

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему «Боковая подушка безопасности легкового автомобиля LADA
Vesta»

Студент

А. А. Богданов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.э.н., доцент Л. Л. Чумаков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.п.н., доцент С. А. Гудкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.э.н., доцент Е. А. Боргардт

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А. Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе рассмотрено внедрение таких элементов пассивной безопасности, как подушки безопасности. В качестве объекта внедрения рассматривается автомобиль отечественного производства – седан Lada Vesta с двигателем 1,8 литра.

Произведен анализ характеристик транспортного средства, изучены особенности его конструкции, чтобы рассмотреть оптимальное, по всем параметрам, место установки подушек безопасности. Уже имеющиеся и применяющиеся в автомобиле средства обеспечения безопасности проверены на соответствие требованиям действующих стандартов.

На основании уже применяемых в этой области технологий выявлена конструкция и материалы, наиболее подходящие для использования. При проектировании подушки учтены особенности конструкции автомобиля. Произведен тяговый расчет рассматриваемого автомобиля. Также, произведена оценка рентабельности внедрения подушек безопасности с практической и экономической точек зрения.

Пояснительная записка выполнена на 86 листах, включает в себя 28 таблиц, 26 рисунков. Графическая часть выполнена на 9 чертежах формата А1.

ABSTRACT

This graduation work deals with introduction of passive safety elements such as airbags.

The graduation project includes an explanatory note on 86 pages, introduction, consisting of 3 pages, 26 pictures, 28 tables, the list of 20 references including 4 foreign sources, and the graphic part on 9 A1 sheets.

The aim of this work is improving vehicle safety during operation.

The object of the graduation project is sedan Lada Vesta with an engine capacity of 1.8 liters.

The subject of the work is side airbags in the front seats of the vehicle.

The issues of the project are study modern technologies in the field of driver and passenger safety in a side impact, development of an airbag with optimal characteristics for the vehicle in question, checking the profitability of implementing side airbags in various vehicle configurations.

Before start solving the issues, an analysis of the existing airbags was carried out in order to identify ways to improve them. It includes studying of the interior design of the vehicle. It turned out that existing airbags can be improved to increase the safety of the driver and passengers in the event of an accident.

When developing the most reliable and cost-effective versions of devices, some existing mechanisms for triggering airbags were compared. Special attention was paid to the ergonomics of the shape of the pillow when it is triggered to minimize the risk of injury.

The results of the study showed that the newly developed activation system and the shape of the airbag will ensure higher safety indicators of the car during its operation.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Состояние вопроса	8
2 Защита интеллектуальной собственности	24
3 Защита интеллектуальной собственности	25
4 Технологическая часть	62
5 Эффективность проекта.....	67
6 Безопасность и экологичность проекта	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

При разработке конструкции новых транспортных средств или модернизации уже существующих, особое внимание уделяется разработке систем безопасности при их эксплуатации.

Актуальность проблемы совершенствования данных систем обусловлена несколькими неотъемлемыми, взаимодополняющими факторами.

Во-первых, в настоящее время на дорогах наблюдается тенденция к росту числа индивидуальных транспортных средств. Зачастую, это усугубляется запаздыванием развития дорожной инфраструктуры. В результате – увеличивается плотность потока автомобилей, что, влечет за собой повышение вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Во-вторых, даже при современном уровне развития в области безопасности транспорта, нельзя говорить о ее абсолютности. Потенциал для исследования и разработок велик и наука, в данном случае, будет стремиться к созданию систем и разработке конструкторских решений, направленных на обеспечение стопроцентной безопасности автомобиля при его эксплуатации.

Система безопасности автомобиля подразделяется на активную и пассивную.

Для первой из вышеупомянутых систем основной задачей является исключение возникновения ситуаций, приводящих к дорожно-транспортным происшествиям. Это достигается путем модернизации конструкции транспортного средства и улучшения его эксплуатационных характеристик. Среди таких систем наиболее распространёнными и обязательными к внедрению на современных автомобилях являются: осветительные приборы; система, не допускающая блокирование колес во время торможения – АБС; системы, блокирующие пробуксовку ведущих колес – ПБС, система контроля тяги, система блокировки дифференциала; система, не

допускающая вхождение транспортного средства в занос; система, помогающая при экстренном торможении – СПЭТ.

«Помимо прочего, существуют, так называемые, ассистенты в системах активной безопасности. Такие средства безопасности разработаны для снижения доли человеческого фактора среди причин возникновения опасных ситуаций на дороге, говоря простым языком - они помогают водителю справляться с определенными трудностями.» [17]

«К ассистентам относят системы облегчения маневрирования при парковке; поддержания постоянной скорости, в том числе при спуске и подъеме и прочие.» [1]

В отличие от активных, пассивные системы безопасности автомобиля складываются из совокупности свойств конструкции автомобиля и особенностей при его эксплуатации, служат они не для предотвращения возникновения опасной ситуации, а для сокращения негативных для человека последствий уже в чрезвычайной ситуации.

Элементы пассивной безопасности являются неотъемлемой частью конструкции автомобиля. Сохранность водителя и пассажиров обеспечивают следующие составляющие: жесткий каркас автомобиля; элементы, поглощающие силу удара при столкновении, конструктивные решения, обеспечивающие складывание выступающих частей салона в случае аварии, удерживающие ремни безопасности, а также подушки безопасности. Существует также ряд дополнительных устройств, применяемых в гоночных автомобилях ввиду того, что в этой сфере управления транспортным средством, в отличие от повседневной, водитель подвергается еще большему риску.

В выпускной квалификационной работе рассматриваются, в качестве средства повышения безопасности транспортного средства, подушки безопасности. Данные элементы системы пассивной безопасности автомобиля начали внедрять в конструкцию автомобилей с начала 90-х и

активное распространение получили с начала 2000-х. Согласно статистике, уже в первое десятилетие с начала использования, подушки безопасности позволили спасти более 8 тысяч человеческих жизней. Также и на сегодняшний день, благодаря оснащению автомобилей рассматриваемыми средствами безопасности, в совокупности с ремнями безопасности удалось сократить число летальных исходов, по различным подсчетам, примерно на 11%, что, безусловно нельзя назвать низким показателем, ведь речь идет о человеческой жизни.

«В настоящее время открытыми остаются вопросы совершенствования систем пассивной безопасности, в частности конструкция, место установки и способ срабатывания подушек безопасности, а также внедрение данных систем в автомобили различных комплектаций, путем оптимизации и уменьшения стоимости данных устройств.» [18]

Целью дипломного проекта является повышение безопасности транспортного средства при эксплуатации.

1 Состояние вопроса

1.1 Объект исследования и внедрения системы

Инновации любого рода следует применять к тем объектам пользования человека, которые имеют наибольший спрос и широкое распространение. В частности, если рассматривать сферу безопасности транспортного средства, совершенствование технологий в наиболее популярных моделях может оказать значительное влияние на положительную динамику сохранения жизни и здоровья водителя и пассажиров.

«Анализ рынка продаж отечественных автомобилей показал, что наиболее продаваемым и перспективным автомобилем, на данный момент, является седан LADA Vesta в комплектации Comfort с двигателем 1,8 литра и пятискоростной механической коробкой передач (МКП).» [5]

Внешний вид автомобиля представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1 – седан LADA Vesta

Своей популярностью автомобиль обязан ряду причин. Во-первых, дизайн данной модели стал настоящим прорывом в линейке соотечественников, он отличается своей динамичностью, оригинальностью и узнаваемостью. Во-вторых, комфорт за счет увеличения размера автомобиля, относящего его к классу В+ и показывающего стремления концерна к выпуску моделей С-класса. В-третьих, эргономичный и продуманный салон. В-четвертых, уникальное шасси – разработка, которая поспособствовала облегчению и улучшению управляемости рассматриваемого транспортного средства. Пятым выгодным отличием является себестоимость автомобиля при заданных характеристиках, которые во многом не уступают аналогам на зарубежном рынке, имеющим большую, порой значительно, стоимость.

«Что же касается затронутой темы безопасности, именно Lada Vesta является автомобилем, в котором серийно начали устанавливать, помимо фронтальных, боковые подушки безопасности. Правда, зависит установка их или не установка от комплектации.» [5]

В базовой комплектации установлены только фронтальные подушки, боковые же, лишь в некоторых моделях комплектации «Люкс», хотя их значение нельзя переоценить, ведь они позволяют снизить риск возникновения травм тазовых костей, грудной клетки, а также брюшной полости. Подушка показана на рисунке 1.2. Кроме того, согласно статистике, боковой удар, зачастую, приводит к летальному исходу.



Рисунок 1.2 – Боковая подушка безопасности в а/м LADA Vesta

В рассматриваемом автомобиле боковые подушки устанавливаются в боковую часть передних сидений, как показано на рисунке 1.3.

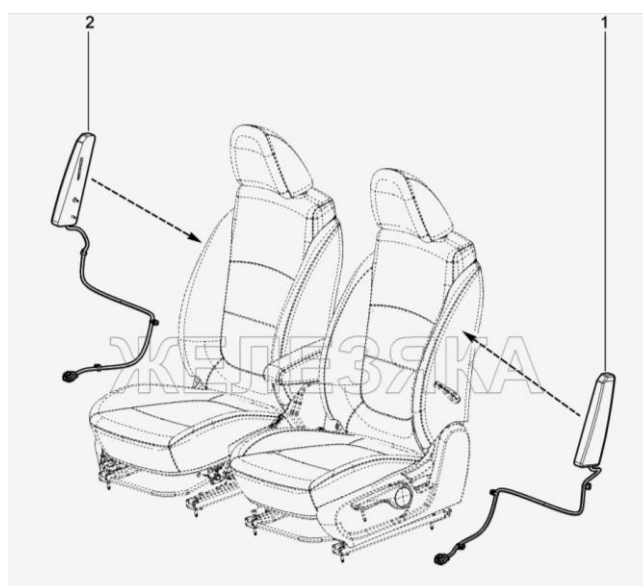


Рисунок 1.3 – Модули подушек безопасности в а/м LADA Vesta

Где: 1 – левый модуль БПБ, 2 – правый модуль БПБ.

Управление осуществляется специальным блоком безопасности, он изображен на рисунке 1.4.

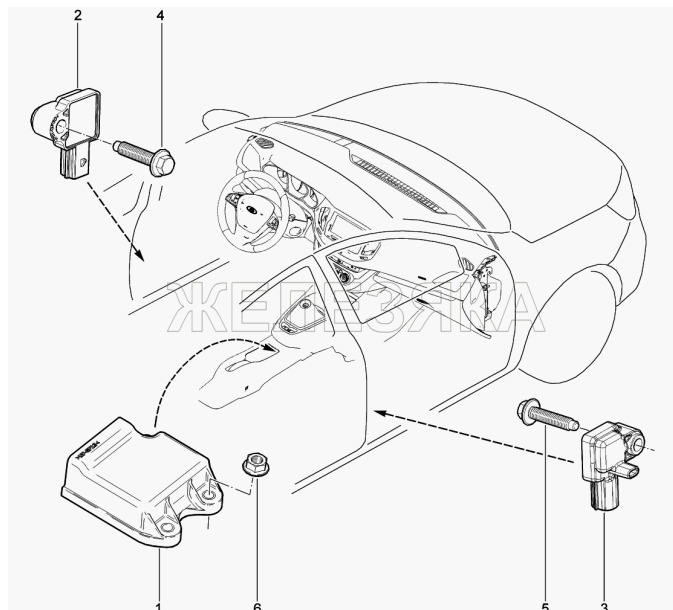


Рисунок 1.4 - Блок управления подушками безопасности а/м LADA Vesta

- Где: 1 – блок управления системы надувных подушек безопасности;
 2 – левый датчик бокового удара;
 3 – правый датчик бокового удара;
 4 – левый болт крепления с буртиком;
 5 – правый болт крепления с буртиком;
 6 – гайка шестигранная с шайбой.

Сама подушка безопасности в рассматриваемом автомобиле имеет Г-образную форму и частично выполняет функцию головных подушек безопасности, а именно - шторок. Подушка имеет сплошную камеру эргономичной формы.

«Такие подушки предусмотрены только для передних сидений и только в комплектации «Люкс» и «Эксклюзив».» [2]

1.2 Назначение системы

«Подушки безопасности в транспортном средстве служат для того, чтобы смягчить удар водителя и пассажиров об элементы салона, рулевое колесо или стекла в случае возникновения автокатастрофы.» [4]

Конструктивно подушки вполне соответствуют своему наименованию, если говорить о них в действующем состоянии. При нормальных условиях подушки скрыты от глаз в элементах салона автомобиля. Система устроена таким образом, чтобы подушки, плотно уложенные в миниатюрных капсулах, в случае необходимости могли быстро высвободиться, наполнившись воздухом и тем самым не допустить, чтобы человек с силой инерции от столкновения а/м с чем-либо не ударился о твердые элементы салона. Современные подушки срабатывают, как правило, от сигнала датчиков, фиксирующих резкое увеличение скорости, не свойственное нормальному движению автомобиля. Пример сработавших подушек показан на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Пример сработавших подушек безопасности

«Места, наиболее подходящие для установки подушек - конструктивные элементы салона, при ударе о которые человек может

получить травму, приводящую к тяжелым последствиям или летальному исходу в случае попадания транспортного средства в дорожно-транспортное происшествие.» [19]

1.3 Требования, предъявляемые к конструкции системы

Физически человек получает травмы в автомобиле от того, что скорость его перемещения относительно дороги равна скорости движения самого автомобиля. При столкновении с каким-либо препятствием автомобиль резко останавливается, а тело человека продолжает свое движение по инерции и сталкивается на своем пути с элементами салона или стеклом, что, собственно, и несет за собой увечья.

«Предотвратить это возможно, если обеспечить плавное торможение тела и изолировать его от твердых элементов конструкции. Это достигается срабатыванием подушек безопасности.» [20]

Для того, чтобы они полноценно выполняли свои функции, они должны отвечать определенным требованиям. Они определяются строго фиксированными параметрами, среди которых:

1. Скорость надува подушек
2. Скорость выпуска газа из подушек;
3. Объем подушек;
4. Форма (геометрия) подушек;
5. Расположение подушек в салоне;

«Момент, в который осуществляется надув той или иной подушки определяет указанные требования техническое оснащение того или иного автомобиля. Но, помимо требований, предъявляемых к элементам системы срабатывания подушек, существуют определенные правила и требования, обязательные для выполнения водителем и пассажирами, чтобы система сработала максимально эффективно.» [12]

Наличие подушек безопасности в автомобиле накладывает на участников дорожного движения определенную ответственность. В целом для всех подушек важным критерием является пристегнутый ремень безопасности, также запрещается устанавливать какие либо дополнительные предметы в поле срабатывания подушек безопасности, части тела, на которые может быть осуществлено воздействие срабатывающей подушки должны быть свободны от твердых, колющих, режущих и иных опасных предметов. Так, к примеру, с лица лучше снимать очки, особенно со стеклянными линзами, опасно что-либо держать во рту, а также находиться в габаритных, острых украшениях.

«В частности, при наличии в автомобиле боковых подушек безопасности, запрещается надевать на сидения, в которые они встроены, любого рода чехлы, в зоне срабатывания должны отсутствовать посторонние предметы, а также, чтобы исключить ложное срабатывание, которое может повлечь за собой травмы не совместимые с жизнью, при включенном зажигании, запрещается осуществлять ударное воздействие в зоне срабатывания датчиков удара.» [8]

1.4 Классификация конструкций системы

По мере развития сферы, занимающейся подушками безопасности, исследователи занимались все большим и эффективным внедрением подушек в конструкцию салона автомобиля. Они преследовали цель повысить шансы на выживание и сохранение жизни лиц, находящихся в транспортном средстве в случае автокатастрофы. Таким образом, на данный момент разработаны несколько основных видов:

1. Фронтальные – подушки, защищающие водителя и сидящего на пассажирском сидении при ударе, провоцирующем резкое смещение положения головы человека вперед, например при лобовом столкновении. Защищают при аварии голову от черепно-мозговой травмы и шею от перелома. В передней панели располагаются, зачастую, у водителя – в руле, а у пассажира в верхней части панели как показано на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 - Фронтальные подушки безопасности

2. Боковые подушки – основная защита при боковом ударе. Как правило имеет мягкую верхнюю часть, защищающую грудную клетку и более жесткую нижнюю, обеспечивающую защиту тазовых костей.

Встраиваются, как правило, в спинки передних сидений, как показано на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 - Боковые подушки безопасности

3. Шторки/головные подушки – защита, дополняющая фронтальные подушки и защищающая голову от удара об стекло. Размещаются в передней и/или задней части крыши салона автомобиля, как показано на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Головные подушки безопасности

4. Коленные – из название ясно назначение защиты. Располагаются, в основном, у водителя и сидящего на пассажирском сидении как показано на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Коленные подушки безопасности

5. Центральная – защита от повторных ударов, возможных при боковом столкновении. Позволяет уберечь пассажира от вторичного возвратного удара. Встраиваться могут в передний подлокотник и центральную часть спинки сидений сзади, как показано на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Центральные подушки безопасности

б. Пешеходные – такие подушки размещаются снаружи в передней части автомобиля и служат для смягчения удара пешехода об автомобиль в случае наезда и предотвращения серьезных травм, как показано на рисунке 1.11.



Рисунок 1.11 - Подушки безопасности для пешеходов

Само же устройство подушки безопасности представляет из себя наполняемую по сигналу датчика газом мягкую нейлоновую оболочку. Снаружи она обрабатывается крахмалом или тальком, чтобы предотвратить повреждение подушки во время раскрытия. Нагнетатели газа могут быть различны по своей конструкции, но у всех них целью является максимально быстрое наполнение подушки. Форма газогенератора может быть трубчатой или кругообразной, характер работы определяется типом подушки и может быть одно- или двухступенчатым, способы образования газа: на твердом топливе или гибрид.

«В срабатывании той или иной подушки важную роль играет селективность. Датчики должны верно среагировать на удар и послать соответствующий сигнал на центральный блок управления, который, в свою очередь, передает его нужным подушками, а также иным датчикам системы пассивной безопасности. Подушки безопасности срабатывают в среднем за 40 м/с. После отработки подушки разрываются и сдуваются. Все они являются одноразовыми средствами безопасности.» [7]

В автомобилях разных производителей применяются различные алгоритмы срабатывания. Стандартными факторами, учитываемыми при срабатывании, являются разве что: учет скорости движения автомобиля, скорость при замедлении, резкий перенос веса и изменение положения человека в автомобиле.

«Эффективность срабатывания и выполнения своих функций зависит не только от конструкции и материалов, из которых изготовлены подушки безопасности.» [13]

Нельзя забывать о том, что при срабатывании подушки безопасности ключевую роль играет пристегнутый ремень безопасности. Это обусловлено тем, что незафиксированное тело человека от подушки безопасности может получить еще больший урон, чем при ее отсутствии, истории известно немало подобных случаев даже с летальным исходом. Именно поэтому

внедрение чего-либо нового в контракцию транспортного средства необходимо рассматривать в комплексе со смежными узлами и агрегатами.

1.5 Обзор и тенденции развития конструкции подушек безопасности

Такие элементы пассивной безопасности, как подушки постоянно совершенствуются. Увеличивается точность их срабатывания, скорость раскрытия и эргономичность их формы.

Вышеперечисленные факторы нельзя обобщить для подушек безопасности, имеющих различное предназначение. Важно учитывать особенности строения человеческого тела, учитывать конструктивные особенности салона автомобиля для того, чтобы разработать подушки, которые действительно будут нести пользу, а не нанесут своим срабатыванием еще больший вред.

«Первооткрывателем в сфере боковых подушек безопасности по праву считается компания Volvo. Первые подушки такого типа были выпущены данной компанией в качестве дополнительной опции в 1994 г. И уже в 1995 г. данными средствами обеспечения безопасности оснащались все автомобили данной марки, начиная с базовой комплектации.» [6]

Рассматриваемые в данной работе боковые подушки, в случае срабатывания непосредственно контактируют с областью грудной клетки человека, одной из рук, а также с брюшной полостью. В соответствии с этим, подушки должны быть разработаны с учетом особенностей строения и прочностью ребер, костей рук, тазовых и бедренных костей.

«Самые современные на данный момент боковые подушки безопасности имеют преимущественно двухкамерную конструкцию, которая компенсирует воздействие на человека грамотно распределяя нагрузку от удара.» [14]

Нижняя камера более жесткая – для защиты костей таза, а нижняя более мягкая для предотвращения переломом костей плечевого пояса и ребер, как показано на рисунке 1.12. В некоторых моделях боковые подушки имеют

продолжение и на область головы, как правило в случае, если подушки-шторки не предусмотрены.



Рисунок 1.12 – Пример двухкамерной боковой подушки безопасности

Приоритетным направлением в данной области на данный момент является внедрение электроники, позволяющей предупреждать столкновения, чтобы ускорить процесс срабатывания систем пассивной безопасности автомобиля, в частности надув боковых подушек. Таким образом эффективность их срабатывания может значительно увеличиться, что приведет к сокращению числа летальных исходов и получения тяжелых травм, даже при серьезных авткатастрофах.

1.6 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции

«Чтобы внедрить в существующую конструкцию автомобиля какой-либо агрегат или узел необходимо учитывать заданные характеристики транспортного средства, на основании которых возможен выбор оптимальной конфигурации нового устройства.» [15]

Критерием оптимальности в данном случае в первую очередь является целесообразность нововведения. Оценка данного критерия производится на основании выявления недостатков существующей системы, после чего предлагаются возможные варианты устранения существующих проблем и в завершении определяется экономическая целесообразность.

Произведем оценку существующей системы пассивной безопасности в автомобиле LADA Vesta в части наличия боковых подушек безопасности. Напомним, что все комплектации, кроме «Люкс» и «Эксклюзив» оснащены лишь фронтальными подушками безопасности. А вышеотмеченные дополнены боковыми подушками, защищающими водителя и передисидящего пассажира. Конструктивно боковая подушка в данной модели автомобиля представляет собой однокамерный Г-образный мешок, изготовленный из нейлона, предохраняющий от удара о боковую стойку и стекло голову человека и руку от плеча до локтя.

Из представленной оценки делаем выводы об имеющихся недочетах и проблемах, которые возможно устранить:

1. Боковая подушка безопасности однокамерная и рассчитана на защиту верхней части корпуса при том, что область бедра и таза остается подверженной удару. Переломы тазовых и бедренных костей являются одними из самых сложных, болезненных, а кроме того, долго заживающих переломов, уступая, пожалуй, лишь перелому позвоночника – этот факт подтверждает необходимость защиты данной области человеческого тела от удара. Необходимо основательно подойти к учету физиологических

особенностей человека, чтобы оптимизировать конструкцию и минимизировать возможный физический ущерб при аварии;

2. Рассматриваемое транспортное средство за счет вместительности и относительно свободного салона носит негласный статус автомобиля для молодой семьи, что предполагает под собой возможность перевозки детей на заднем сидении. При этом ни в одной комплектации автомобиля данной марки не предусмотрены боковые подушки или шторки, которые бы могли защитить сидящих позади пассажиров и детей в автомобильных креслах от удара о боковые стойки и от фрагментов стекла, способных от удара разлететься с огромной скоростью и, несмотря на их относительную безопасность, нанести серьезный вред человеку.

Исходя из анализа характеристик автомобиля и сделав выводы из выявленных проблем предлагаются следующие шаги к совершенствованию системы пассивной безопасности:

1. Разработать для данного автомобиля двухкамерную подушку безопасности, более жесткую в области таза и менее жесткую в области головы и плечевого пояса, в связи с физиологическими особенностями человека, при этом сделать её наиболее эргономичной;

2. Разработать боковые подушки безопасности для пассажиров на задних сидениях автомобиля, а также рассмотреть возможность их внедрения в одну или несколько комплектаций модельного ряда автомобилей LADA Vesta, основываясь на статистике спроса данных автомобиля у людей, имеющих на иждивении детей или регулярно осуществляющих перевозки пассажиров на задних сидениях.

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено.

Руководитель: _____/Чумаков Л. Л./

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля LADA Vesta седан с двигателем 1,8 л.

Для осуществления расчета формируем таблицу основных характеристик автомобиля, которые можно взять из паспорта. Данные, представленные в таблице 3.1 послужат основанием для расчета легкового автомобиля LADA Vesta.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

Наименование параметра	Значение
1	2
Тип двигателя	Инжекторный
Привод	Передний
Колесная формула	4,2
Радиус качения колеса (м)	0,264
Полная масса автомобиля (кг)	1645
Минимальная частота вращения кол/в (рад/с)	90
Максимальная частота вращения кол/в (рад/с)	640
Удельный минимальный расход топлива (г/кВт*ч)	260
Площадь поперечного сечения автомобиля (м ²)	2,1
Плотность топлива (кг/л)	0,72
Придаточное число раздаточной коробки	1
Придаточное число главной передачи	3,938
Число передач в коробке	5
Коэффициент аэродинамического сопротивления	0,38
КПД трансмиссии	0,93
Коэффициент сопротивления качению	0,012
W_{max}/W_n	1,084
Момент инерции вращающихся частей двигателя	0,11
Момент инерции колеса авто	1,22

3.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Первой величиной, которую следует определить является снаряженная масса автомобиля, обозначаемая как m_0 . Первично она рассчитывается на основании грузоподъемности, конфигурации и

компоновки автомобиля как усредненная единица, исходя из отношения грузоподъемности к искомой величине, как показано в формуле 1.

$$\eta_m = m_T/m_0 \quad (1)$$

В случае отсутствия данных, указывающих удельную грузоподъемность, величина принимается исходя из таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Удельная грузоподъемность автомобилей

Тип автомобилей	η_m
Легковые	
Особо малого класса	0,32 – 0,56
Малого класса	0,28 – 0,46
Среднего класса	0,26 – 0,30
Большого класса	0,21 – 0,25
Высшего класса	0,16 – 0,18

По формуле 2 определяем массу транспортного средства:

$$m_a = m_0 + m_q(n) + m_\delta, \quad (2)$$

где m_0 – снаряженная масса автомобиля, (кг);

m_q – 75 кг масса человека;

n – число пассажиров, включая водителя;

m_δ – вес багажа по 10,0 кг на пассажира.

$$m_a = 1380 + 375 + 50 = 1805$$

Выбор шин осуществляется из расчета нагрузки, действующей на одно колесо, для чего, в свою очередь, необходимо знать какая нагрузка действует на оси автомобиля.

Компоновка автомобиля играет значительную роль в определении нагрузки, создаваемой полной массой и действующей на оси автомобиля. Так, если двигатель находится впереди, что свойственно большинству авто, нагрузка на заднюю ось составляет около 53 – 56 %, при установке двигателя сзади - порядка 55 – 59 %, у автомобилей с передним приводом 41 – 46%, с полным приводом 46 – 56%.

Находим статический радиус колеса по формуле 2:

$$r_{ст} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (2)$$

где $d = 14$ – посадочный диаметр, дюймы (= 0.36 м);

$\lambda_z = 0,86$ – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин;

$H/B = 65$ – соотношение высоты профиля шины к ее ширине, %;

$B = 0,175$ – ширина профиля шины, м;

$H = 65 \cdot 0,175 = 0,114$ – высота профиля шины, м.

$$r_{ст} = 0,5 \cdot 0,38 + 0,86 \cdot 0,120 = 0,293 \text{ м}$$

$$r_{ст} \approx r_d \approx r_k = 0,293 \text{ м}$$

При условии, если полотно дороги является твердым - $r_{ст} \approx r_d \approx r_k$, где r_d – динамический радиус колеса; r_k – радиус качения колеса.

После чего производим выбор параметров обтекаемости транспортного средства: коэффициент аэродинамического сопротивления и площадь лобового стекла.

На коэффициент аэродинамического сопротивления C_x влияет форма транспортного средства и качество его окраски. Для рассматриваемого автомобиля примем $C_x = 0,41$.

Распространённый в расчетах подобного рода коэффициент обтекаемости k соотносится с C_x через зависимость 4:

$$k = C_x \cdot \frac{\rho}{2}, \quad (4)$$

где ρ – плотность воздуха в нормальных условиях (760 мм рт. ст.), $\rho = 1,293$.

$$k = 0,41 \cdot 1,293/2 = 0,2651 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4.$$

Для тягового расчета площадь лобового стекла F для легковых автомобилей приближенно рассчитывают по формуле 5:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r, \quad (5)$$

где B_r – габаритная ширина автомобиля, м;

H_r – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,7 \cdot 1,5 = 2,04 \text{ м}^2$$

Средние величины коэффициентов C_x , k и площади F приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Параметры обтекаемости автомобилей

Автомобили	$F, \text{ м}^2$	C_x	$k, \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$
Легковые	1,6 – 2,6	0,3 – 0,52	0,2 – 0,35

При включении низших передач в коробке мощность начинает уменьшаться за счет потерь в зубчатых соединениях. Данное уменьшение компенсируется тем, что параллельно в вышеописанном процессе происходит пропорциональное уменьшение гидравлических потерь в узлах

трансмиссии. На основании этого можем приниматься постоянный для той или иной передачи механический коэффициент полезного действия для всей трансмиссии.

Средние величины вышеупомянутого коэффициента для рассматриваемого автомобиля могут приниматься в соответствии с таблицей 3.4.

Таблица 3.4 – КПД трансмиссии легковых автомобилей

Тип автомобиля	КПД
Легковые	0,92 – 0,90

Коэффициент сопротивления качению f можно считать постоянным, если скорость движения автомобиля не большая, то есть не превышает 15 м/с. При возрастании скорости увеличиваются энергетические потери в шинах, что соответственно сказывается на величине коэффициента.

Эмпирическая формула 6 позволяет произвести расчет вышеупомянутого коэффициента:

$$f = f_0(1 + V^2/2000), \quad (6)$$

где f_0 - коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью;

V – скорость автомобиля, м/с.

$$f = 0,012 \cdot \left(1 + \frac{44,44^2}{2000}\right) = 0,0238.$$

Напомним, что вышеизложенное справедливо лишь в случаях, когда транспортное средство передвигается по твердой поверхности. В случае, если это не так необходимо брать в расчет ряд особенностей от которых зависит

значение коэффициента. Зависимости от типа и состояния дороги приведены в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Коэффициент сопротивления качению

Тип и состояние дорог	f
Асфальтобетонное и цементобетонное шоссе:	
• в отличном состоянии	0,012 – 0,018
• в удовлетворительном состоянии	0,018 – 0,020
Булыжная мостовая	0,023 – 0,030
Дорога с гравийным покрытием	0,020 – 0,025
Грунтовая дорога:	
• сухая укатанная	0,025 – 0,035
• после дождя	0,050 – 0,15
Песок	0,10 – 0,30
Укатанный снег	0,03 – 0,05

Также от состояния дорожного покрытия зависит качество сцепления шин автомобиля с дорогой. Данный показатель определяет коэффициент сцепления в продольном направлении φ соответствующие зависимости приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Коэффициент сцепления колес с дорогой

Тип дорог	Состояние поверхности	
	Сухая	Мокрая
Асфальтобетонное и цементобетонное шоссе	0,7 – 0,8	0,35 – 0,6
Дорога с щебеночным покрытием	0,6 – 0,7	0,30 – 0,40
Грунтовая дорога	0,5 – 0,6	0,20 – 0,40
Лед	0,1 – 0,2	0,10 – 0,20
Снег	0,2 – 0,3	0,20 – 0,30

3.1.2 Определение передаточного числа главной передачи

Максимальная скорость автомобиля является ключевым фактором в расчете передаточного числа главной передачи, зависимость обозначается как U_0 и находится по формуле 7:

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{max}}{U_k \cdot V_{max}}, \quad (7)$$

где ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя;

U_k – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость автомобиля (при наличии дополнительных редукторов, их передаточное число ставится в знаменатель).

$$U_0 = \frac{0,278}{0,78} \cdot \frac{630}{44,44} = 5,05$$

В дальнейшем U_0 принимаем как 5,05.

В легковых транспортных средствах, имеющих задний привод и с двигателем, стоящим впереди, высшая передача может быть прямой или повышающей. Если двигатель расположен сзади или, когда у автомобиля с передним приводом коробка передач двухвальная – как правило в конструкцию закладывают повышающую передачу. Значение передаточного числа для повышающей передачи варьируется от 0,65 до 0,8.

Для расчета U_0 , когда учитывается максимальная скорость V_{max} используют значение максимальной угловой скорости ω_{max} . У легковых транспортных средств данная характеристика составляет $\omega_{max} = 50 \dots 400$ рад/с.

Мощностной баланс транспортного средства определяют точность в выборе передаточного числа. Стоит отметить, что значение максимальной скорости V_{max} в таком случае должно составлять от 1,1 до 1,35 от V_N . V_N в свою очередь характеризует скорость при наибольшем значении мощности ведущих колес.

В автомобилях с задним приводом значение передаточного числа главной передачи составляет порядка 3,1–4,9, в то время как для

автомобилей с передним приводом это значение может достигать от 3,7 до 5,1.

3.1.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля N_v (в Вт) по формуле мощностного баланса с учетом КПД трансмиссии:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{тр}} (G_a \cdot \psi_v \cdot V_{max} + \frac{c_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{max}^3) \quad (8)$$

где ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля;

Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости.

$$\psi_v = f = 0,0238$$

$G_a = m_a \cdot g$ – полный вес автомобиля, Н

$\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях (760 мм.рт.ст.)

$$\begin{aligned} N_v &= \frac{1}{0.92} \cdot (1805 \cdot 9.81 \cdot 0.0238 \cdot 44.44 + 0.2651 \cdot 2,04 \cdot 44.44^3) \\ &= 68819 \text{ Вт} \approx 68.82 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Максимальная мощность двигателя в зависимости от его типа:

$$N_{max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (9)$$

где: $a = b = c = 1$ – эмпирические коэффициенты для карбюраторного двигателя;

$\lambda = \omega_v / \omega_N$ – отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте вращения коленчатого вала при максимальной мощности.

Принимаем $\lambda = 1,11$.

$$\text{Тогда, } \omega_N = \frac{\omega_v}{\lambda} = \frac{630}{1,11} = 568 \text{ с}^{-1}$$

Таблица 3.7 - Значения коэффициентов для расчета внешней скоростной характеристики

Тип двигателя	a	b	c
Инжекторный	1	1	1

$$N_{max} = \frac{68819}{1 \cdot 1,11 + 1 \cdot 1,11^2 - 1 \cdot 1,11^3} = 70622 \text{ Вт} \approx 70.6 \text{ кВт}$$

По полученным значениям N_{max} , N_v и формуле (10) рассчитываем внешнюю скоростную характеристику двигателя:

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = N_{max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right) + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (10)$$

где ω_e – текущее значение частоты вращения коленчатого вала;

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт.

Эффективный момент двигателя:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (11)$$

Принимаем минимальную частоту вращения коленчатого вала:

$$\omega_{min} = 100 \text{ с} - 1$$

В дальнейшем применяем $N_{max} = 70.6 \text{ кВт}$, $M_{max} = 120 \text{ Нм}$.

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Результаты расчетов

$\omega_e, \text{с}^{-1}$	$N_e, \text{кВт}$	$M_e, \text{Нм}$
100	14,237	142,37
153	22,76709	148,8045
206	31,53312	153,0734
259	40,1909	155,177
312	48,39618	155,116
365	55,8047	152,8896
418	62,07221	148,4981
471	66,85448	141,9416
524	69,80724	133,2199
577	70,58624	122,3332
630	68,84724	109,2813

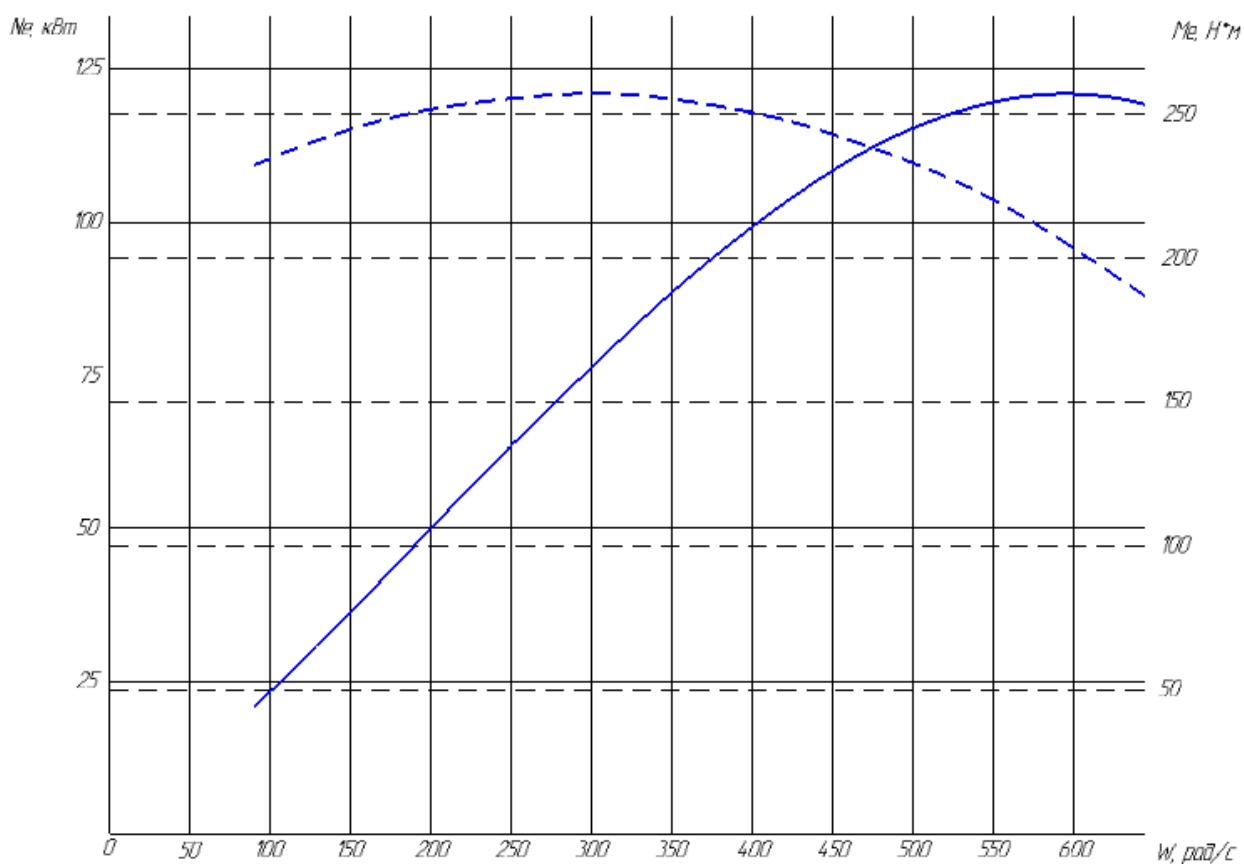


Рисунок 3.1 – Внешнескоростная характеристика двигателя

При использовании данных следует иметь в виду, что двигатель на стенде испытывают без глушителя, а также без генератора и других потребителей мощности. Например, в соответствии с требованиями ГОСТ 14846-81. Вследствие этого мощность и момент, указываемые в заводских характеристиках, на 10...20% больше соответствующих параметров двигателя, установленного на автомобиле. Стендовые данные для двигателя проектируемого автомобиля:

$$N_{ст} = (1,10 \dots 1,20)N_{max} \quad (12)$$

$$N_{ст} = 1,15 \cdot 59437 = 68,35 \text{ кВт.}$$

$$M_{ст} = (1,10 \dots 1,20)M_{max}, \quad (13)$$

где $N_{ст}$ и $M_{ст}$ – стендовые мощность и момент двигателя проектируемого автомобиля;

M_{max} – максимальное значение момента, получаемое с внешней скоростной характеристики двигателя.

$$M_{ст} = 1,15 \cdot 120 = 138 \text{ Нм.}$$

3.1.4 Определение передаточных чисел коробки передач и раздаточной коробки

Передаточное число главной передачи U_0 определяется? Исходя из максимальной скорости автомобиля.

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \times \frac{\omega_{max}}{V_{max}}, \quad (14)$$

где ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя.

U_k – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость автомобиля.

$$U_0 = \frac{0,278}{0,78} \cdot \frac{630}{44,44} = 5.05$$

где U_0 – передаточное число главной передачи.

Для обеспечения возможности движения автомобиля при заданном максимальном дорожном сопротивлении тяговая на ведущих колесах P_T должна быть больше силы сопротивления дороги P_d , т.е.

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0}, \quad (15)$$

где M_{max} – максимальный эффективный момент двигателя, Нм

$\psi_{max} = \alpha_{max} + f_0 = 0,30 + 0,012 = 0,312$ – максимальный коэффициент сопротивления дороги.

$$U_1 \geq \frac{14960 \cdot 0.312 \cdot 0.278}{155,17 \cdot 0,92 \cdot 5,05} \geq 1.8$$

Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:

$$U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0} \quad (16)$$

где $G_{сц} = m_1 * G = 0,9 \cdot 14960 = 13464$ Н – сцепной вес автомобиля.

$$U_1 \leq \frac{13464 \cdot 0.8 \cdot 0.278}{155,17 \cdot 0,92 \cdot 5,05} \leq 4.15$$

Сцепной вес автомобиля $G_{\text{сц}}$ определяется по весу, приходящемуся на ведущие колеса, с учетом коэффициента перераспределения нагрузки по осям автомобиля при разгоне.

Для автомобилей с приводом на передние и задние колеса сцепной вес автомобиля можно определить по формуле:

$$G_{\text{сц}} = m_1 G_1 \text{ или } G_{\text{сц}} = m_2 G_2, \quad (17)$$

где G_1 и G_2 – вес, приходящийся соответственно на переднюю и заднюю оси автомобиля;

m_1 и m_2 – коэффициенты перераспределения нагрузки соответственно на передние и задние колеса.

В расчете можно принять $m_1 = 0,8 \dots 0,9$; $m_2 = 1,05 \dots 1,12$; $\varphi = 0,8$ (сухое асфальтированное шоссе в хорошем состоянии).

Принимаем $U_1 = 3,63$ и определим передаточные числа остальных передач:

$$U_{II} = 1,93$$

$$U_{III} = 1,38$$

$$U_{IV} = 0,93$$

$$U_V = 0,78$$

$$U_{\text{зх}} = 1,3 \cdot U_1 = 1,3 \cdot 3,63 = 4,82$$

В соответствии с принятыми числами произведем расчет скорости автомобиля на разных передачах:

$$V = \frac{r_k \times \omega_B}{U_0 \times U_k} \quad (18)$$

Результаты сведем в таблицу 1.8.

Таблица 3.9 – Результаты расчетов

n, об/мин	Скорость на передаче, м/с				
	I	II	III	IV	V
955	1,48	2,86	3,96	5,93	7,05
1461	2,27	4,37	6,07	9,08	10,79
1967	3,06	5,88	8,17	12,22	14,53
2473	3,84	7,4	10,27	15,36	18,27
2979	4,63	8,91	12,37	18,51	22,01
3486	5,41	10,43	14,47	21,65	25,75
3992	6,2	11,94	16,57	24,8	29,49
4498	6,99	13,45	18,67	27,94	33,22
5004	7,77	14,97	20,77	31,08	36,96
5510	8,56	16,48	22,87	34,23	40,7
6016	9,34	18	24,98	37,37	44,44

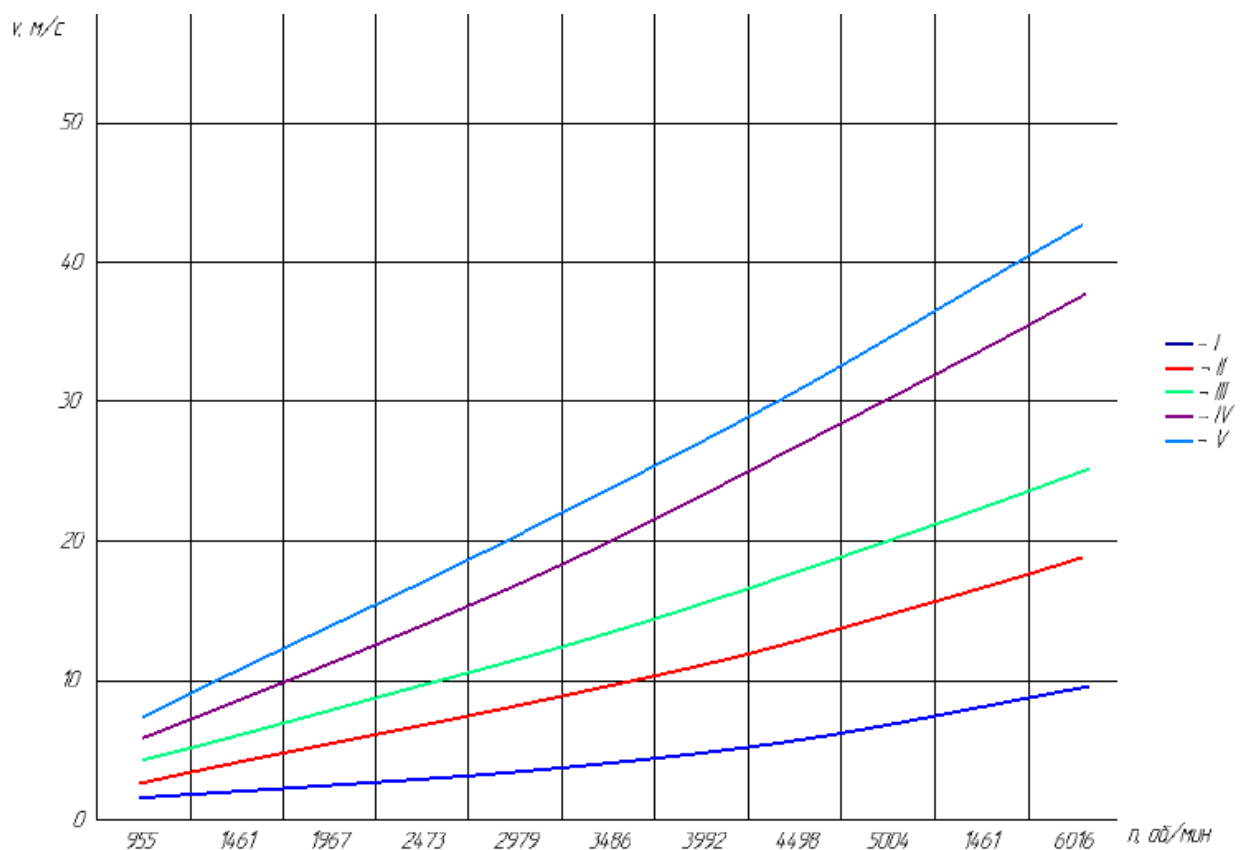


Рисунок 3.2 – Скорость автомобиля на разных передачах

3.1.5 Тяговый баланс автомобиля.

К данному этапу расчета основные параметры автомобиля уже определены, а перед разработчиком становится задача получить наглядные графики характеристик проектируемого автомобиля, овладеть методами их анализа и проверить правильность рассчитанных параметров автомобиля. Из уравнения движения автомобиля, связывающего все силы, действующие на автомобиль вовремя, легко получить уравнение силового баланса:

$$P_T = P_D + P_B + P_Z$$

где P_T – сила тяги ведущих колес;

P_D – сила дорожного сопротивления;

P_B – сила сопротивления воздуха;

P_Z – сила сопротивления разгону автомобиля.

Вначале строят тяговую характеристику автомобиля – зависимость силы тяги на ведущих колесах P_T от скорости автомобиля V для каждой из передач в коробке передач. Силу тяги на разных передачах рассчитываются по формуле:

$$P_T = \frac{U_k \times U_0 \times M_e \times \eta_{\text{тр}}}{r_k} \quad (19)$$

где U_k - передаточное число коробки передач;

M_e – величина эффективного момента двигателя (Нм).

Рекомендуется пользоваться выбранными выше значениями ω_e (при расчете внешней скоростной характеристики), приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_B}{U_0 \cdot U_k}$$

При движении автомобиль приобретает силу сопротивления воздуха, которую определяют по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2 \quad (20)$$

Сила сопротивления качению автомобиля:

$$P_D = G_a \cdot \psi, \quad (21)$$

где $\psi = f$.

Суммарная сила сопротивления движению автомобиля:

$$P_\Sigma = P_B + P_D \quad (22)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.10 и 3.11.

Таблица 3.10 – Результаты расчетов

n, об/ мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на V передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	P _B	P _D	P _Σ
955	8831,89	4585,29	3303,87	2207,97	1708,28	26,88	183,98	210,86
1461	9231,02	4792,51	3453,18	2307,76	1785,49	62,95	189,97	252,92
1967	9495,84	4930	3552,25	2373,96	1836,75	114,16	198,47	312,63
2473	9626,35	4997,75	3601,07	2406,59	1861,92	180,49	209,48	389,97
2979	9622,55	4995,78	3599,65	2405,64	1861,27	261,95	223,01	484,96
3479	9484,44	4924,07	3547,98	2371,11	1834,53	358,54	239,04	597,58
3996	9212,01	4782,64	3446,07	2303	1781,84	470,25	257,58	727,83
4498	8805,28	4571,47	3293,92	2201,32	1703,19	596,74	278,58	875,32
5004	8264,24	4290,58	3091,52	2066,06	1598,46	738,66	302,14	1040,8
5510	7588,88	3939,95	2838,88	1897,22	1467,91	895,72	328,21	1223,93
6016	6779,22	3519,60	2536	1694,8	1311,27	1067,9	356,79	1424,69

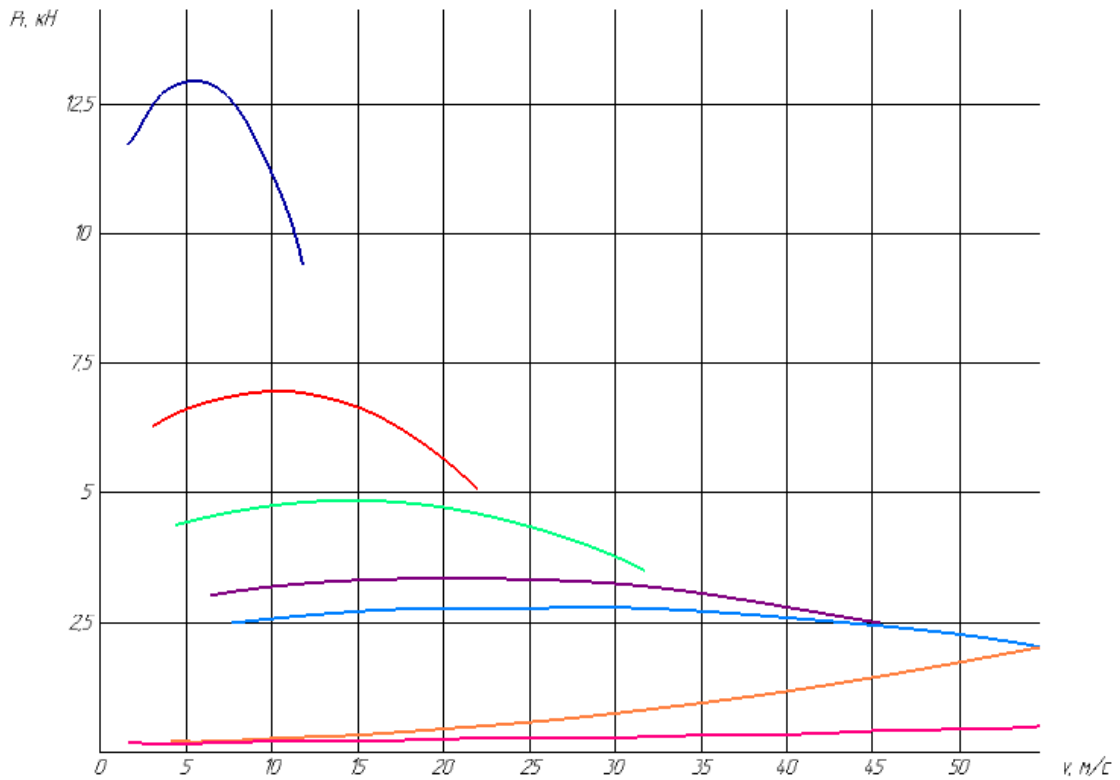


Рисунок 3.3 – Силовой баланс

Таблица 3.11 – Результаты расчетов

I		II		III		IV		V	
V, м/с	P _B	V, м/с	P _B	V, м/с	P _B	V, м/с	P _B	V, м/с	P _B
1,48	1,18	2,86	4,42	3,96	8,48	5,93	19,01	7,05	26,88
2,27	2,79	4,37	10,33	6,07	19,92	9,08	44,58	10,79	62,95
3,06	5,06	5,88	18,7	8,17	36,09	12,22	80,75	14,53	114,16
3,84	7,97	7,4	29,61	10,27	57,03	15,36	127,57	18,27	180,49
4,63	11,59	8,91	42,93	12,37	82,74	18,51	185,27	22,01	261,95
5,41	15,83	10,43	58,82	14,47	113,22	21,65	253,45	25,75	358,54
6,2	20,79	11,94	77,09	16,57	148,47	24,8	332,57	29,49	470,25
6,99	26,42	13,45	97,82	18,67	188,48	27,94	422,12	33,22	596,74
7,77	32,65	14,97	121,18	20,77	233,27	31,08	522,33	36,96	738,66
8,56	39,62	16,48	146,86	22,87	282,82	34,23	633,57	40,7	895,72
9,34	47,17	18	175,2	24,98	337,42	37,37	755,14	44,44	1067,9

3.1.6 Динамические характеристики автомобиля.

Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (23)$$

По формуле и по данным силового баланса рассчитывают и строят динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора от скорости движения при различных передачах и при полной загрузке автомобиля, данные расчета заносят в таблицу и представляют графически.

Результаты расчетов динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению сведены в таблицу 3.12

Таблица 3.12 – Результаты расчетов

n, об/ мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	0,5903	0,3062	0,2203	0,1463	0,1124	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
1461	0,6169	0,3197	0,2295	0,1513	0,1151	0,024	0,024	0,024	0,025	0,025
1967	0,6344	0,3283	0,235	0,1533	0,1151	0,024	0,024	0,025	0,026	0,026
2473	0,6429	0,3321	0,2369	0,1523	0,1124	0,024	0,025	0,025	0,027	0,028
2979	0,6424	0,3311	0,2351	0,1484	0,1069	0,024	0,025	0,026	0,028	0,03
3486	0,6329	0,3252	0,2296	0,1416	0,0987	0,024	0,025	0,026	0,029	0,032
3992	0,6144	0,3145	0,2204	0,1317	0,0877	0,024	0,026	0,027	0,031	0,034
4498	0,5868	0,299	0,2076	0,1189	0,074	0,024	0,026	0,028	0,033	0,037
5004	0,5502	0,2787	0,1911	0,1032	0,0575	0,025	0,027	0,029	0,035	0,04
5510	0,5046	0,2535	0,1709	0,0845	0,0382	0,025	0,027	0,03	0,038	0,044
6016	0,45	0,2236	0,147	0,0628	0	0,025	0,028	0,031	0,041	0,047

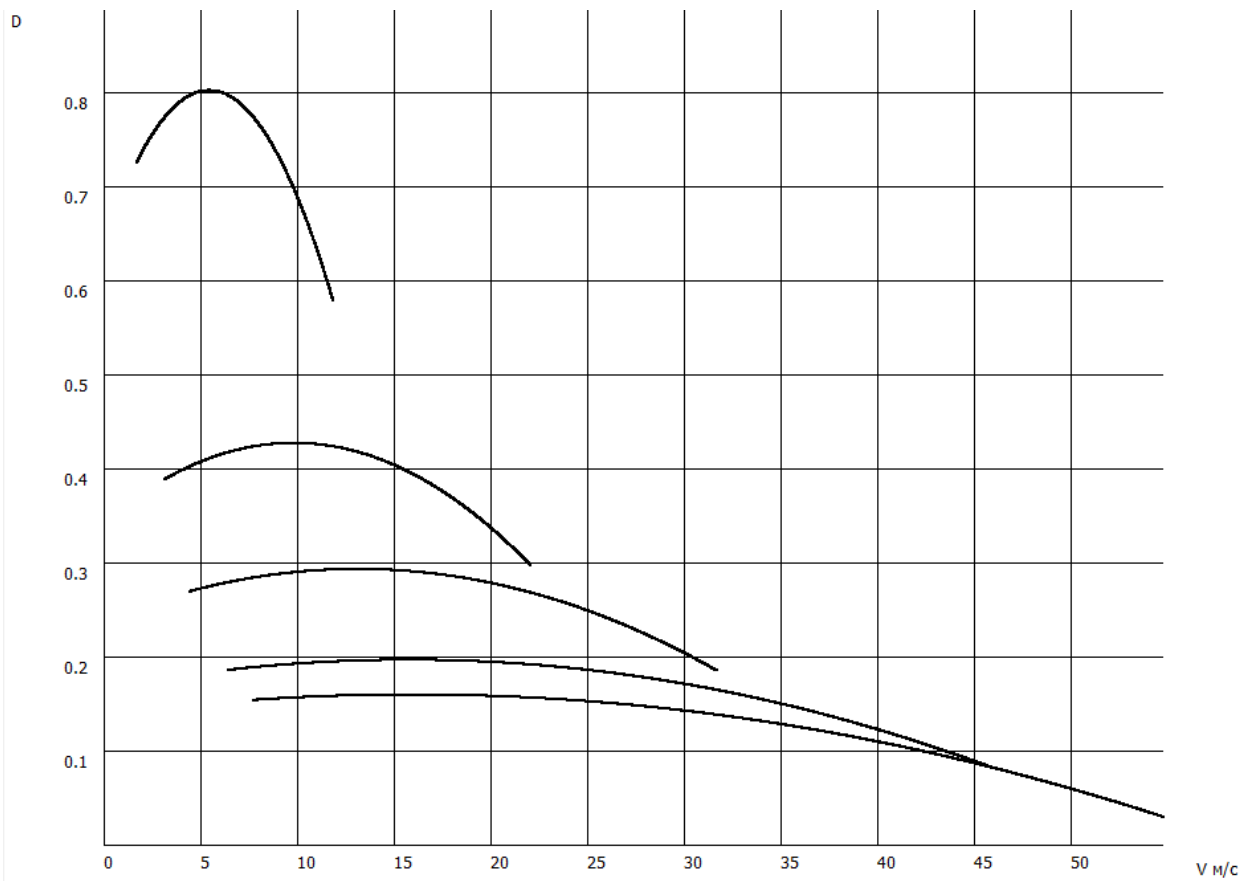


Рисунок 3.4 – Динамическая характеристика

3.1.7 Разгон автомобиля.

Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствия буксования ведущих колес. Ускорение находят:

$$J = \frac{(D-f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (24)$$

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр} + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2}, \quad (25)$$

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$U_{\text{тр}} = U_0 \cdot U_k$ – передаточное число трансмиссии;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес.

Если точное значение I_M и I_k неизвестно то, $\sigma_{\text{вр}}$ определяют по формуле:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 * U_k^2), \quad (26)$$

где U_k – передаточное число коробки передач на данной передаче

δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,03 - 0,05$$

Результаты расчетов на каждой передаче коэффициентов учета вращающихся масс:

$$\text{I передача} - \delta_{\text{вр}} = 1,738;$$

$$\text{II передача} - \delta_{\text{вр}} = 1,23;$$

$$\text{III передача} - \delta_{\text{вр}} = 1,15;$$

$$\text{IV передача} - \delta_{\text{вр}} = 1,09;$$

$$\text{V передачи} - \delta_{\text{вр}} = 1,08$$

Таблица 3.13 – Максимальные ускорения на различных передачах

Тип автомобиля	Ускорение на 1-й передаче, м/с^2	Ускорение на высшей передаче, м/с^2
Легковые	2,5...3,5	0,80...1,20

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 3.14

n, об/ мин	Ускорение на передачи м/с ² :					Величина, обратная ускорению на передаче, с ² /м :				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	100	3,197	2,242	1,681	0,804	0,313	0,446	0,595	0,91	1,244
1461	153	3,347	2,349	1,76	0,829	0,299	0,426	0,568	0,874	1,206
1967	206	3,446	2,417	1,807	0,829	0,29	0,414	0,553	0,861	1,206
2473	259	3,494	2,448	1,823	0,804	0,286	0,408	0,549	0,867	1,244
2979	312	3,491	2,44	1,808	0,754	0,286	0,41	0,553	0,894	1,326
3486	365	3,437	2,393	1,761	0,68	0,291	0,418	0,568	0,946	1,471
3992	418	3,333	2,308	1,682	0,58	0,3	0,433	0,595	1,033	1,724
4498	471	3,177	2,185	1,573	0,455	0,315	0,458	0,636	1,172	2,198
5004	524	2,971	2,024	1,431	0,306	0,337	0,494	0,699	1,404	3,268
5510	577	2,713	1,823	1,258	0,13	0,369	0,549	0,795	1,838	7,692
6016	630	2,405	1,586	1,054	-0,217	0,416	0,631	0,949	2,857	-4,608

Таблица 3.14 – Результаты расчетов

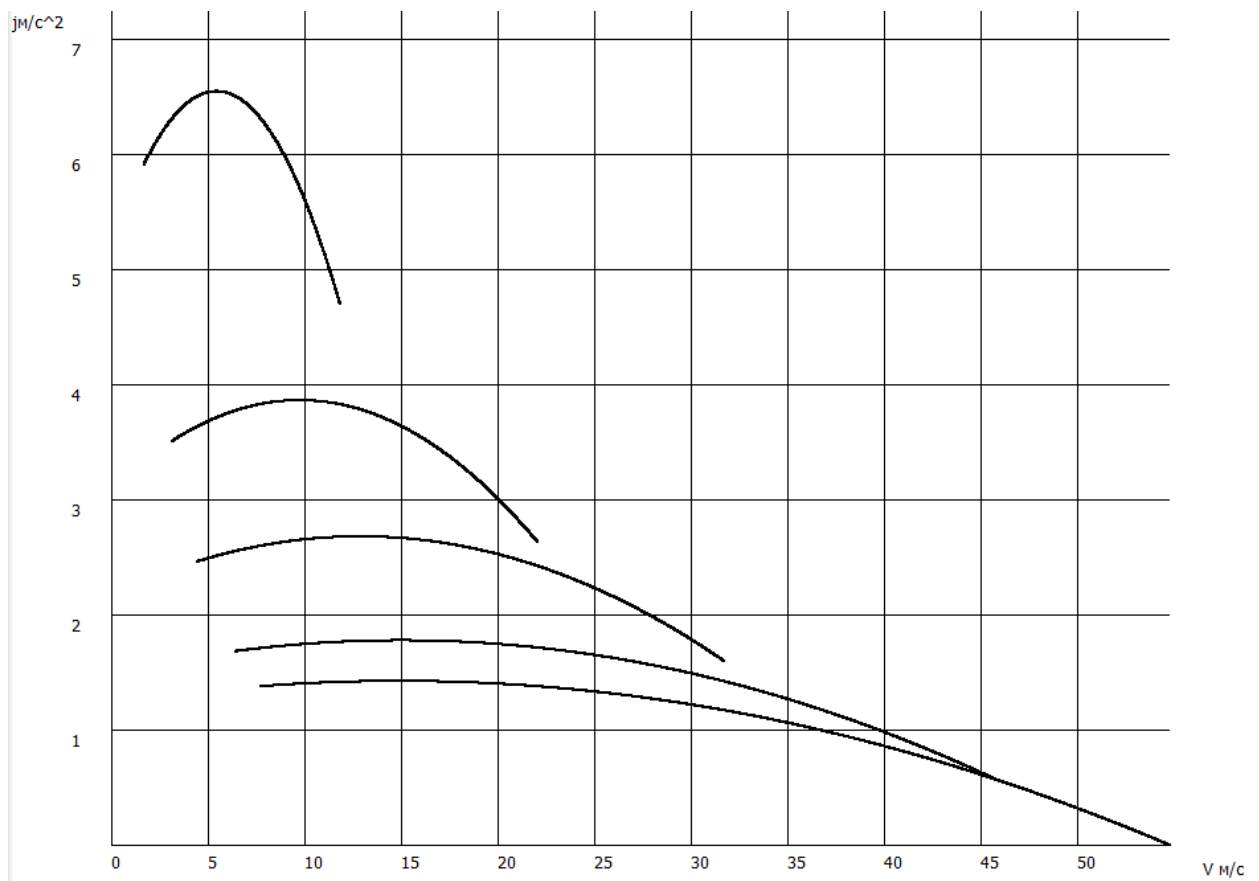


Рисунок 3.5 – Ускорение автомобиля

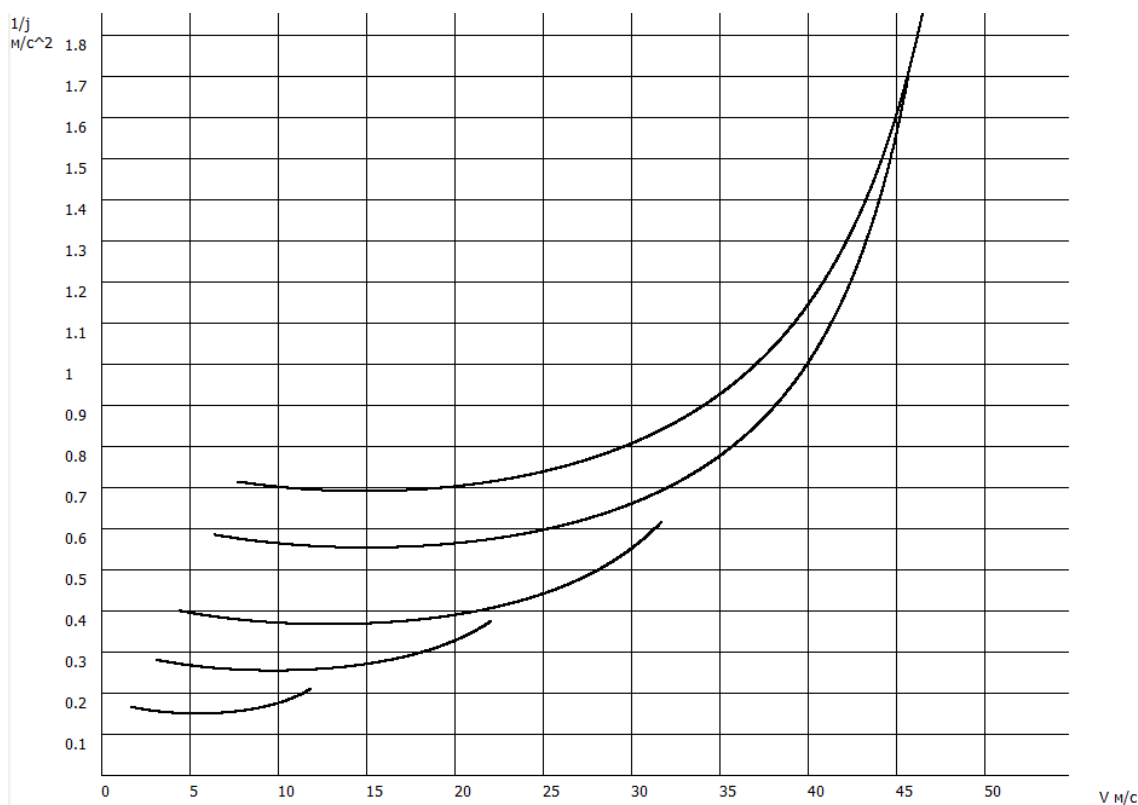


Рисунок 3.6 – Обратные ускорения

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Интегрирование заменяем суммой конечных величин.

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \times dV \approx \left(\frac{1}{j_{\text{cp}}} \right) \times (V_2 - V_1) \quad (27)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 3.15

Таблица 3.15 – Результаты расчетов

V	t	1/J	ΔS	S
0	0	0	0	0
1,4	1,472	0,32	1,0304	1,0304
6	3,122	0,33	6,105	7,1354
11	5,122	0,4	17	23,105
16	7,672	0,51	34,425	51,425
21	9,792	0,53	39,22	73,645
25	13,092	0,66	75,9	115,12
30	18,542	1,09	149,875	225,775
35	25,042	1,3	211,25	361,125
40	33,442	2,1	315	526,25
44	43,442	2,5	420	735

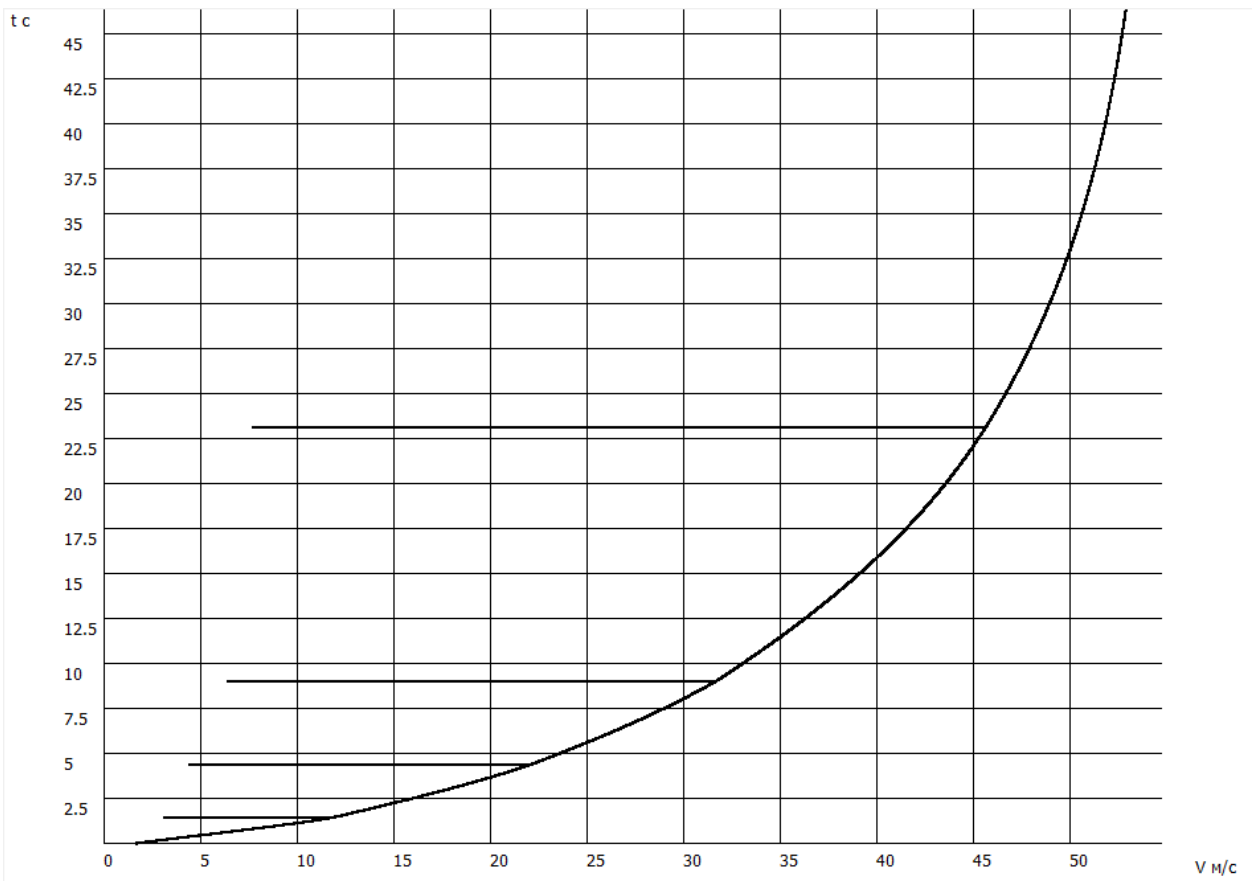


Рисунок 3.7 – Время разгона

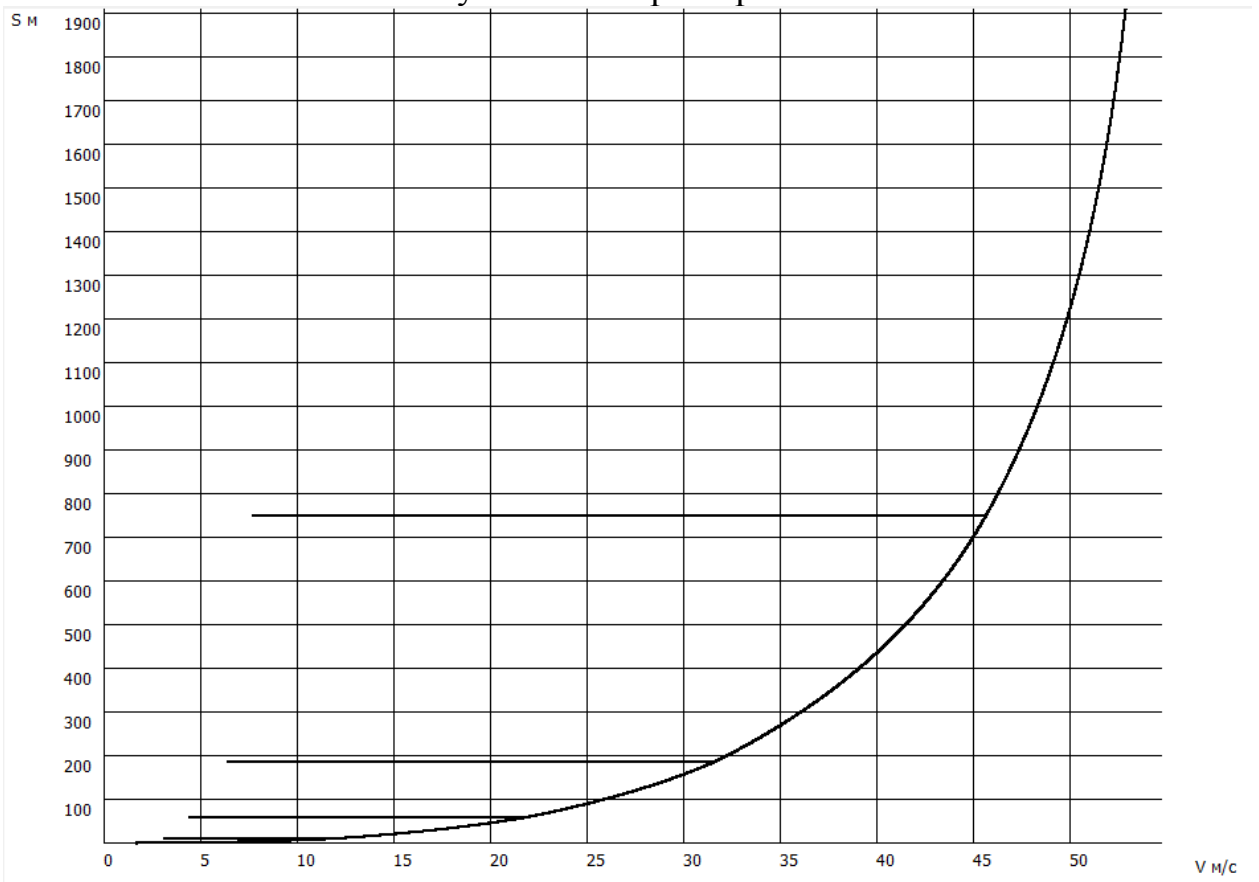


Рисунок 3.8 – Путь разгона

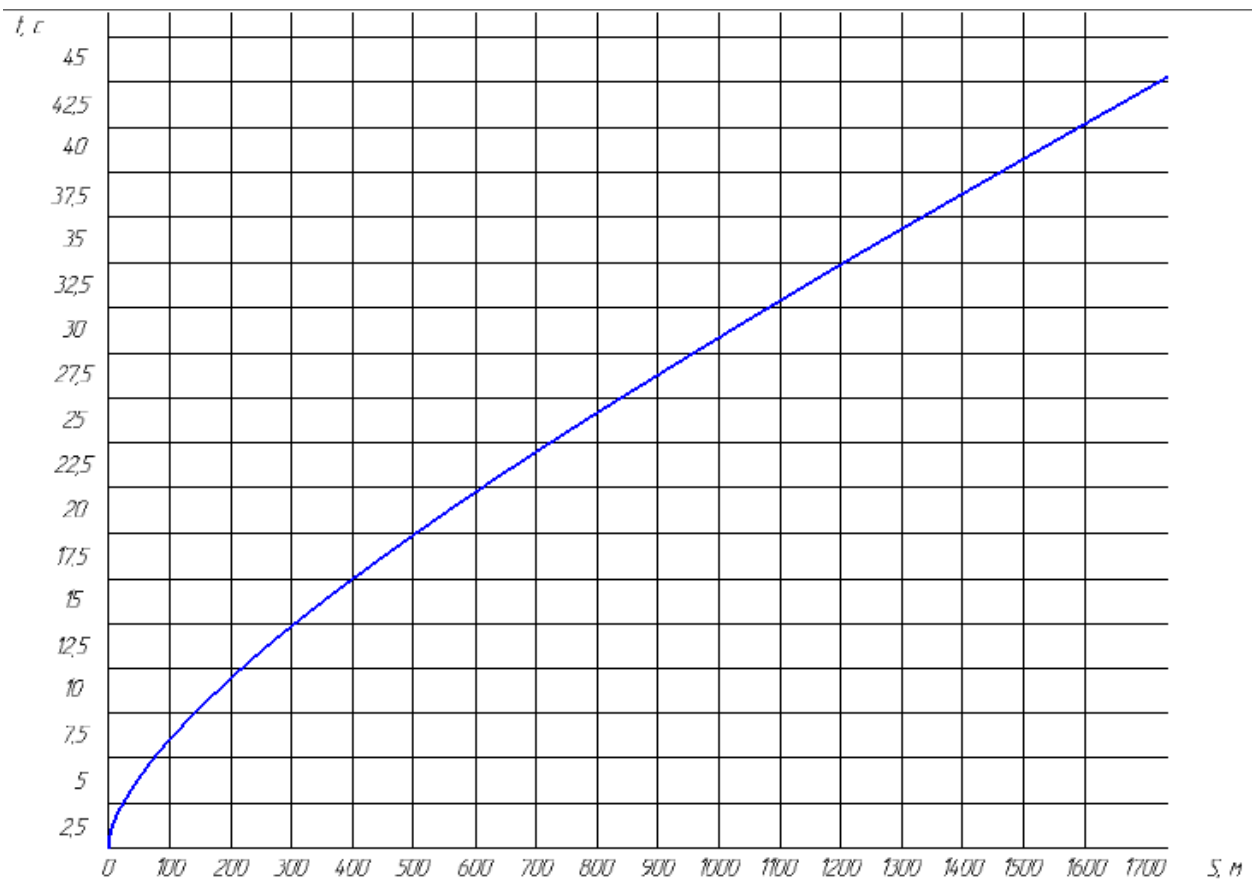


Рисунок 3.9 – Интенсивность разгона

3.1.8 Мощностной баланс автомобиля.

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_{в} + N_{и}, \quad (28)$$

$N_T = N_e \cdot \eta_{тр}$ – тяговая мощность, или мощность, подаваемая к ведущим колесам;

$N_{тр}$ – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии;

$N_f = P_f \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес;

$N_{\pi} = P_{\pi} \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему;

$N_{\text{в}} = P_{\text{в}} \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха;

$N_{\text{и}} = P_{\text{и}} \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля;

$N_{\text{д}} = P_{\text{д}} \cdot V = N_f + N_{\pi}$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.16

Таблица 3.16 – Результаты расчетов

V max	Ne	Nt	Nв	Nд	Nв+Nд	(Nв+Nд)/Nt
7,05	14,24	13,1	0,189504	1,297059	1,486563	0,113478
10,79	22,77	20,95	0,679231	2,049776	2,729007	0,130263
14,53	31,53	29,01	1,658745	2,883769	4,542514	0,156584
18,27	40,19	36,97	3,29755	3,8272	7,12475	0,19272
22,01	48,4	44,53	5,76552	4,90845	10,674	0,2397
25,75	55,8	51,34	9,232405	6,15528	15,38769	0,299721
29,49	62,07	57,1	13,86767	7,596034	21,46371	0,375897
33,22	66,85	61,5	19,8237	9,25443	29,0781	0,47282
36,96	69,81	64,23	27,30087	11,16709	38,46797	0,59891
40,7	70,59	64,94	36,4558	13,35815	49,81395	0,767077
44,44	68,85	63,34	47,45748	15,85575	63,31322	0,999577

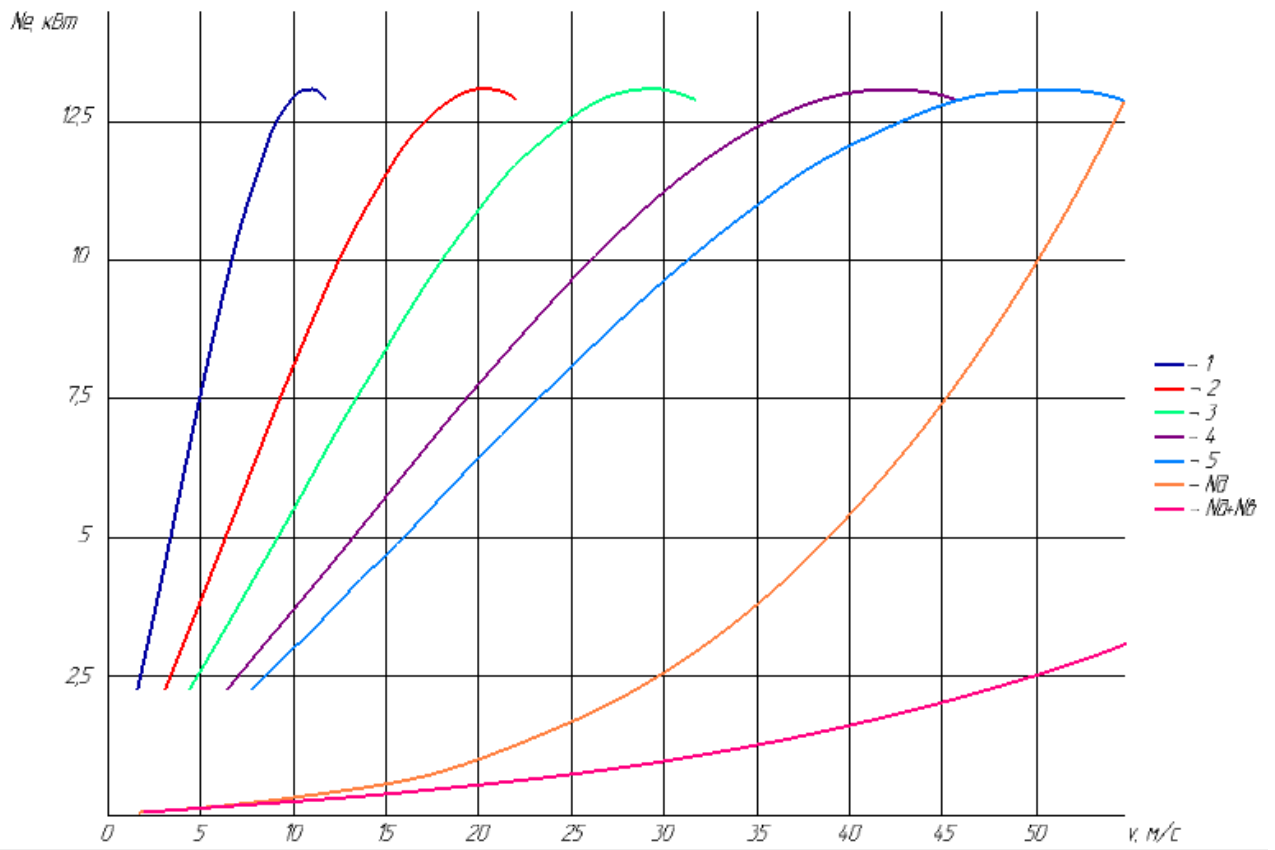


Рис. 3.10 – Мощностной баланс на различных передачах

3.2 Топливо-экономическая характеристика автомобиля.

Для получения топливо-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.

Путевой расход топлива:

$$q_{\text{п}} = \frac{k_{\text{ск}} \cdot k_{\text{и}} \cdot (P_{\text{д}} + P_{\text{в}}) \cdot g_{e \text{ min}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\tau} \cdot \eta_{\text{тр}}}, \quad (32)$$

где $k_{\text{ск}}$ – коэффициент, учитывающие соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от ω_e ;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающие соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от N двигателя;

$g_{e \text{ min}} = 340 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$ – удельный эффективный расход топлива;

$\rho_{\tau} = 0,73 \text{ кг/л}$ – плотность топлива.

Рассчитанные данные сводим в таблицу 3.17

Таблица 3.17 – Результаты расчетов

V	14,53	18,27	22,01	25,75	29,49	33,22	36,96
$k_{\text{и}}$	1,35	1,3	1,2	1,12	1	0,98	0,8
I	0,156584	0,192717	0,239703	0,29972	0,3759	0,472815	0,59891
$k_{\text{ск}}$	1,1	0,95	0,88	0,8	0,79	0,8	0,9
ω_e/ω_N	0,362676	0,455986	0,549296	0,64261	0,73592	0,829225	0,922535
g_n	7,181506	7,450005	7,92188	8,28252	8,89438	10,61552	11,592

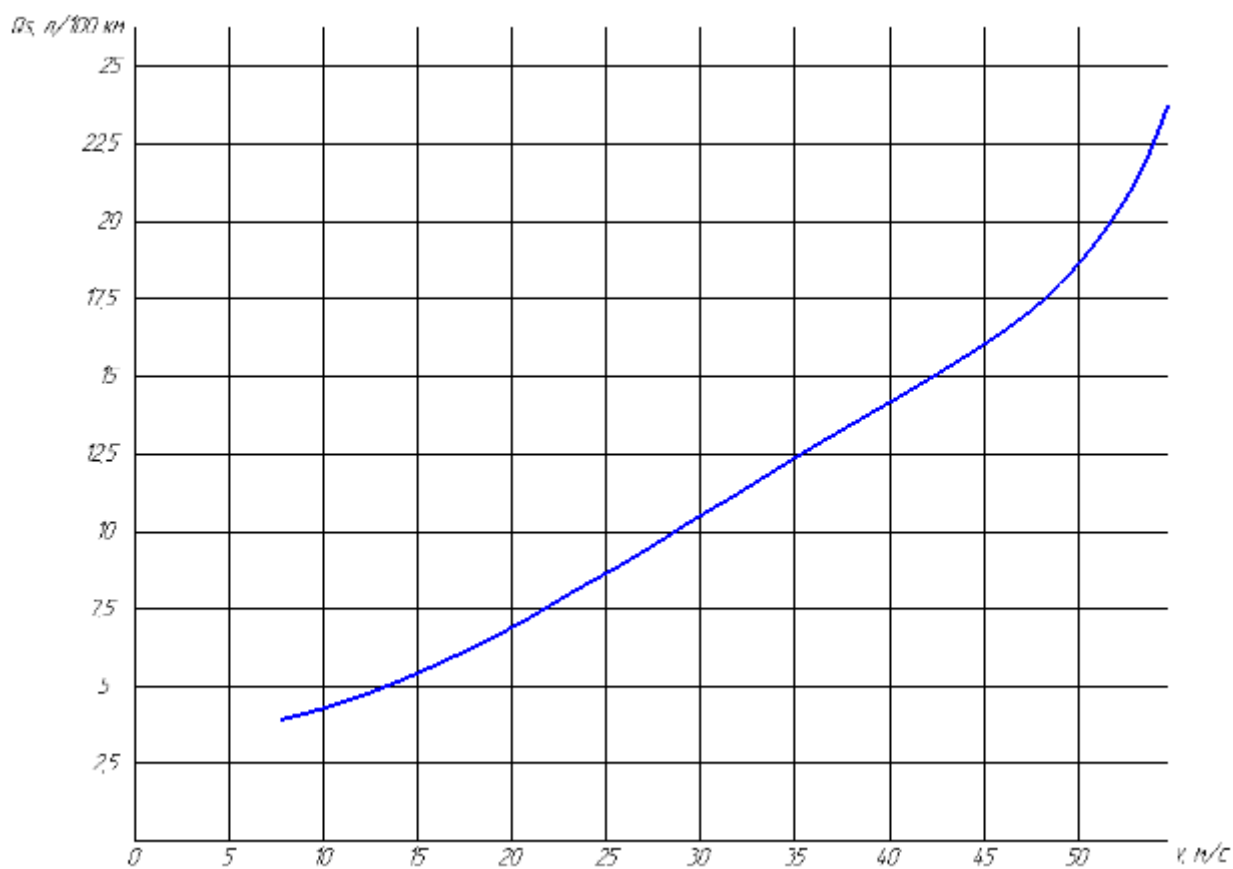


Рис. 3.11 – Топливная экономичность

3.3 Конструкция боковой подушки безопасности

3.3.1 Описание конструкции боковой подушки безопасности

Постановка технической задачи.

На стадии предшествующей разработку формы боковой подушки определены недостатки существующей подушки:

- отсутствие камеры, ограничивающей таз человека от конструктивных элементов автомобиля;
- отсутствие выемки для руки, соприкасающейся с подушкой;
- отсутствие разделения между секциями подушки, соответствующими различным областям тела человека.

На основании вышеизложенных факторов поставлена техническая задача – создать устройство боковой подушки безопасности для автомобиля LADA Vesta, способного улучшить характеристики ограничения человека боковой подушкой безопасности и позволяющее распределить газ в подушке таким образом, чтобы давление в подушке распределялось в соответствии с физиологическими особенностями человека.

Решение задачи и принцип работы устройства

Устройство боковой подушки безопасности для транспортного средства содержит: газовый генератор, встроенный в переднее кресло транспортного средства, который активируется для надувания и раскрытия подушки и боковая подушка безопасности, разделенная на три секции, которая размещена в сложенном состоянии в модуле, встроенном в боковую часть спинки сиденья кресла.

Боковая подушка безопасности выполнена с возможностью надувания и раскрывания боковой секции в направлении вперед относительно транспортного средства путем подачи газа для надувания и раскрывания в каждую из секций подушки безопасности, при этом в сдутом раскрытом состоянии боковой подушки безопасности, разделяющие секции перегородки сложена вдвое так, чтобы в поперечном направлении раскрываться ко задней части подушки безопасности вдоль ее сложенного участка, расположенного на центральном участке, а растягиваемые элементы с возможностью растягивания расположены поперечно между перегородками, разделяющими секции, и задним торцом задней части подушки безопасности, и в состоянии надувания и раскрывания боковой подушки безопасности растягиваемые элементы растягиваются таким образом, чтобы ограничить надувание II секции подушки безопасности в продольном относительно транспортного средства направлении.

Устройство боковой подушки безопасности представляет собой три разделенные надувные секции, каждая из которой подразделяется на переднюю (соприкасающуюся с телом человека при срабатывании) и заднюю (соприкасающуюся с конструктивными элементами) части. Каждая из секций разработана для защиты определенного участка тела человека.

В каждую из секций нагнетается газ под разным давлением с расчетом на физиологические особенности тех частей тела человека, с которыми соприкасаются секции подушки. Секции отображены на рисунке 3.12.

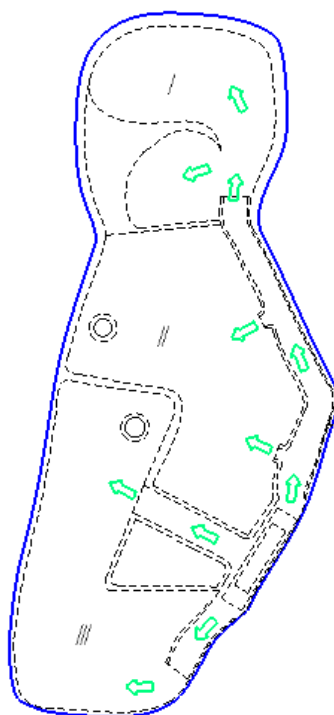


Рисунок 3.12 – Разделение подушки безопасности на секции

Самой плотной секцией с самым высоким давлением является III секция, ее назначение в защите от перелома тазовой кости и бедра, а также серьезных повреждений брюшной полости человека вследствие бокового удара. Особенность данной конструкции также заключается в наличии обратного клапана в нижней III секции подушки безопасности, блокирующий газовый поток из внутреннего пространства данной секции в остальные. Данное решение позволяет поддерживать высокое внутреннее давление в нижней секции в течении длительного времени – это позволяет эффективно ограничить область поясницы и тазовых костей, имеющих высокое сопротивление нагрузке в теле человека третьей секцией подушки.

Секция II нагнетается меньшим давлением, чтобы избежать травм и переломов костей грудной клетки, а также плечевого пояса. Перегородка между II и III секциями выполнена таким образом, чтобы образовалась выемка для руки, дабы не допустить ее травмирования или травмирования от самой руки других частей тела.

Наличие верхней I секции не распространен у производителей боковых подушек безопасности, так как её функцию выполняют головные подушки безопасности – шторки. Так как в рассматриваемом автомобиле шторки не предусмотрены – разработана секция боковой подушки, позволяющая защитить голову от удара о боковое стекло и его фрагментов, в случае его повреждения. Особенность данной конструкции заключается в особой форме головной части, позволяющей исключить серьезные травмы носа и челюсти даже, если голова во время удара повернута в направлении раскрытия подушки.

При фиксировании датчиками бокового столкновения соответствующего удара активируется газовый генератор. Газ из генератора подается в полость распределения газа между секциями для надувания и раскрытия подушки безопасности, при этом растягиваемый элемент, расположенный таким образом, чтобы простираться поперечно между разделяющими секции перегородками и задней частью подушки безопасности растягивается. Данный способ раскрытия и укладки подушки безопасности позволяет ограничить раскрытие в продольном и увеличить размер надувания в поперечном относительно транспортного средства направлении, не изменяя при этом существенно положение подушки в продольном направлении.

Вышеизложенное конструкторское решение позволяет улучшить характеристики ограничения человека боковой подушкой безопасности.

Также упомянутое расположение растягиваемого элемента между перегородками позволяет в сдутом состоянии компактно сложить подушки, избегая дополнительных изгибов, что способствует уменьшению занимаемого объема в сложенном виде.

Между I и II, а также между II и III секциями на каждой из секций с обеих сторон, разделяющих их между собой образована пара соединительных отверстий, обеспечивающих сообщение между секциями,

посредством которого осуществляется распространение газа из газового генератора. Данные отверстия расположены в перегородках между секциями, что не препятствует нужному характеру раскрытия.

Растягивающий элемент в области действия нагнетателя разделен на 3 канала, что предотвращает концентрацию растягивающей силы на разделяющую поверхность в момент срабатывания и непроизвольное изгибание перегородок при натяжении растягиваемого элемента.

Верхний участок, разделяющий II и III секции снабжен перегородкой, поднимающейся в направлении вверх вперед перед спинкой сиденья при надувании и раскрытии боковой подушки безопасности, причем выступающий вперед участок III секции отделен от II секции перегородкой. Подобное расположение перегородок позволяет увеличить объем задней части подушки тем самым ограничив область плеча человека верхней частью II секции. Таким образом, даже при диагонально направленном боковом ударе, предотвращается выступание плеча перед передним краем боковой подушки безопасности.

Расположение перегородок между II и III секциями и форма II в области плечевого пояса, учитывая, что при боковом столкновении по инерции тело человека сместится по направлению обратному направлению раскрытия подушки, позволяет в процессе надува поднять руку горизонтально, что позволяет предотвратить попадание верхней части руки между областью грудной клетки и подушкой безопасности, что предполагает снижение нагрузки на грудную клетку.

Перегородки между секциями образованы частями базовой ткани соответствующих секций.

Устройство подушки дополнительно содержит выпрямляющий элемент цилиндрической формы, расположенный внутри задней части II секции, внутри него расположен газовый генератор, газ для надувания

подаётся через отверстия и клапаны выпрямляющего элемента через заднюю часть спинки.

Равномерность раскрытия и раскрытие на ранней стадии обеспечивается тем, что III секция надувается не только через клапан, но и через отверстие, соединяющее полости II и III секции.

«В сдутом раскрытом состоянии, размеры каждого компонента боковой подушки безопасности определяются так, чтобы не образовать складок любого элемента из следующих: разделяющая переднюю и заднюю секции перегородка, базовая ткань задней секции подушки безопасности и растягиваемый элемент. Этот же фактор обеспечивает компактность подушки в сложенном состоянии.» [16]

Обратный клапан, выступающий внутрь III секции боковой подушки безопасности выполняется частью базовой ткани данной секции. Данный клапан поддается давлению и отжимается благодаря увеличению внутреннего давления III секции подушки безопасности. Данное решение упрощает конфигурацию боковой подушки безопасности.

Вышеизложенные факторы позволяют заключить, что принятые технические решения позволяют улучшить характеристики ограничения водителя и пассажира боковой подушкой безопасности.

3.3.2 Выбор материала изготовления боковой подушки безопасности

Срабатывание подушки безопасности происходит от сигнала с соответствующих датчиков при условии достижения определённых пороговых значений для каждого из датчиков, после чего происходит воспламенение топлива газогенератора и быстрый надув полотна подушки. При столкновении пассажира или водителя с подушкой, он сжимает ее

массой своего тела, затем газ покидает подушку через специальные отверстия.

Заполнение современных подушек безопасности осуществляется посредством применения пиротехнических устройств, воспламеняющих твердое топливо внутри нагнетателей подушек безопасности. Горящее топливо, в свою очередь, образует инертный газ, наполняющий боковую подушку со средней скоростью 30-40 мс. Топливо для боковых и фронтальных подушек безопасности используется с более высокой температурой горения в связи с их более быстрым заполнением.

Благодаря горячему газу в подушках безопасности добиваются необходимого объема за счет малой массы газа, в отличие от более низкотемпературных газов, но такой газ может представлять опасность для человека в случае непосредственного контакта с кожей, вызвав тем самым термический ожог.

Стандартными материалами для изготовления подушек безопасности являются нейлон и полиэфирные ткани для частей подушек под высоким давлением. Кроме того, подушки, зачастую, состоят из нескольких частей, сшитых различными швами, в зависимости от приходящейся нагрузки. Существует цельнотканый способ производства подушек безопасности на ткацких станках из двух слоев ткани со структурой переплетенных швов. Швы и соединения иного рода должны выдерживать высокие температуру и давление без разрыва, в ином случае это может привести к тяжелым для находящихся в салоне последствиям.

«Полиэфирные ткани могут в большей степени отличаться свойствами вытягивания (ползучести), чем нейлоновые ткани. Горячее вытягивание, особенно вокруг швов, является основным видом повреждения в полиэстеровых подушках безопасности, поскольку оно создает предпочтительный путь для утечки горячих газов модуля с подушкой безопасности. Просачивающиеся горячие газы расплавляют полиэфирное

волокно рядом с точкой выхода и ведут к катастрофической утечке в подушке. Это явление имеет место больше у полиэфирных подушек безопасности, чем у нейлоновых подушек безопасности, таким образом, ограничивая выбор полиэстера для модулей с подушками безопасности. Однако, полиэфирные ткани являются менее дорогостоящими, чем нейлоновые ткани. Поэтому, для полиэстеровых подушек безопасности есть необходимость, чтобы приблизиться к вытягиванию и термическому сопротивлению нейлоновых подушек безопасности.» [9]

Учитывая вышеизложенные характеристики полимерных тканей и требуемую относительно быструю скорость срабатывания подушки принято решение использовать нейлоновую ткань. Полимерная имеет меньшую стоимость, но в связи с особенностями конструкции боковой подушки безопасности и необходимостью максимально быстрого раскрытия велик риск того, что полимерный материал в области швов, в особенности в области высокого давления не выдержит нагрузки, что приведет к непоправимым для человека последствиям.

4. Технологическая часть

В данном разделе приведены требования к технологическому процессу изготовления боковых подушек безопасности на основании особенностей конструкции, а также описаны необходимые технологические процессы для производства подушки с заданными характеристиками.

4.1 Требования к технологическому процессу

Особенностью изготовления боковой подушки безопасности заданной конструкции является разделение полости подушки на секции с различным внутренним давлением, в связи с этим к технологическому процессу предъявляются следующие требования:

- Не допустить дополнительных сгибов подушки безопасности кроме перегородок между секциями при складывании ее в модуль, чтобы не нарушить порядок ее правильного раскрытия и обеспечить компактность ее нахождения в модуле;
- Обеспечить надежную прошивку элементов каждой секции и чехла боковой подушки безопасности для предотвращения несчастных случаев, связанных с незапланированным разрывом подушки внутри салона;
- Характеристики материалов и швов учитывать для каждой секции отдельно в связи с разностью давления в них.

4.2 Характеристика технологического процесса

Описание манипуляций, необходимых для производства боковой подушки безопасности заданной конструкции производится с начала технологического процесса до его завершающей стадии, детально

рассмотрен процесс сшивания элементов ввиду сложности процесса, обусловленной уникальностью конструкции.

Этапы производства боковой подушки безопасности:

1. Изготовление бесшовного высокопрочного нейлонового материала на ткацком станке;
2. Контроль качества материала;
3. Стирка и сушка полученного материала в несколько этапов;
4. Сушка и прессовка ткани горячими валиками;
5. Покрытие материала изолирующим силиконом;
6. Сушка материала в прокатных печах при t около 190°C ;
7. Выкройка заготовок лазерной установкой, управляемой компьютерной программой;
8. Проверка выкройки на лекале;
9. Выполнение соединительных и укрепляющих швов в швейном цеху, швейные машины автоматизированы и работают в соответствии с программой;
10. Пришивание петель и креплений для фиксации подушки в нужном месте и положении;
11. Тестирование образца из партии на правильность и качество срабатывания;
12. Автоматизированное складывание боковых подушек в модули.

Пункт 9 рассмотрим предметно, ориентируясь на расположение швов в проектируемой боковой подушке безопасности, представленное на рисунке 3.1. В описании заведомо пренебрежем головной частью подушки как частью II секции. На рисунке данная часть не указывается.

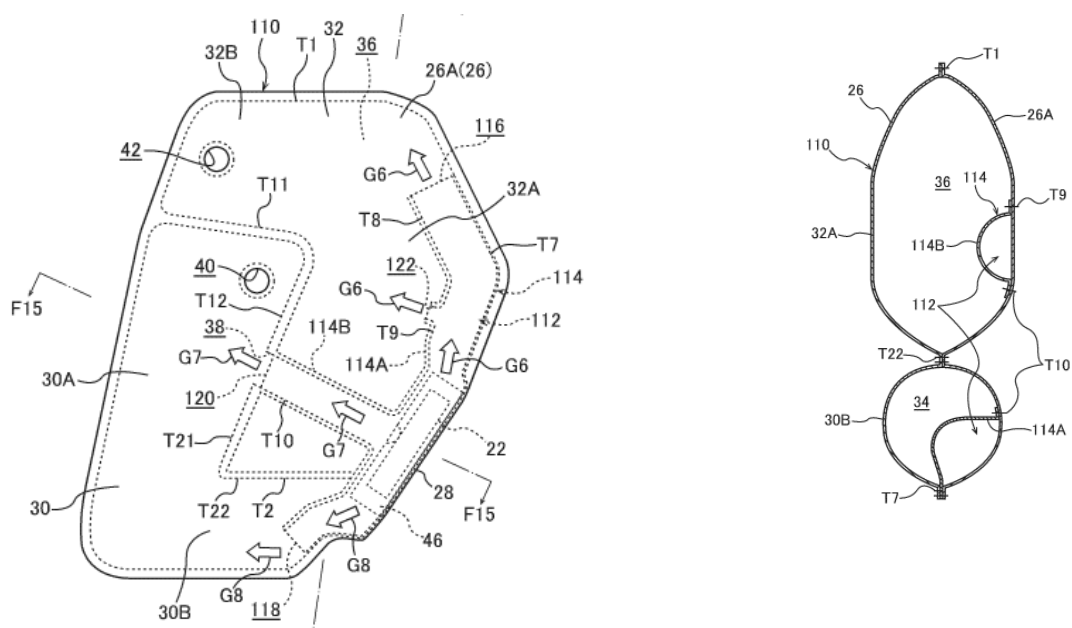


Рисунок 4.1 – Расположение швов в боковой подушке безопасности

Передние концевые участки кусков 28, 30 базовой ткани сшиты по шву T1, а их верхние концевые участки, нижние концевые участки, и задние концевые участки сшиты по наружному периферийному шву T2, образованному по наружной периферии боковой подушки 20 безопасности. На фиг. 1 швы T1, T2 и швы T3-T5, описанные ниже, не показаны на чертеже.

Передняя секция подушки 24 безопасности образована путем наложения и сшивания двух кусков 32, 34 базовой ткани, образованных из тканого материала, идентичного таковому кусков 28, 30 базовой ткани. Верхние концевые участки, передние концевые участки, и нижние концевые участки кусков 32, 34 базовой ткани сшиты по наружному периферийному шву T2, и передний участок задней секции 26 подушки безопасности удерживается между задними краями кусков 32, 34 базовой ткани. Задние края кусков 32, 34 базовой ткани пришиты к передним участкам кусков 28, 30 базовой ткани по швам T3, T4.

Выпрямляющая ткань 42 сформирована в форме цилиндра путем сшивания куска 46 базовой ткани, выполненного из тканого материала, аналогичного таковому кусков 28, 30 базовой ткани и пр. по шву Т5.

Натягиваемая ткань 56 образована тканым материалом прямоугольной формы, аналогичным таковому кусков 28, 30 базовой ткани и т.п., и ее передний край пришит по шву Т1 центральному участку в поперечном направлении разделяющей переднюю и заднюю секции перегородки 40, а ее задний край пришит по наружному периферийному шву Т2 к заднему краю задней секции 26 подушки безопасности.

Нижняя секция 94 подушки безопасности образована путем сшивания куска 96 базовой ткани и куска 98 базовой ткани, поверх которых лежит тыльная сторона куска 96 базовой ткани, как показано на рисунке 3.13. Куски 96, 98 базовой ткани сшиты по их передним краям, нижним краям, и задним краям вдоль наружного периферийного шва Т2. Между верхними краями кусков 96, 98 базовой ткани вставлены нижние концы передней секции подушки 24 безопасности и задней секции 26 подушки безопасности, и нижняя секция 94 подушки безопасности пришита к передней секции подушки 24 безопасности и задней секции 26 подушки безопасности по шву Т6 и по не показанному шву. Нижние концы передней секции подушки 24 безопасности и задней секции 26 подушки безопасности сшиты по шву Т7, а отделяющая нижнюю секцию перегородка 92 образована нижними концами передней секции подушки 24 безопасности и задней секции 26 подушки безопасности

На заднем конце отделяющей нижнюю секцию перегородки 92 шов Т7 опущен, и имеется обратный клапан 100, образованный кусками 28, 30 базовой ткани задней секции 26 подушки безопасности. Обратный клапан 100 выступает к нижней секции 94 подушки безопасности с тем, чтобы обеспечить сообщение внутреннего пространства задней секции 26 подушки

безопасности и внутреннего пространства нижней секции 94 подушки безопасности друг с другом через обратный клапан 100. Нижний конец выпрямляющей ткани 102 на уровне поясицы (наружного выпрямляющего элемента), расположенный внутри задней секции 26 подушки безопасности, вставлен в обратный клапан 100. Выпрямляющая ткань 102 на уровне поясицы в целом имеет такую же конфигурацию, что и выпрямляющая ткань 42 второго варианта осуществления изобретения, и соединена с задним концом натягиваемой ткани 56 по шву Т5.

В растягиваемом элементе 112 пара правого и левого кусков 114, 116 ткани пришта к переднему концу натягиваемой ткани 56 по шву Т8, и передний конец растягиваемого элемента 112 раздваивается, если смотреть с вертикального направления боковой подушки безопасности 110. Разделенный надвое передний конец растягиваемого элемента 112 пришит к вертикальной перегородке 40А по швам Т9, Т10.

При соблюдении всех критериев технологического процесса на выходе получаем готовый образец в модуле боковой подушки безопасности, который монтируется в сидение автомобиля.

5. Эффективность проекта

Основными требованиями, предъявляемыми к боковым подушкам безопасности, является способность улучшить характеристики ограничения человека подушкой от конструктивных элементов автомобиля при возникновении аварии.

Цель проекта заключается в повышении безопасности транспортного средства.

Цель экономической части проекта заключается в расчете затрат на реализацию данного проекта.

Показатель затратности определялся на основании структуры этапов разработки боковой подушки безопасности, построен график длительности этапов и составлена ведомость по необходимым затратам.

5.1 Составление сметы затрат на выполнение НИиОКР

5.1.1 Формирование последовательности перечня работ, выполняемых в процессе исследования

Таблица 5.1 - Этапы проведения

Наименование работы	Трудо- емкость, дни		Должность исполнителя	Кол-во исполни- телей	Применяемое оборудование
	t _{min}	t _{max}			
Маркетинговые исследования	1	3	Инженер б/к	1	ПК
Разработка программы исследований боковых подушек безопасности	4	6	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Выбор конструкции боковой подушки безопасности	3	6	Инженер б/к	1	ПК
Подбор материалов	2	4	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Разработка формы боковой подушки безопасности	4	6	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Анализ полученных результатов	1	2	Ведущий инженер, Инженер б/к	2	ПК
Расчет затрат на проведение НИиОКТ	2	4	Инженер б/к	1	ПК
Составления отчета о работе	2	3	Инженер б/к	1	ПК
Непредвиденные работы	1	3	Инженер б/к	1	ПК
Итого	20	37			

Ожидаемое время определяется по формуле 5,1

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.1)$$

где t_{min} - минимальная трудоемкость i -го этапа;

t_{max} - максимальная трудоемкость i -го этапа.

5.2 Составление общего процесса НИР

Продолжительность i -го этапа, определяется по формуле 5.2:

$$T_{эti} = \frac{t_{ожі}}{\tau_i}, \quad (5.2)$$

где τ_i - кол-во исполнителей.

Общий процесс НИиОКР рассчитывается по формуле 5.3

$$УД_{эti} = \frac{T_{эti}}{T_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (5.2)$$

«Для оптимизации общей продолжительности НИР стоит совмещать имеющиеся этапы НИиОКР, но в данном случае характер производства работ говорит о низкой вероятности подобного события.» [11]

На основании числа исполнителей по каждому этапу строится план-график, представленный в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – План график длительности этапов НИиОКР

№ Этапа	Число исполнителей			$T_{эти}$	T_{Σ}	УД $_{эти}$	$\Delta \%$
	Инженер б/к	Вед. инженер	Всего				
1	1	0	1	1,8	26,8	6,72%	6,72
2	1	1	2	4,8		17,91%	24,63
3	1	0	2	4,2		15,67%	40,30
4	1	1	1	2,8		10,45%	50,75
5	1	1	2	4,8		17,91%	68,66
6	1	1	2	1,4		5,22%	73,88
7	1	0	2	2,8		10,45%	84,33
8	1	0	1	2,4		8,96%	93,29
9	1	0	1	1,8		6,72%	100,00

На основании полученных данных построен график, представленный на рисунке 6.1.

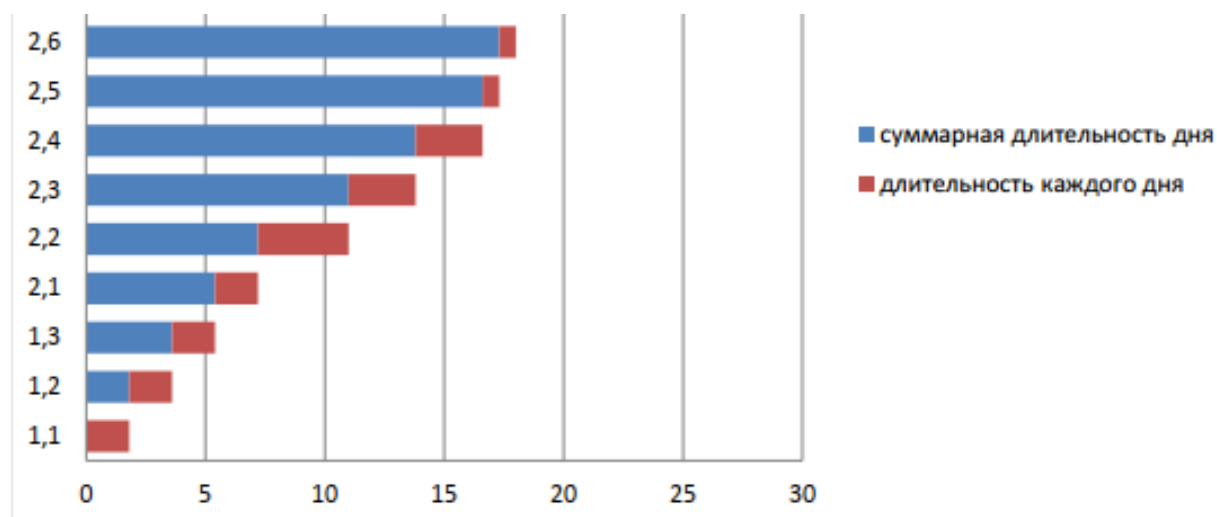


Рисунок 6.1 – График длительности этапов выполнения НИиОКР

Полученные данные заносим в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Длительность работ НИиОКР

№ этапа	Исполнители	
	Ведущий инженер	Инженер б/к
1.1		1,8
1.2	4,8	4,8
1.3		4,2
2.1	2,8	2,8
2.2	4,8	4,8
2.3	1,4	1,4
2.4		2,8
2.5		2,8
2.6		1,8
Всего	13,8	27,2

5.2 Расчет бюджета трат на НИР

Сметы расходов оформляется для сопоставления базовой и проектной технологии внедрения модель новой техники в производство и для расчета себестоимости изготовления новой техники, определения цены.

Изначальные данные для расчёта расходов на создание и разработку математической модели сведены в таблицу 5.4.

Изначальные данные для расчёта расходов на создание и разработку математической модели

Расчет эффективного годового фонда рабочего времени:

$$F_{эф} = 365 - Пр - Вых - Нев q - Н_{пр}, (ч.) \quad (5.3)$$

где Пр – праздничные дни;

Вых – выходные дни;

Нев – кол-во планируемых невыходов;

q – кол-во часов за смену;

$N_{пр}$ – кол-во нерабочих часов в предпраздничные дни.

$$F_{эф} = 365 - 4 - 30 - 0 \cdot 8 - 0 = 2648 \text{ ч.}$$

Среднее количество рабочих дней в месяц округляем до целого числа по формуле 5.4:

$$D = \frac{F_{эф}}{12q}, \text{ (дн.)} \quad (5.4)$$

$$D = \frac{2648}{12 \cdot 8} = 27,2 \text{ дн.}$$

Инженер б/к: $K_{исп} = 27,2/28 = 0,97$ мес;

Вед.инженер: $K_{исп} = 13,8/28 = 0,49$ мес.

В таблице 5.4 приведены размеры заработных плат исполнителей.

Таблица 5.4 - Заработная плата исполнителей

Должность исполнителя	Кол-во исполнителей, чел.	Оклад руб/мес	Время работы, мес	Заработная плата, руб
Ведущий инженер	1	25500	0,49	12495
Инженер б/к	1	20200	0,97	19594
Итого				32089

Рассчитываем размер заработной платы всех исполнителей по формуле 5.5:

$$Z_{\text{исп}} = Z_{\text{итр}} = 32089 \quad (5.5)$$

Определяем величину страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС по формуле 5.6:

$$C_{\text{св}} = Z_{\text{исп}} \cdot K_{\text{с.в.}} / 100, \text{ (руб)} \quad (5.6)$$

$$C_{\text{св}} = 32089 \cdot 30 / 100 = 9626,7 \text{ руб}$$

Производим расчет затрат на электроэнергию по формуле 5.7:

$$C_{\text{эл}} = N_{\gamma} \cdot K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{загр}} \cdot D_i \cdot n \cdot q \cdot C_{\text{эл}} \quad (5.7)$$

где N_{γ} - мощность оборудования;

$K_{\text{исп}}$ - коэффициент использования;

$K_{\text{загр}}$ - коэффициент загрузки;

D_i - время работы i -го оборудования (определяется из ленточного графика).

Полученные данные заносим в таблицу 5.6 и осуществляем расчет.

Таблица 5.6 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	N_{γ} , кВт	$K_{\text{загр}}$	$K_{\text{исп}}$	D , дни	n , эксп.	$C_{\text{эл}}$, руб	$C_{\text{эл}}$, руб
Персональный компьютер	0,08	0,9	1	27,2	9	2,92	51,47
Итого							51,47

5.4 Расчет амортизационных отчислений.

Затраты на амортизацию определяются только для оборудования используемого в данной НИиОКР по формуле 5.8.

$$\sum C_{ам} = \frac{C_{об} \cdot N_{ам} \cdot \sum t_{м}}{F_{обор} \cdot 100}, \text{ руб.} \quad (5.8)$$

где $F_{обор}$ - годовое эффективное время работы оборудования, определяемое по формуле 5.9:

$$F_{обор} = (365 - П - В) \cdot q \cdot n \cdot K_{загр} \quad (5.9)$$

$$F_{обор} = (365 - 4 - 30) \cdot 8 \cdot 1 = 2648$$

$N_{ам}$ - величина амортизационных отчислений;

$K_{загр}$ - коэффициент загрузки i -го используемого оборудования;

$t_{м}$ - общее время работы используемого оборудования, определяемое по формуле 5.10:

$$t_{м} = D_{обор.i} \cdot q \cdot n \cdot K_{исп}, \quad (5.10)$$

$$t_{м} = 27,2 \cdot 8 \cdot 0,9 = 195,84 \text{ час,}$$

где $D_{обор.i}$ - время работы i -го оборудования;

n - количество экспериментов;

$K_{исп}$ - коэффициент использования оборудования.

Расчёт затрат на амортизацию сведен в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 - Затрат на амортизацию.

Наименование оборудования	$C_{об}^*$, руб.	$K_{загр}$	$K_{исп}$	$N_{ам}$	$\sum t_{м}$,	$F_{обор}$,	$C_{ам}$, руб.
---------------------------	-------------------	------------	-----------	----------	----------------	--------------	-----------------

					час.	час.	
1.	Компьютер	26000	1	0,9	20	195,84	352,11
Итого:							362,11

* $C_{об}$ - первоначальная стоимость оборудования.

Расчет накладных расходов определяется по формуле 5.11:

$$C_{накл.} = \frac{Z_{исп.} \cdot K_{накл}}{100} = 32089 \cdot 35/100 = 11231,15 \quad (5.11)$$

где $K_{накл} = 35$ - коэффициент накладных расходов, %;

$Z_{исп.}$ - заработная плата исполнителей.

Произведем расчёт затрат на основные материалы с учетом транспортно-заготовительных расходов по формуле 5.12:

$$M = C_{Mi} \cdot V_{Mi} (1 + K_{тзр}/100), \text{ руб.}, \quad (5.12)$$

где C_{Mi} - оптовая цена материала, руб.;

V_{Mi} - норма расхода материала, кг, м;

$K_{тзр}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %;

Результаты расчета заносим в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 - Расчёт затрат на основные материалы

Наименование материала	Марка размер	Ед. изм.	Норма расхода V_M	Отпускная цена C_M	Общая сумма S_M
Нейлоновый мешок		шт	2	840	1680
Итого					1680

Расчет статьи затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты» осуществляется по формуле 5.13

$$P_{и} = C_{i} \cdot B_{пi}(1 + K_{тзр}/100), \quad (5.13)$$

где C_i - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб;

$B_{пi}$ - количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт.

Расчетные данные заносим в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Затраты на покупку материалов и деталей

Наименование	Кол-во B_{Ki}	Цена C_{Ki}	Сумма S_{Ki}
1. Газогенератор	2	1250	2500
2. Корпус модуля	2	600	1200
3. SRS провод	2	450	900
3. Кронштейн	2	300	600
Итого			5200

На основании выше полученных данных составляем смету затрат, она отражена в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Смета затрат

№	Статьи	Обозначение	Сумма, руб.
	1. Текущие затраты, $K_{тек}$		
1	Материальные затраты, в т. ч.:		
	- сырье и материалы	М	1680
	- покупные изделия	$P_{и}$	5200
	- энергоносителей	Сэл	51,47
	и т. д.		
2.	Амортизационные отчисления	Сам	362,11
3.	Накладные расходы	Снакл	11231,15
4.	Отчисления на страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС	Ссв	9626,7
5.	Фонд оплаты труда исполнителей	Зисп	32089
	Предпроизводственные затраты,	$C_{предпр.}$	60240,43

	Всего:		
--	---------------	--	--

5.5 Экономическая эффективность НИОКР

Актуальный чистый доход определяется по формуле 5.14:

$$\text{ЧД} = C_{\text{дор.исп}} - C_{\text{предпр}} = 175000 - 85240,43 = 89759,57 \text{ руб.}, \quad (5.14)$$

где $C_{\text{дор.исп}} = 150000$ – затраты на дорожные испытания;

$J_0 = C_{\text{предпр}} +$ стоимость комплекта подушек безопасности (руб.)

$$J_0 = 25000 + 60240,43 = 85240,43$$

Индекс доходности находим по формуле 5.15:

$$JD = \text{ЧД}/J_0 \quad (5.15)$$

$$JD = 89759,57/85240,43 = 1,05$$

Период окупаемости проекта рассчитывается по формуле 5.16:

$$T_{\text{окуп}} = J_0/\text{ЧД}$$

$$T_{\text{окуп}} = 85240,43/89759,57 = 0,95$$

Коммерческая эффективность отображена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Коммерческая эффективность

№	Статьи	Обозначение	Сумма, руб.
1	Актуальный чистый доход	ЧД	64759,57
2	Капиталообразующие инвестиции	J_o	85240,43
3	Индекс доходности	JD	1,05
4	Срок окупаемости проекта	$T_{окуп}$	0,95

5.6 Классификация вычисленных экономических данных

При расчете коммерческой эффективности дорожные испытания ТС оказались дороже, чем на виртуальной модели.

$$C_{\text{дор.исп}} < C_{\text{предпр}}$$

Актуальный чистый доход составляет 89759,57 руб, отсюда следует, что данная разработка эффективна, а также вопрос о его принятии становится актуальным.

Высокая инвестиционная эффективность или индекс доходности $JD = 1,05$. Это говорит о том, что данная разработка продуктивна. $JD > 1$ свидетельствует о том, что на каждое вложение в проект есть своя отдача.

Быстрый период окупаемости $T_{окуп} = 0,95$ говорит о незначительных рисках разработанного проекта.

Отсюда следует, что данная разработка исследования характеристики ТС в лабораторных условиях характеризуется как экономически выгодная и может быть использована на производстве.

Безопасность и экологичность цеха сборки боковых подушек безопасности Lada Vesta

6.1 Вредные и опасные для жизни и здоровья производственные факторы, возможные во время выполнения сборки боковых подушек безопасности Lada Vesta

Вредные производственные факторы:

1. Физические факторы:

- температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение;
- неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения — электростатическое поле; постоянное магнитное поле (в т.ч. гипогеомагнитное);
- электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц);
- широкополосные ЭМП, создаваемые ПЭВМ;
- электромагнитные излучения радиочастотного диапазона;
- широкополосные электромагнитные импульсы;
- электромагнитные излучения оптического диапазона (в т.ч. лазерное и ультрафиолетовое);
- ионизирующие излучения; производственный шум, ультразвук, инфразвук; вибрация (локальная, общая);
- аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия;
- освещение — естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, пульсация освещенности, избыточная яркость, высокая неравномерность распределения яркости, прямая и отраженная слепящая блёскость);
- электрически заряженные частицы воздуха.

2. Химические факторы:

- химические вещества, смеси, в т.ч. некоторые вещества
- биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), получаемые химическим синтезом и/или для контроля которых используют методы химического анализа;
- микроорганизмы — продуценты, живые клетки и споры,
- содержащиеся в бактериальных препаратах, патогенные микроорганизмы — возбудители инфекционных заболеваний.

6.2 Влияние, оказываемое производственными моментами на организм рабочих

Травмы механического характера, например, вывихи, растяжения, ушибы, переломы, а также поражение кожных покровов ведет к нетрудоспособности рабочих. В зависимости от степени полученных увечий они могут стать причиной инвалидности или даже летального исхода. Царапины или легкие порезы, например, без своевременно оказанной помощи могут вызвать заражение.

Высокий уровень шума так же влечет за собой отрицательные последствия. В случае, когда уровень шума пересекает отметку 70 дБ, человек может ощущать головную боль, заторможенность реакции рассеянность и ухудшение слуха. Чтобы сохранить органы слуха здоровыми, необходимо надевать беруши или наушники.

Слабое освещение рабочего места способствует повышению утомляемости, ухудшению зрения и качества выполненной работы.

Влияние на человеческий организм электрического тока оказывает электролитическое, биологическое и термическое воздействие.

Последние могут проявляться в виде ожогов отдельных участков тела, нагревания нервов, кровеносных сосудов и крови.

6.3 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

6.3.1. Организационные мероприятия

Для обеспечения охраны труда необходимо проводить инструктаж по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и по другим правилам охраны труда рабочих и служащих,.

В целях достижения наилучшей работоспособности и сохранения здоровья рабочих на протяжении рабочей смены должны быть установлены регламентированные перерывы.

Общая продолжительность перерывов устанавливается в зависимости от категории трудовой деятельности и степени нагрузки за рабочую смену во время работы.

6.3.2. Планировочные мероприятия

Данные мероприятия служат для обеспечения свободного доступа к рабочему месту, быстрой эвакуации в случае опасности, также ограждения рабочих от негативных факторов.

6.3.3. Технические мероприятия

Рабочие места должны оборудоваться хорошим освещением и вентиляционной системой. Так же в сборочном цеху должна поддерживаться температура, комфортная для рабочих: в зимний период от 19 до 24 °С, в летний же 20-25 °С. Рабочие должны быть ознакомлены с планом экстренной эвакуации, знать расположение средств для тушения пожара и эвакуационных выходов.

6.3.4 Разработка и подбор средств персональной защиты

Рабочие должны быть снабжены специальной одеждой, в том числе защищающей обувью, перчатками, наушниками или берушами, средствами для защиты дыхательных путей и органов зрения (при необходимости).

6.4 Обеспечение электробезопасности на участке сборки боковых подушек безопасности Lada Vesta.

Источники травмирования электричеством:

1. Неаккуратное обращение с инструментами, которые находятся под напряжением и предметами, проводящими ток;

2. Появление высокого напряжения на электропроводных частях конструкции:

- нарушение изоляции электропроводных деталей конструкции;
- замыкание сети;
- контакт кабеля под напряжением с металлическими деталями разработки.

3. Появление напряжения на отключенных электропроводных деталях как следствие:

- неаккуратного включения установки, выключенной из сети;
- замыкания между функционирующими под напряжением и выключенными электропроводными деталями.

4. Появление электрического тока в области земли, где находится человек, и как следствие:

- замыкание сети на землю;
- повреждения защитного заземления.

В целях обеспечения безопасности во время работы с электроинструментом и станком требуется использовать электробезопасные средства. Такие как:

- изолирующие штанги;
- указатели напряжения;
- бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения;
- изолированный инструмент;
- диэлектрические перчатки, боты, ковры, изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты, ширмы, изолирующие накладки, колпаки);
- переносные заземления;
- плакаты и знаки безопасности;
- другие средства защиты, которые изолируют устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением в электроустановках.

6.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке, рабочем месте.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо выполнять следующие требования:

- придерживаться правил пожарной безопасности;
- ведение журнала учета проведенных инструктажей;
- обеспечение помещения противопожарными приспособлениями, сигнализацией, объектами пожаротушения (огнетушители, песок и пожарные рукава);
- указать персоналу местонахождение эвакуационных выходов, рубильников подачи тревожного сигнала и кнопок включения сигнализации;

- установка в помещении знаков пожарной безопасности, табличек с номерами экстренных служб и телефонных аппаратов для их вызова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта изучена конструкция таких элементов пассивной безопасности как боковые подушки безопасности. Рассмотрены преимущества и недостатки различных материалов и способов срабатывания для выбора оптимального варианта для применения в автомобиле LADA Vesta. Рассмотрена применяемая технология и альтернативы, применяемые у других производителей.

В результате работы разработан вариант конструкции боковой подушки безопасности, обеспечивающий максимальное ограничение человека от конструктивных элементов автомобиля во время аварии. Произведен тяговый расчет рассматриваемого транспортного средства, описана разработанная конструкция боковой подушки и произведен выбор оптимального материала для ее изготовления. Произведен анализ технологического процесса производства боковых подушек безопасности и описаны требования, предъявляемые к нему для изготовления подушки с заданными параметрами. В заключении произведено технико-экономическое обоснование проекта и приведены необходимые критерии обеспечения безопасности и экологичности процесса сборки рассматриваемого узла.

Таким образом выполнена поставленная цель проекта – повышение безопасности транспортного средства при эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подушка безопасности: друг и враг [Электронный ресурс] URL: <https://www.kolesa.ru/article/podushka-bezopasnosti-2014-04-22> (дата обращения 05.04.20);
2. LADA Vesta седан – Обзор – Официальный сайт [Электронный ресурс] URL: <https://www.lada.ru/cars/vesta/sedan/about.html> (дата обращения 05.04.20);
3. Какие Lada Vesta покупают россияне - подробная статистика [Электронный ресурс] URL: <https://www.kolesa.ru/news/ladnyj-bestseller-kakie-lada-vesta-pokupayut-rossiyane-podrobnaya-statistika> (дата обращения 08.04.20);
4. Принцип работы подушек безопасности [Электронный ресурс] URL: https://fastmb.ru/auto_shem/1566-podushki-bezopasnosti-avtomobilya.html (дата обращения 10.04.20);
5. Боковые подушки безопасности Лада Веста [Электронный ресурс] URL: <https://лада.онлайн/reviews-tests/lada-vesta-reviews-tests/1375-bokovye-podushki-bezopasnosti-lada-vesta-foto-i-opisanie.html> (дата обращения 10.04.20);
6. Анализ тенденций развития систем пассивной безопасности в мировой автомобильной индустрии [Электронный ресурс] URL: http://science-bsea.bgita.ru/2016/mashin_2016_23/razgovorov_analiz.htm (дата обращения 15.04.20);
7. Функции и особенности датчиков подушки безопасности [Электронный ресурс] URL: <https://autodont.ru/safety/funkcii-i-osobennosti-datchikov-podushki-bezopasnosti> (дата обращения 17.04.20);
8. SRS и блок управления подушками безопасности [Электронный ресурс] URL: <https://autodont.ru/passive-safety/blok-upravleniya-podushkami-bezopasnosti-srs> (дата обращения 18.04.20);

9. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие / Л.А. Черепанов. –Тольятти: ТГУ, 2016 – 38 с;
10. Тканый или трикотажный материал надувной подушки безопасности с покрытием [Электронный ресурс] URL: <https://findpatent.ru/patent/241/2418900.html> (дата обращения 24.04.20);
11. Капрова, В.Г. «Технико – экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений». Уч. – методическое пособие / В.Г. Капрова. – Тольятти: ТГУ, 2017 – 50 с.;
12. Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. – СПб.: Лань, 2016 – 304 с.
13. Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин и др.; под общ. ред. В.М. Шарипова. - М.: Издательский центр «Академия», 2015;
14. Гудцов, В. Н. Современный легковой автомобиль. Экология. Экономичность. Электроника. Эргономика / В.Н. Гудцов. - М.: КноРус, 2017. - 448 с;
15. Афанасьев, Л.Л. Конструктивная безопасность автомобиля / Л.Л. Афанасьев. - М.: Книга по Требованию, 2017. - 213 с;
16. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Рябчинский, Б.В. Кисуленко, Т.Э. Морозова. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. – 432 с;
17. Kavi Bhalla. Effects of vehicle safety design on road traffic deaths, injuries, and public health burden in the Latin American region: a modelling study

/ Kavi Bhalla, Kevin Gleason // Lancet Glob Health – 2020. – Vol. 8(6), PP 819–828.;

18. McCartt AT, Kyrychenko SY. Efficacy of side airbags in reducing driver deaths in driver-side car and SUV collisions. *Traffic Inj Prev* 2007; 8: 162–70.;

19. International Research Council on the Biomechanics of Injury. Saving lives with safer cars: the past, present and future of consumer safety ratings. 2016. <http://www.ircobi.org/wordpress/downloads/irc16/pdf-files/01.pdf> (accessed April 29, 2020).;

20. Cicchino JB. Effects of lane departure warning on police-reported crash rates. *J Safety Res* 2018; 66: 61–70.