Reference

1. Daniel Johns. *Registratory dannykh telemetrii: raskryvaya sekrety* (Telemetry Data Loggers: Revealing Secrets), 2010.
2. SHadrin S.S., Ivanov A.M. *Izvestiya VolgGTU. Seriya «Nazemnye transportnye sistemy»*. Vyp. 9: Mezhvuz. sb. nauch. st., 2014, no 19 (146), pp. 81-85.
3. Shadrin S.S., Ivanov A.M., Prikhodko V. M. Usage of smartphones in the education process of madi during vehicle road tests conduction // Modern Applied Science. - 2015. - Vol. 9, No. 1. - P. 83-88.
4. URL: <http://ru.solverbook.com/spravochnik/mexanika/kinematika/uskorenie/>
5. URL: https://www.associatedelectrics.com/teamassociated/cars_and_trucks/RC10SC6.1/Team/
6. Ivanov A.M. *Teoriya ekspluatatsionnykh svoystv* (Theory of operational properties), Moscow, «Akademiya», 2013.
7. URL: https://www.rc-auto.ru/articles_tuning/id/748/
8. Shadrin S.S. *Metodologiya sozdaniya sistem upravleniya dvizheniyem avtonomnykh kolesnykh transportnykh sredstv, integrirovannykh v intellektual'nyu transportnyu sredu* (A methodology for creating motion control systems for autonomous wheeled vehicles integrated in an intelligent transport environment) Doctor sthesis, Moscow, 2017, 400 p.