

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему «Переднеприводный легковой автомобиль 2кл. Модернизация
передней подвески»

Студент

Грехов М.С.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Лата В.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Фесина М.И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Лата В.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Капрова В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Егоров А.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Яценко Н.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заместитель ректора-
директор института ма-
шиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 17 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте на тему «Переднеприводный легковой автомобиль 2 кл. Модернизация передней подвески» были рассмотрены современные конструкции передней подвески, требования, которые предъявляются к данному узлу, классификация конструкций подвесок и тенденции развития. По результатам анализа был выбран и обоснован вариант модернизации передней подвески. Произведен тягово-динамический расчет переднеприводного легкового автомобиля второго класса, по результатам которого был составлен ряд графиков. Был произведен расчет передней подвески легкового автомобиля включающий в себя расчет жесткостей пружин и стабилизаторов, а также расчет характеристик демпфирования подвесок и амортизаторов. Составлен технологический процесс сборки рычагов передней подвески, представленный в виде таблицы. Произведен анализ безопасности и экологичности данного проекта. Произведено организационно-экономическое обоснование эффективности данной модернизации.

Дипломный проект содержит пояснительную записку объемом 92 страниц, а также приложения в виде графической части, включающей в себя: графики тягово-динамического расчета, технологический процесс сборки узла, графики экономической эффективности проекта, общий вид автомобиля, сборочные чертежи, спецификации к ним и детализовку.

ABSTRACT

The title of the diploma paper is "Front Drive Car of the Second Class. Modernization of the Front Suspension". The diploma paper describes in detail modern design of the front suspension, the technical requirements of the suspension, the classification of the suspension structures and development trends. Based on the results of the analysis, the option of upgrading the front suspension was selected and justified. Traction-dynamic calculation of the front-wheel drive car of the second class was made, according to the results of which a number of graphs were compiled. A calculation of the front suspension of a car including the calculation of the spring and stabilizer stiffnesses, as well as the calculation of damping characteristics of suspensions and shock absorbers were made. The technological process of assembling the levers of the front suspension is presented in the form of a table. The safety and ecological compatibility of this project are analyzed. The organizational and economic feasibility of this modernization is made.

The diploma paper consists of an explanatory note on 92 pages, and the graphic part, including: graphs of the traction-dynamic calculation, the technological process of assembling the unit, the graphs of the economic efficiency of the project, the general view of the car, assembly drawings, specifications and detailing.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Состояние вопроса	8
1.1 Назначение подвески	8
1.2 Требования, предъявляемые к подвеске	9
1.3 Классификация конструкций подвески	10
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции подвески	21
1.5 Выбор и обоснование выбранной конструкции	25
2. Защита интеллектуальной собственности	26
3. Инженерные вычисления	26
3.1 Вычисление тягово-динамических характеристик автомобиля	26
3.1.1 Исходные данные	26
3.1.2 Расчет полной массы исследуемого автомобиля	27
3.1.3 Вычисление статического радиуса колеса	27
3.1.4 Расчет коэффициента обтекаемости исследуемого автомобиля	27
3.1.5 Вычисление лобовой площади исследуемого автомобиля	28
3.1.6 Нахождение коэффициента сопротивления качению	28
3.1.7 Расчет внешней скоростной характеристики	28
3.1.8 Расчет передаточного числа главной передачи	30
3.1.9 Расчет передаточных отношений в коробке передач	30
3.1.10 Расчет тяговой силы и сил сопротивления воздуху	32
3.1.11 Определение динамического фактора автомобиля	34
3.1.12 Расчет ускорений автомобиля на передачах	35

3.1.13 Расчет мощностных характеристик автомобиля	37
3.1.14 Определение топливно-экономической характеристики	38
3.2 Расчет передней подвески	40
3.2.1 Исходные данные	40
3.2.2 Расчеты значений весов, частот, ходов подвески	40
3.2.3 Расчет жесткости пружин, жесткости подвески при одноименном ходе	42
3.2.4 Расчет жесткости стабилизаторов, жесткости подвески при разноименном ходе	42
3.2.5 Расчет требуемых характеристик демпфирования подвески и амортизаторов	45
4. Технологическая часть	49
4.1 Выбор и обоснование типа сборки передней подвески	49
5. Безопасность и экологичность технического объекта	52
5.1 Анализ конструктивной и утилизационной безопасности проектируемой передней подвески	52
5.2 Описание производственного участка	52
5.3 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая харак- теристика рассматриваемого технического объекта	54
5.4 Определение профессиональных рисков на производстве	56
5.5 Пожарная безопасность на участке производства	59
5.6 Экологическая безопасность проекта	63
6. Экономическая эффективность объекта	65

6.1	Определение расчетной цены проектируемого изделия	65
6.2	Определение критического объема производства	73
6.3	Графический метод критического объема производства	75
6.4	Оценка экономической эффективности проекта	75
6.5	Определение общественного эффекта проекта	79
6.6	Дисконтирование денежного потока	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		90
ПРИЛОЖЕНИЯ		93

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире автомобиль перестал быть предметом роскоши, однако с каждым годом требования к нему становятся все жестче. При проектировании автомобиля особое внимание уделяется подвеске. Подвеска – это совокупность устройств, которые обеспечивают связь между кузовом автомобиля и дорогой. К подвеске предъявляется ряд требований, среди которых управляемость автомобиля на дороге, способность автомобиля сохранять устойчивость в сложных дорожных ситуациях, что достигается изменением жесткости подвески. Однако высокая жесткость сказывается на комфорте при езде для водителя и пассажиров. Следовательно, при проектировании подвески перед конструкторами встает вопрос, как сделать подвеску достаточно мягкой, чтобы водителю и пассажирам было комфортно при езде, вместе с тем сделать подвеску достаточно жесткой, чтобы достичь требуемой устойчивости и управляемости автомобиля. Помимо данных характеристик, подвеска должна быть максимально компактной и легкой, а также, следуя мировой тенденции – максимально дешевой. Стремление конструкторов найти «золотую середину» породило массу различных конструкций подвесок, которые будут рассмотрены ниже.

В данном дипломном проекте рассматривается модернизация передней подвески автомобиля Lada X-Ray, путем замены А-образных рычагов на L-образные с целью повышения управляемости и устойчивости автомобиля. Данная модернизация также позволит применять колеса большего диаметра.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение подвески

Подвеска автомобиля, или система поддрессоривания — это детали и узлы автомобиля, осуществляющие связь между кузовом автомобиля и дорогой.

Функции подвески:

- Соединяет мосты и колеса с кузовом или рамой, т.е. с несущей системой;
- При взаимодействии колес с дорогой передает силы и моменты на раму или кузов автомобиля;
- Определяет необходимые перемещения колёс относительно несущей системы, а также требуемую плавность хода.

К основным элементам подвески относят:

- Упругие элементы, передающие нормальные реакционные силы дороги, при попадании колеса на неровности;
- Направляющие элементы, которые передают силы и их моменты на несущую систему, а также задают характер перемещения колес.
- Демпфирующие элементы, которые гасят колебания, возникающие от воздействия дороги на несущую систему.

В подвесках один элемент может выполнять сразу несколько функций. Например, воспринимать одновременно как нормальную реакцию дороги, так и боковые и продольные силы, являясь тем самым одновременно упругим и демпфирующим элементом. [20]

Но в современных подвесках автомобилей, каждую из этих функций выполняют отдельные элементы, которые весьма жёстко задают характер перемещения колёс, тем самым обеспечивая необходимую управляемость и устойчивость автомобиля.

Современные подвески (Рисунок 1.1) представляют из себя сложные конструкции, сочетая механические, гидравлические, пневматические и другие элементы, нередко включают в себя электронные системы управления.[25]

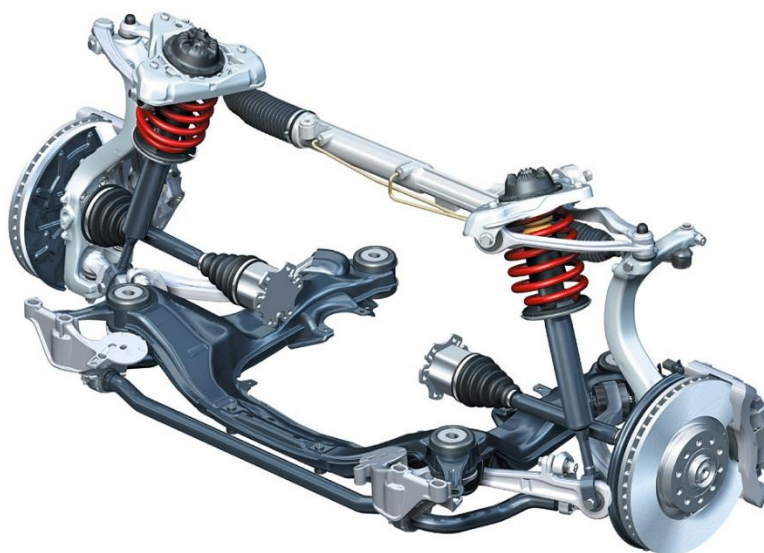


Рисунок 1.1 - Передняя подвеска автомобиля

1.2 Требования, предъявляемые к подвеске

Ко всем типам подвески предъявляются следующие требования:

- Должна обеспечиваться высокая плавность хода за счет упругой характеристики подвески. Не должно быть ударов в ограничители хода. Упругая характеристика должна противодействовать кренам в поворотах, а также клевкам и приседаниям при торможении и разгоне.
- Кинематическая схема должна предусматривать минимальное изменение колеи и углов установки колес. Также, кинематика перемещения колес должна соответствовать кинематике рулевого привода, не давать колесам колебаться вокруг шкворней.
- Оптимальная величина затухания колебаний кузова и колес.

- Поперечные и продольные силы и моменты от колес должны передаваться на кузов или раму достаточно надежно.
- Подвеска должна иметь минимальную массу, в особенности, массу не-поддрессоренных частей.
- Подвеска должна быть достаточно прочной и долговечной. Данное требование особенно относится к упругим элементам.

1.3 Классификация конструкций подвески

В целом, все подвески делятся на два больших типа, имеющих принципиально различный характер работы — зависимые и независимые. Ни один из этих типов не имеет однозначного преимущества над другим.

Особенностью зависимой подвески (рисунок 1.2) является наличие жесткой балки, поэтому перемещение одного колеса передается другому. Наиболее совершенные варианты зависимых подвесок по кинематическим параметрам уступают независимым лишь на неровной дороге. Преимуществом зависимых подвесок является то, что установочные параметры колес не меняются при поворотах, и на ровной дороге автомобиль с такой подвеской покажет себя лучше, так как колеса останутся в том же положении независимо от боковых сил и крена кузова. [5]



Рисунок 1.2 - Зависимая подвеска автомобиля

Основными недостатками зависимых подвесок являются: необходимость повышения уровня пола над осью для обеспечения свободного перемещения балки при рабочих ходах подвески, кинематический увод оси, уменьшение свободного пространства салона или багажного отделения.[3] Если зависимая подвеска передняя, то появляется необходимость в более высоком расположении двигателя, следовательно центр тяжести автомобиля становится выше, что очень негативно сказывается на устойчивости и управляемости автомобиля. Еще одним существенным недостатком зависимой подвески является наличие довольно больших неподрессоренных масс. Это весьма негативно сказывается на комфорте при езде. Причем данный недостаток сильнее проявляется на небольших и легких автомобилях. Также, при проезде поперечных неровностей, существует склонность к уводу на автомобилях с зависимой подвеской ведущих колес с главной передачей.

Существуют следующие разновидности зависимых подвесок:

На поперечной рессоре (рисунок 1.3) - очень старый тип подвески. Конструкция данной подвески довольно простая и при этом дешевая. Поперечная рессора выполняет функции упругого и направляющего элемента. Данная подвеска применялась еще на первых автомобилях, однако с ростом скорости движения стала не актуальной, и вышла из употребления.[18]

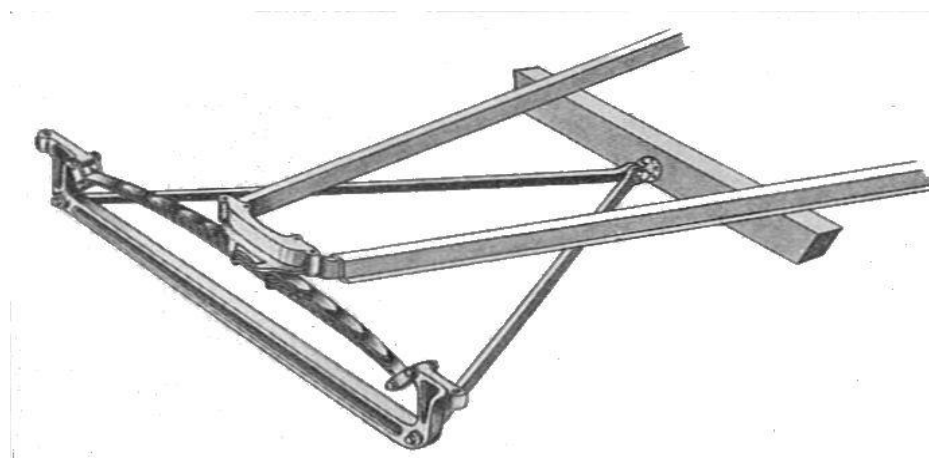


Рисунок 1.3 - Подвеска на поперечной рессоре

На продольных рессорах (рисунок 1.4) - еще один из древнейших вариантов подвески. Конструкция представляет из себя две продольных рессоры, на которых подвешена балка моста. Существует масса вариантов данной подвески. Например, мост может быть расположен под рессорой (чаще на грузовых автомобилях и автобусах), а может и над рессорой (на легковых автомобилях).[17] Мост крепится к рессоре через стремянки, примерно в середине рессоры. Иногда стремянку смещают немного вперед. Передняя часть рессоры играет, по сути, роль рычага подвески, воспринимая, помимо нормальных, продольные и боковые силы.

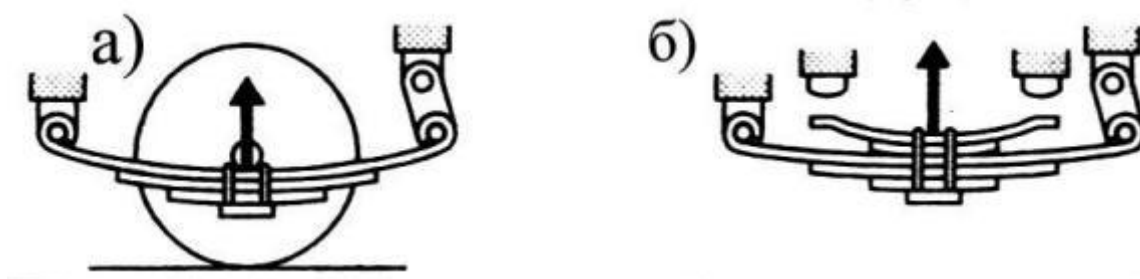


Рисунок 1.4 - Подвеска на продольных рессорах

С направляющими рычагами (рисунок 1.5) - упругими элементами в такой подвеске могут быть как витые пружины, так и пневмобаллоны. Такой тип подвески имеет большое количество различных вариантов исполнения, отличающихся количеством и расположением рычагов. В случае использования пневмобаллонов необходимо учитывать, что пневмобаллоны не способны воспринимать поперечные и продольные нагрузки, поэтому необходимо особое внимание уделить направляющим элементам.[23]

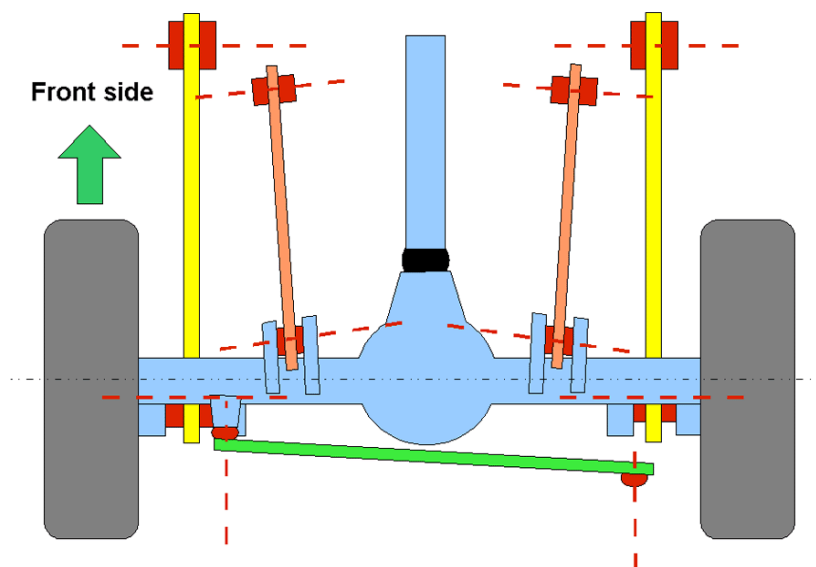


Рисунок 1.5 - Подвеска с направляющими рычагами

«Де-Дион» - тип "Де Дион" (рисунок 1.6) был изобретен Шарлем-Арманом Трепарду, а назван в честь фирмы, запатентовавшей его. Особенностью конструкции данной подвески является разделение неразрезной балки и редуктора главной передачи. Редуктор крепится к раме или кузову, и передает крутящий момент на колеса через полуоси с шарнирами. Колеса соединены сравнительно легкой неразрезной балкой, которая является подрессоренной. Для улучшения управляемости колесам можно задать необходимые углы развала и схождения.

Направляющими элементами могут быть как рычаги, так и рессоры. Неплохо зарекомендовал себя вариант с четырьмя продольными рычагами и тягой Панара.[19] При такой конструкции неподдрессоренные массы сводятся к минимуму. А для улучшения этого эффекта можно перенести тормозные механизмы к дифференциалу, тогда неподдрессоренной останется только легкая балка, на которой закреплены ступицы с колесами.



Рисунок 1.6 - Подвеска типа «Де-Дион»

Торсионно-рычажная (рисунок 1.7) - такой вид подвески был очень распространен в 1970-х - 1990-х годах прошлого века. Конструкция данной подвески представляет из себя два продольных рычага, которые соединены между собой поперечиной, работающей на скручивание. Рычаги вместе с поперечиной образуют довольно упругую Н-образную балку.

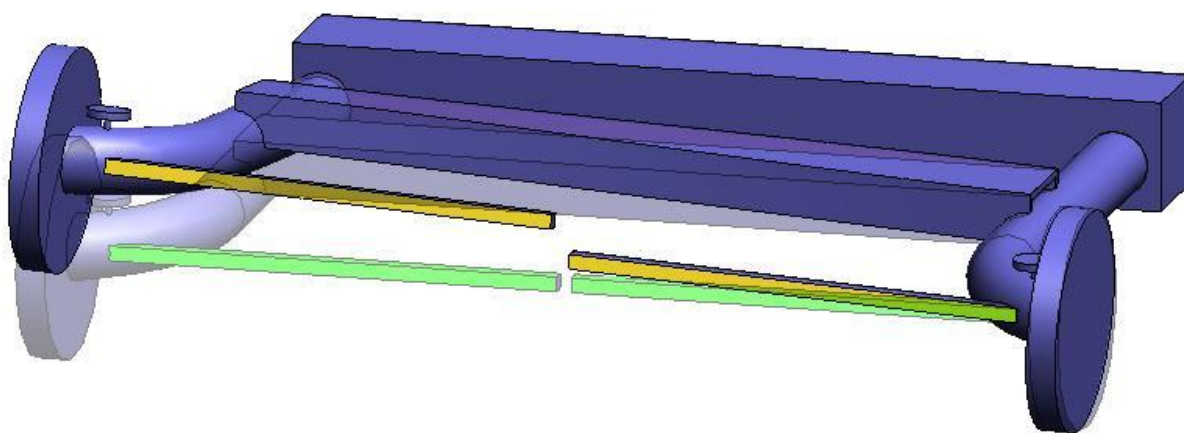


Рисунок 1.7 - Торсионно-рычажная подвеска

Конструкция независимой подвески (рисунок 1.8) подразумевает, что колеса одной оси не имеют жесткой связи между собой, из чего следует что перемещение одного колеса никак не влияет на другое. При этом когда происходит отбой или сжатие подвески, могут меняться колея, развал колес и

колесная база. Существует большое количество кинематических схем независимых подвесок, их кинематические схемы весьма разнообразны. О наиболее распространенных будет описано ниже.



Рисунок 1.8 - Независимая подвеска

В настоящее время наибольшее распространение получили подвески типа "Макферсон" и подвески на двойных поперечных рычагах. Популярность их заключается в низкой стоимости, хорошей технологичности и неплохими параметрами кинематики.[4]

Существуют следующие типы независимых подвесок:

С качающимися полуосями (рисунок 1.9) - состоит из двух полуосей, которые крепятся к шасси через шарниры. Такие шарниры придают полуосям подвижность в вертикальной плоскости шарнира, а колесо при этом всегда остается перпендикулярным полуоси. Тем самым достигается независимое подрессоривание колес. Основным недостатком такой подвески является изменение колеи и развала.[15] Изменение данных параметров напрямую зависит от длины полуосей: чем короче полуоси, тем больше изменение. Также, при возникновении боковых сил на колесах, возникает еще одна сила,

вертикальная. Она стремится "подбросить" кузов автомобиля. Это существенно ухудшает устойчивость такого автомобиля.

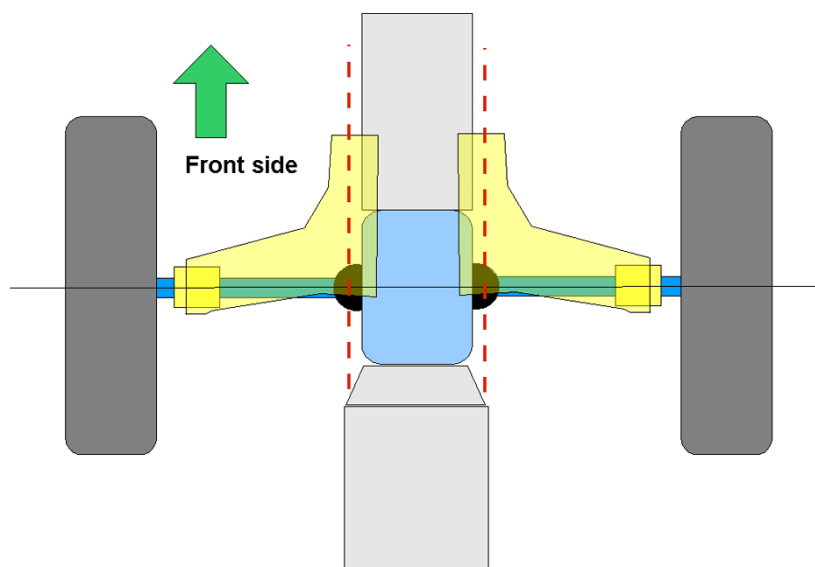


Рисунок 1.9 - Подвеска с качающимися полуосями

На продольных рычагах (рисунок 1.10) - направляющим элементом в данной подвеске являются продольные рычаги, к которым прикреплены колеса. Рычаги подвижно закреплены на раме или кузове. Такая конструкция проста, но имеет ряд недостатков. При работе такой подвески довольно сильно меняется база автомобиля, а в поворотах база слева и справа будут отличаться друг от друга, однако колея не претерпит изменений. Также при повороте происходит наклон самих колес в сторону, противоположную направлению поворота, тем самым ухудшается сцепление колес с дорогой.[13] Данные недостатки характеризуют такую подвеску как неспособную передавать большие боковые силы, что негативно влияет на управляемость и устойчивость.

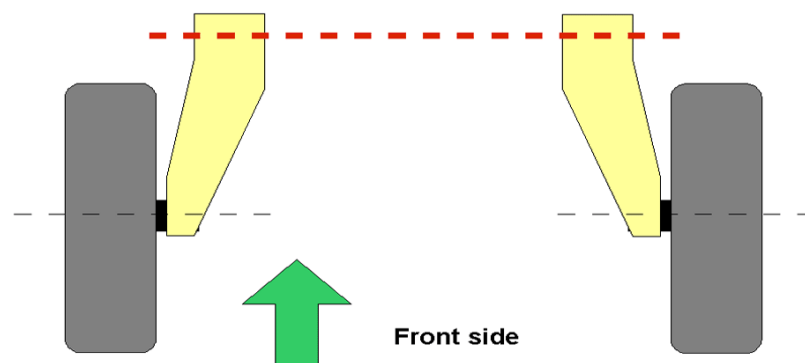


Рисунок 1.10 - Подвеска на продольных рычагах

На двойных продольных рычагах (рисунок 1.11) - направляющими элементами служат два продольных рычага с каждой стороны. Между собой рычаги при помощи шарниров объединены в параллелограмм. Такая подвеска нашла применение в заднемоторных малоскоростных автомобилях, применяясь как передняя подвеска. Основным преимуществом такой подвески является компактность, а поперечина расположена далеко впереди оси колес.[12] Такое решение позволило вынести салон вперед, в результате его ноги водителя находились между арками передних колес, что снижало габаритную длину.

Данная подвеска применялась на автомобилях Фольксваген Жук и на ранних спортивных версиях Porsche. Кинематика имеет такие недостатки как изменение колесной базы при отбое и сжатии, изменяется и развал колес при кренах кузова.[24] На рычаги приходятся довольно большие изгибающие и крутильные нагрузки, которые возникают от боковых и вертикальных сил. Из-за этого рычаги приходилось делать достаточно массивными.



Рисунок 1.11 - Подвеска на двойных продольных рычагах

На косых рычагах (рисунок 1.12) - подвеска на косых рычагах является разновидностью подвески на продольных рычагах, которая должна была решить основные проблемы данного типа подвесок. Применялась в основном на задней оси автомобилей.[11] Оси рычагов такой подвески расположены под углом к продольной оси автомобиля. Это позволило снизить изменение колесной базы, а также уменьшить влияние кренов кузова на наклон колес. Однако при это появилось изменение колеи.

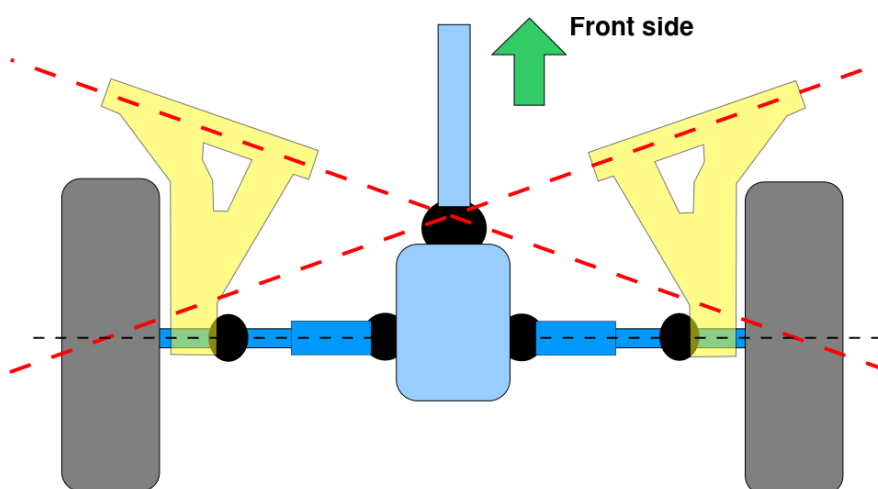


Рисунок 1.12 - Подвеска на косых рычагах

На двойных поперечных рычагах (рисунок 1.13) - Конструкция состоит из двух поперечных рычагов с каждой стороны. Внутренние концы рычагов закреплены на раме или кузове при помощи шарниров. Внешние концы связаны со стойкой, несущей колесо. Конструкция образует собой параллелограмм.[8]

Конструктивно сложилось, что нижние рычаги длиннее верхних примерно в 1.5 раза. Такое решение почти полностью исключает изменение колеи, а при грамотной настройке позволяет задать, с точки зрения кинематики, более выгодное изменение развала колес.[7] Так, при повороте, внешнее колесо, которое является наиболее нагруженным, остается перпендикулярным к дороге. Это позволяет эффективно передать боковые нагрузки. Для этого на сжатии значения развала должны меняться в сторону отрицательных значений.

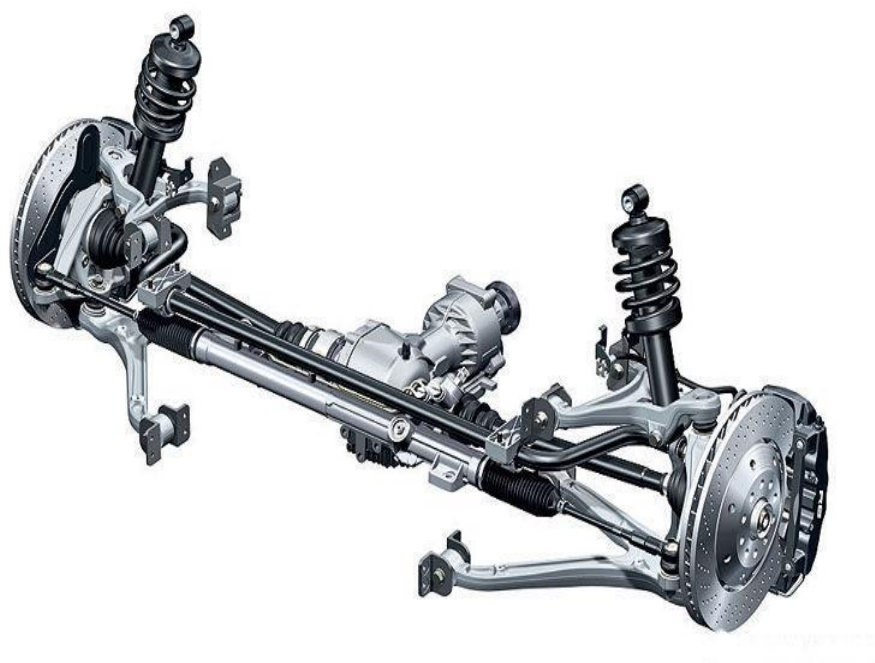


Рисунок 1.13 - Подвеска на двойных поперечных рычагах

20

Многорычажная подвеска (рисунок 1.15) - применяется на современных заднеприводных автомобилях, чаще как задняя подвеска. Такую подвеску можно также охарактеризовать как разновидность подвески на двойных поперечных рычагах.[21] Однако такая подвеска является более сложной, в неё могут добавляться дополнительные рычаги для обеспечения лучших параметров подвески.

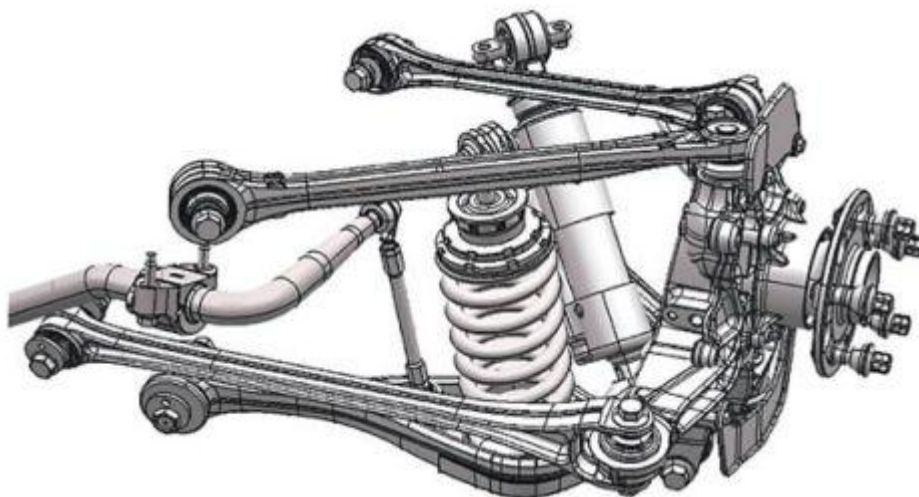


Рисунок 1.15 - Многорычажная подвеска

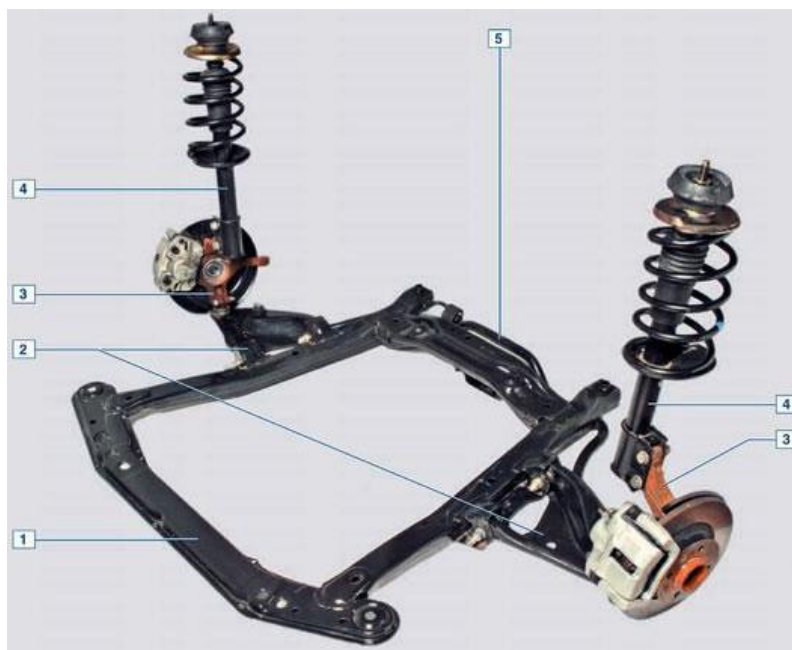
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции подвески

Рассматривая различные конструкции подвесок автомобилей, можно сделать вывод о наличии тенденции достичь большего комфорта при езде, сделать подвеску адаптивной под различные условия. Вместе с тем, производители стараются уменьшить себестоимость подвески. [6]

В настоящее время можно сказать, что новые виды подвесок – это модернизированные, дополненные варианты уже имеющихся вариантов конструкции подвесок. Внедряются новые рычаги, изменяется форма рычагов и пружин, изменяются стойки. Все эти изменения направлены главным образом на ликвидацию имеющихся недостатков различных кинематических схем подвесок.

Ниже рассмотрены некоторые современные варианты подвесок автомобилей. Каждый вариант имеет свои преимущества и недостатки по отношению к другим.

На автомобиле Renault Logan применяется передняя подвеска типа "Макферсон" (рисунок 1.16). Демпфирующим элементом являются телескопические стойки, а упругим - пружины. Данные элементы необходимы чтобы гасить колебания, приходящие на кузов от колес. Поворотные кулаки связаны соединяются со стойкой через кронштейн, а снизу крепятся к рычагам подвески через шаровую опору. Рычаги, в свою очередь, крепятся к подрамнику посредством резинометаллических шарниров. В середине стойки находится упорная чашка, в которую устанавливается пружина, надетая на стойку. Сверху пружина также упирается в опорную чашку.



1 — подрамник подвески; 2 — рычаг подвески с сайлент-блоками и шаровой опорой; 3 — поворотный кулак со ступицей и подшипником; 4 — амортизаторная стойка; 5 — штанга стабилизатора поперечной устойчивости.

Рисунок 1.16 - Подвеска Renault Logan

Автомобиль Citroen C5 имеет гидропневматическую подвеску. Современная конструкция такой подвески называется Hydractive. В настоящее время устанавливается уже третье поколение данной подвески. К основным преимуществам данной подвески можно отнести возможность регулировки высоты кузова относительно дороги, высокую плавность хода, адаптацию к стилю вождения водителя, хорошее гашение колебаний. Подвеска состоит из задних гидропневматических цилиндров, стоек передней подвески, системы управления и гидроэлектронного блока. Из гидроэлектронного блока, резервуара с рабочей жидкостью и регуляторов образуется гидравлическая система подвески. В эту же систему также включается контур гидроусилителя руля. Гидроэлектронный блок представляет из себя электродвигатель, электронный блок управления, аксиально-поршневой насос, клапаны регулирования высоты кузова, а также запорный и предохранительный клапаны. Электроклапаны вместе с электронным блоком управления образуют систему управления подвеской.

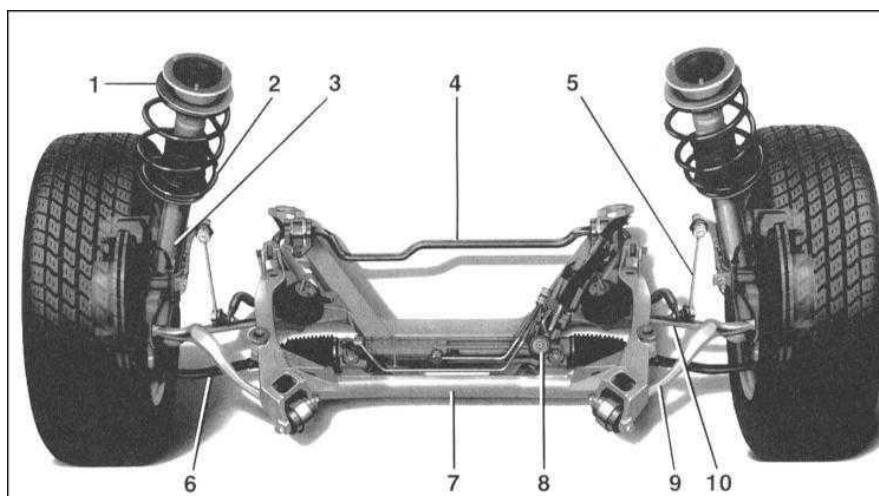


1 - гидроэлектронный блок; 2 - передняя стойка; 3 - передний регулятор жесткости; 4 - передний датчик положения кузова; 5 - задний гидропневматический цилиндр; 6 - задний регулятор жесткости; 7 - задний датчик положения кузова; 8 – Встроенный интерфейс; 9 - датчик рулевого колеса; 10 - резервуар рабочей жидкости; 11 - педаль газа и педаль тормоза.

Рисунок 1.17 - Подвеска Citroen C5

Обычно, подвески на автомобиля BMW многорычажные, и чем выше класс автомобиля, тем сложнее конструкция, и тем больше составляющих элементов. Для того, чтобы подвеска была легче, для изготовления рычагов нередко используют алюминий. В состав передней подвески BMW пятой серии входят: амортизаторные стойки, пружины, верхние опоры амортизатора, верхние и нижние рычаги, стабилизатор поперечной устойчивости, тяги стабилизатора, стальная балка, поперечные рычаги.

Все рычаги подвески BMW (рисунок 1.18) имеют с одной стороны запрессованный сайлентблок, с другой стороны шарнир. Многорычажная подвеска существенно повышает комфорт при вождении и управляемость автомобиля, однако и она имеет свои недостатки. Сайлентблоки и шарниры быстро выходят из строя на плохих дорогах, а стоимость деталей и ремонт обойдется в хорошую сумму.[22]



1 - амортизационная стойка; 2 - винтовая пружина; 3 - газонаполненный амортизатор; 4 - стабилизатор поперечной устойчивости; 5 - штанга стабилизатора; 6 - рулевая тяга; 7 - балка передней подвески; 8 - рулевой механизм; 9 - тяга; 10 - рычаг поперечной подвески;

Рисунок 1.18 - Передняя подвеска BMW

1.5 Выбор и обоснование выбранной конструкции

На автомобилях Lada X-RAY применяется передняя подвеска типа «Макферсон», которая является наиболее распространенной конструкцией. Автомобиль имеет подрамник, к которому крепятся рычаги А-образной формы. Такие рычаги широко применяются на автомобилях марки Renault. Предлагается заменить данные рычаги, рычагами L-образной формы. Такие рычаги начали применяться на автомобилях Lada – Vesta, и по оценкам экспертов и потребителей такая подвеска очень хорошо себя зарекомендовала. Данная конструкция должна увеличить жесткость подвески, улучшая при этом управляемость и устойчивость. Также данная конструкция позволяет применять колеса большего диаметра, посредством опускания нижней точки крепления поворотного кулака.

2 Защита интеллектуальной собственности

Защита интеллектуальной собственности не предусмотрена.

3 Инженерные вычисления

3.1 Вычисление тягово-динамических характеристик автомобиля

3.1.1 Исходные данные

Тип автомобиля – переднеприводный легковой автомобиль 2 кл.

Колесная формула – 4х2

Количество человек – $n = 5$ (чел.)

Длина автомобиля = 4165 мм.

Ширина автомобиля (B_r) = 1764 мм.

Высота автомобиля (H_r) = 1570 мм.

Снаряженная масса – $m_0 = 1190$ кг.

Маркировка шин : 195/65 R 15

Коэффициент аэродинамического сопротивления - $C_x = 0.30$

Коэффициент сопротивления качению - $f_0 = 0.012$

Максимальная скорость - $V_{\max} = 185$ км/ч (51 м/с)

Максимальная частота вращения коленчатого вала – $\omega_{e\max} = 630 \text{ с}^{-1}$ (6050 об/мин)

КПД трансмиссии – $\eta_{\text{тр}} = 0.92$

Число передач – 5

3.1.2 Расчет полной массы исследуемого автомобиля

$$M_a = M_0 + M_q \cdot n + M_{\bar{b}} \quad (3.1)$$

M_0 – масса автомобиля в снаряженном состоянии

M_q – средняя масса одного человека

$M_{\bar{b}}$ – масса багажа приходящаяся на одного человека

n – количество пассажиров, включая водителя

$$M_a = 1190 + 755 + 50 = 1615 \text{ кг.}$$

3.1.3 Вычисление статистического радиуса колеса

$$r_{\text{ст}} = 0.5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (3.2)$$

$d = 15$ – посадочный диаметр в дюймах ($= 0.381 \text{ м}$)

$\lambda_z = 0.85$ – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин

$H/B = 65$ - процентное отношение высоты профиля шины к ее ширине

$B = 0.185$ – профильная ширина шины, м

$H = 65 \cdot 0.185 = 0.120$ – профильная высота, м

$$r_{\text{ст}} = 0.5 \cdot 0.381 + 0.86 \cdot 0.120 = 0.29 \text{ м}$$

$$r_{\text{ст}} \approx r_d \approx r_k = 0.29 \text{ м}$$

r_k – радиус качения шины

3.1.4 Расчет коэффициента обтекаемости исследуемого автомобиля

$$k = \frac{(C_x \cdot \rho)}{2} \quad (3.3)$$

C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления

$\rho = 1.293$ – плотность воздуха

$$k = \frac{(0.30 \cdot 1.293)}{2} = 0.194$$

3.1.5 Вычисление лобовой площади исследуемого автомобиля

$$F = 0.8 \cdot Br \cdot Hr \quad (3.4)$$

$$F = 0.8 \cdot 1.76 \cdot 1.57 = 2.21 \text{ м}^2$$

3.1.6 Нахождение коэффициента сопротивления качению

$$f = f_0 \cdot \left(\frac{1 + V^2}{2000} \right) \quad (3.5)$$

$$f = 0.012 \cdot \left(\frac{1 + 51^2}{2000} \right) = 0.028$$

3.1.7 Расчет внешней скоростной характеристики

С учетом КПД мощность двигателя автомобиля при наивысшей скорости:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} (G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\text{max}} \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\text{max}}^3) \quad (3.6)$$

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при наивысшей скорости автомобиля.

Общий коэффициент дорожного сопротивления приравняем к коэффициенту качения при максимальной скорости.

$$\psi_v = f = 0.028$$

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

$$N_v = \frac{1}{0.92} (1615 \cdot 9.81 \cdot 0.028 \cdot 51 \cdot 0.194 \cdot 2.21 \cdot 51^3) = 85531 \text{ Вт} \approx 85.53 \text{ кВт}$$

Определим максимальную мощность двигателя:

$$N_{\max} = \frac{N_V}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (3.7)$$

$a = 0.5$; $b = 1.65$; $c = 1.2$ –Используемые эмпирические коэффициенты.

$\lambda = \omega_V / \omega_N$ – отношение частот вращения коленвала на максимальной скорости частот вращения коленвала при максимальной мощности.[2]

Принимаем $\lambda = 1.11$.

$$\text{Тогда, } \omega_N = \frac{\omega_V}{\lambda} = \frac{630}{1.11} = 568 \text{ с}^{-1}$$

$$N_{\max} = \frac{85531}{0.5 \cdot 1.11 + 1.65 \cdot 1.11^2 - 1.2 \cdot 1.11^3} = 90336 \text{ Вт} = 90.34 \text{ кВт}$$

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right) + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (3.8)$$

ω_e – частота вращения коленчатого вала

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт

Эффективный момент двигателя:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (3.9)$$

Минимальная частота вращения вала:

$$\omega_{\min} = 100 \text{ с}^{-1}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

ω_e , c^{-1}	100	153	206	259	312	365	418	471	524	577	630
N_e , кВт	11.98	20.86	30.82	41.31	51.82	61.81	70.76	78.14	83.41	86.06	85.55
M_e , Нм	119.8	136.3	149.5	159.5	166.0	169.3	169.2	165.8	159.1	149.1	135.8

3.1.8 Расчет передаточного числа главной передачи

U_0 главной передачи рассчитывается на основе максимальной скорости автомобиля по формуле:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{\max}}{V_{\max}} \quad (3.10)$$

U_k – передаточное отношение передачи, позволяющей автомобилю двигаться с максимальной скоростью.

$$U_0 = \frac{0.28}{0.78} \cdot \frac{630}{51} = 3.9$$

3.1.9 Расчет передаточных чисел коробки передач

Для возможности движения автомобиля, тяговая сила на колесах должна превосходить суммарное сопротивление движению, т.е.:

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot n_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (3.11)$$

$M_{\max}$ – максимальный эффективный момент двигателя, Нм

$\psi_{\max} = \alpha_{\max} + f_0 = 0.34 + 0.012 = 0.352$ – максимальный коэффициент сопротивления дороги

$$U_1 \geq \frac{15827 \cdot 0.312 \cdot 0.28}{169.3 \cdot 0.92 \cdot 3.9} \geq 2.56$$

Для минимизирования буксования необходимо чтобы тяговая сила была меньше силы сцепления с дорогой:

$$U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\text{max}} \cdot n_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (3.12)$$

$$G_{\text{сц}} = m_1 \cdot G = 0.9 \cdot 1615 = 14535 \text{ Н} - \text{сцепной вес автомобиля}; \quad (3.13)$$

$\varphi = 0.8$ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой (сухое асфальтовое шоссе в хорошем состоянии).

$$U_1 \leq \frac{14535 \cdot 0.8 \cdot 0.28}{169.3 \cdot 0.92 \cdot 3.9} \leq 5.35$$

Передаточное отношение первой передачи принимаем $U_1 = 3.6$, а для остальных передач:

$$U_{II} = \sqrt[4]{U_I \cdot U_{IV}^3} = \sqrt[4]{3.6 \cdot 0.8^3} = 1.95 \quad (3.14)$$

$$U_{III} = \sqrt[4]{U_I \cdot U_{IV}^2} = \sqrt[4]{3.6 \cdot 0.8^2} = 1.36 \quad (3.15)$$

$$U_{IV} = \sqrt[4]{U_I \cdot U_{IV}} = \sqrt[4]{3.6 \cdot 0.8} = 0.94 \quad (3.16)$$

$$U_V = 0.78$$

$$U_{\text{зх}} = 1.3 \cdot U_1 = 1.3 \cdot 3.6 = 4.68 \quad (3.17)$$

Тогда скорости на передачах при принятых частотах вращения коленчатого вала рассчитаем по формуле:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_B}{U_0 \cdot U_K} \quad (3.18)$$

Результаты сведем в таблицу 3.2:

Таблица 3.2

n, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	Скорость на передаче, м/с				
	I	II	III	IV	V
100	1.76	3.24	4.65	6.72	8.10
153	2.69	4.96	7.11	10.29	12.40
206	3.62	6.68	9.57	13.85	16.69
259	4.55	8.39	12.04	17.42	20.99
312	5.48	10.11	14.50	20.98	25.28
365	6.41	11.83	16.96	24.54	29.58
418	7.34	13.55	19.43	28.11	33.87
471	8.27	15.27	21.89	31.67	38.17
524	9.20	16.98	24.35	35.23	42.46
577	10.13	18.70	26.82	38.80	46.76
630	11.06	20.42	29.28	42.36	51.05

3.1.10 Расчет тяговой силы и сил сопротивления воздуха

Сила тяги на ведущих колесах автомобилей, в зависимости от скорости автомобиля, для каждой передачи:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k} \quad (3.19)$$

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

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2 \quad (3.20)$$

Сила сопротивления качению автомобиля:

$$P_D = G_a \cdot \psi, \text{ где } \psi = f \quad (3.21)$$

Суммарная сила сопротивления движению автомобиля:

$$P_{\Sigma} = P_B + P_D \quad (3.22)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.3 и 3.4:

Таблица 3.3

п, 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	5526.84	2993.71	2087.92	1443.12	1197.48	28.15	163.47	191.62
1461	6290.51	3407.36	2376.42	1642.52	1362.94	65.90	170.43	236.34
1967	6900.87	3737.97	2606.99	1801.89	1495.19	119.47	180.32	299.79
2473	7357.91	3985.53	2779.65	1921.23	1594.21	188.85	193.13	381.98
2979	7661.64	4150.06	2894.40	2000.54	1660.02	274.05	208.85	482.90
3479	7812.06	4231.53	2951.22	2039.82	1692.61	375.06	227.50	602.56
3996	7809.17	4229.97	2950.13	2039.06	1691.99	491.89	249.06	740.95
4498	7652.96	4145.36	2891.12	1998.27	1658.14	624.53	273.54	898.08
5004	7343.45	3977.70	2774.19	1917.46	1591.08	772.99	300.95	1073.94
5510	6880.62	3727.00	2599.34	1796.61	1490.80	937.27	331.27	1268.54
6016	6264.48	3393.26	2366.58	1635.72	1357.30	1117.36	364.51	1481.87

Таблица 3.4

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
1.76	1.32	3.24	4.50	4.65	9.26	6.72	19.38	8.10	28.15
2.69	3.09	4.96	10.54	7.11	21.68	10.29	45.38	12.40	65.90

Продолжение таблицы 3.4

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
3.62	5.61	6.68	19.11	9.57	39.30	13.85	82.26	16.69	119.47
4.55	8.87	8.39	30.22	12.04	62.12	17.42	130.03	20.99	188.85
5.48	12.86	10.11	43.85	14.50	90.14	20.98	188.69	25.28	274.05
6.41	17.61	11.83	60.01	16.96	123.37	24.54	258.25	29.58	375.06
7.34	23.09	13.55	78.70	19.43	161.80	28.11	338.69	33.87	491.89
8.27	29.32	15.27	99.93	21.89	205.43	31.67	430.02	38.17	624.53
9.20	36.29	16.98	123.68	24.35	254.27	35.23	532.24	42.46	772.99
10.13	44.00	18.70	149.96	26.82	308.30	38.80	645.35	46.76	937.27
11.06	52.45	20.42	178.78	29.28	367.54	42.36	769.36	51.05	1117.36

3.1.11 Определение динамического фактора автомобиля

Динамический фактор автомобиля рассчитывается как отношение разницы силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (3.23)$$

Результаты расчетов динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению сведены в таблицу 3.5

Таблица 3.5

n, об/ мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	0.3491	0.1889	0.1313	0.0900	0.0739	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
1461	0.3973	0.2146	0.1488	0.1009	0.0820	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011
1967	0.4357	0.2350	0.1622	0.1087	0.0869	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011
2473	0.4643	0.2499	0.1717	0.1132	0.0888	0.010	0.010	0.011	0.012	0.012
2979	0.4833	0.2594	0.1772	0.1145	0.0876	0.010	0.011	0.011	0.012	0.013
3486	0.4925	0.2636	0.1787	0.1126	0.0832	0.010	0.011	0.011	0.013	0.014

Продолжение таблицы 3.5

n, об мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
3992	0.4919	0.2623	0.1762	0.1074	0.0758	0.010	0.011	0.012	0.014	0.016
4498	0.4817	0.2556	0.1697	0.0991	0.0653	0.010	0.011	0.012	0.015	0.017
5004	0.4617	0.2435	0.1592	0.0875	0.0517	0.010	0.011	0.013	0.016	0.019
5510	0.4320	0.2260	0.1448	0.0727	0.0350	0.011	0.012	0.014	0.018	0.021
6016	0.3925	0.2031	0.1263	0.0547	0.0152	0.011	0.012	0.014	0.019	0.023

3.1.12 Расчет ускорений автомобиля на передачах

Ускорение определяется в случае движения автомобиля по горизонтальной поверхности с хорошим твердым покрытием при максимальной мощности двигателя без пробуксовки колес. Ускорение находят:

$$J = \frac{Q - f \cdot G}{\delta_{вр}} \quad (3.24)$$

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{I_m \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр} + I_k \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (3.25)$$

где

I_m – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$U_{тр} = U_0 \cdot U_k$ – передаточное число трансмиссии; (3.26)

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес.

Если точное значение I_m и I_k неизвестно то, $\delta_{вр}$ определяют по формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (3.27)$$

U_k – передаточное число коробки передач на данной передаче

δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0.03 - 0.05 \quad (3.28)$$

Результаты расчетов на каждой передаче коэффициентов учета вращающихся масс:

$$\delta_{вр1} = 1.628 \quad \delta_{вр2} = 1.274 \quad \delta_{вр3} = 1.186$$

$$\delta_{вр4} = 1.132 \quad \delta_{вр5} = 1.082$$

Ускорения автомобиля на передачах, а также величины обратные ускорению сведем в таблицу 3.6:

Таблица 3.6

п, 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	2.039	1.380	1.061	0.691	0.577	0.490	0.725	0.943	1.446	1.734
1461	2.328	1.578	1.212	0.784	0.646	0.430	0.634	0.825	1.276	1.548
1967	2.559	1.734	1.328	0.847	0.685	0.391	0.577	0.753	1.180	1.459
2473	2.731	1.849	1.409	0.882	0.695	0.366	0.541	0.710	1.134	1.439
2979	2.845	1.921	1.454	0.887	0.675	0.352	0.521	0.688	1.127	1.482
3486	2.900	1.951	1.463	0.863	0.625	0.345	0.512	0.683	1.158	1.600
3992	2.896	1.940	1.438	0.811	0.545	0.345	0.516	0.696	1.233	1.834
4498	2.834	1.886	1.376	0.729	0.436	0.353	0.530	0.727	1.372	2.295
5004	2.713	1.791	1.280	0.618	0.296	0.369	0.558	0.781	1.617	3.373
5510	2.534	1.653	1.148	0.479	0.127	0.395	0.605	0.871	2.088	7.847
6016	2.296	1.474	0.980	0.310	-0.07	0.436	0.678	1.020	3.224	-14.01

Время разгона автомобиля, а также пройденный путь во время разгона определяется по графику ускорений и по формуле:

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot dV \approx \left(\frac{1}{j_{cp}} \right)_2 \cdot [V_2 - V_1] \quad (3.29)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 3.7 и 3.8:

Таблица 3.7

V, м/с	0	1.76	6.41	11.06	20.42	29.28	35.23	38.8	42.46
1/J _{cp}	0	0.49	0.34	0.44	0.68	1.02	1.62	2.08	3.37
t, с	0	0.43	2.36	4.17	9.41	16.94	24.80	31.40	41.37

Таблица 3.8

t, с	0	6	12	18	24	30	36	42
V, м/с	0	13.41	24.21	30.18	34.98	37.12	40.19	42.68
ΔS	0	40.23	112.86	163.17	195.48	216.3	231.93	248.61
S	0	40.23	153.09	316.26	511.74	728.04	959.97	1208.58

3.1.13 Расчет мощностных характеристик автомобиля

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_{в} + N_{и} \quad (3.30)$$

$N_T = N_e \cdot \eta_{тр}$ – тяговая мощность на ведущих колесах;

$N_{тр}$ – потери мощности в трансмиссии;

$N_f = P_{п} \cdot V$ – мощность, потраченная на преодоление сопротивления качению колес;

$N_{п} = P_{п} \cdot V$ – мощность, необходимая на преодоление подъема;

$N_B = P_B \cdot V$ – мощность, нужная на преодоление сопротивления воздуха;

$N_{\text{и}} = P_{\text{и}} \cdot V$ – мощность, необходимая для преодоления сил инерции;

$N_D = P_D \cdot V = N_f + N_{\text{п}}$ – мощность, необходимая для преодоления сил сопротивления дороги.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.9:

Таблица 3.9

V_{max}	8.10	12.40	16.69	20.99	25.28	29.58	33.87	38.17	42.46	46.76	51.05
N_e	11.98	20.86	30.81	41.31	51.81	61.81	70.75	78.13	83.41	86.06	85.55
N_t	11.02	19.19	28.35	38.01	47.67	56.87	65.10	71.89	76.74	79.18	78.71
N_B	0.23	0.82	1.99	3.96	6.93	11.09	16.66	23.84	32.82	43.82	57.04
N_D	1.32	2.11	3.01	4.05	5.28	6.73	8.44	10.44	12.78	15.49	18.61
$N_B + N_D$	1.55	2.93	5.00	8.02	12.21	17.82	25.10	34.28	45.60	59.31	75.65
$\frac{N_B + N_D}{N_T}$	0.14	0.15	0.18	0.21	0.26	0.31	0.39	0.48	0.59	0.75	0.96

3.1.14 Определение топливно-экономической характеристики

Расчет топливно-экономической характеристики проводится на горизонтальной ровной дороге, с постоянными скоростями в различных режимах.

Путевой расход топлива:

$$q_{\text{п}} = \frac{k_{\text{ск}} \cdot k_{\text{и}} \cdot P_{\text{д}} + P_{\text{в}}}{36000 \cdot \rho_{\tau} \cdot \eta_{\text{тр}}} \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1.1 \quad (3.31)$$

$k_{\text{ск}}$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива от оборотов двигателя;

$k_{и}$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от мощности;

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

$\rho_t = 0.73 \text{ кг/л}$ – плотность топлива.

Рассчитанные данные сводим в таблицу 3.10:

Таблица 3.10

V	16.69	20.99	25.28	29.58	33.87	38.17	42.46
$k_{и}$	1.35	1.3	1.2	1.12	1	0.98	0.8
И	0.1465	0.1813	0.2265	0.2842	0.3573	0.4507	0.5718
$k_{ск}$	1.1	0.95	0.88	0.8	0.79	0.8	0.9
ω_e / ω_N	0.3627	0.4560	0.5493	0.6426	0.7359	0.8292	0.9225
g_n	6.8866	7.2974	7.8882	8.3515	9.0547	10.8915	11.9611

3.2 Расчет передней подвески

3.2.1 Исходные данные:

Жесткость передней подвески $C = 5.86 \text{ кгс/мм} = 57.59 \text{ Н/мм}$

Жесткость шин $C_{\text{шн}} = 43 \text{ кгс/мм} = 422 \text{ Н/мм}$

Неподдрессоренная масса (на одно колесо) $m_{\text{нп}} = 47 \text{ кг}$

Собственная частота колебаний неподдрессоренной массы:

$$f = \frac{\sqrt{\frac{(C + C_{\text{шн}}) \cdot g \cdot 10^3}{2 \cdot m_{\text{нп}}}}}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{(5.86 + 43) \cdot 9.81 \cdot 10^3}{2 \cdot 47}}}{2 \cdot 3.14} = 11.36 \text{ Гц} \quad (3.32)$$

Шины 215/50 R17

Рассчитаем свободный радиус колеса:

$$r_{\text{св}} = \frac{215 \cdot 50}{100} + \frac{25.4 \cdot 17}{2} = 323 \text{ мм} \quad (3.33)$$

3.2.2 Расчеты значений весов, частот, ходов подвески

Зная массу автомобиля с различной загрузкой, рассчитаем собственные частоты колебаний передней оси при данных нагрузках по формуле (3.34), а также перемещение колеса по формулам (3.35) и (3.36), изменение его статического радиуса по формуле (3.37) и координаты опорной поверхности по формуле (3.38).

- Собственную частоту колебаний рассчитаем по формуле:

$$f = \left(1 - \frac{C}{2 \cdot C_{\text{шн}}}\right) \cdot \frac{\sqrt{\frac{C \cdot g \cdot 10^3}{m_i - 2 \cdot m_{\text{нп}}}}}{2 \cdot \pi} \quad (3.34)$$

- Перемещение центра колеса от положения конструкционной загрузки:

$$\Delta S = \frac{m_i - m_{\text{кз}}}{C} \quad (3.35)$$

- Перемещение центра колеса в вертикальной плоскости:

$$c_z = c_0 + \Delta S \quad (3.36)$$

- Статический радиус колеса:

$$r_{\text{ст}} = r_{\text{св}} - \frac{m_i}{C_{\text{шн}}} \quad (3.37)$$

- Положение опорной поверхности:

$$Z_{\text{оп}} = c_z - r_{\text{ст}} \quad (3.38)$$

Значения масс и рассчитанных величин сведены в таблицу 3.11:

Таблица 3.11

m_i	Масса на переднюю ось, кг	Собственная частота колебаний, Гц	Смещение центра колеса в продольной плоскости	Перемещение центра колеса от положения констр. Загрузки	Перемещение центра колеса в вертикальной плоскости	Статический радиус колеса, мм	Координата Z опорной поверхности
Масса в снаряженном состоянии без водителя	753,0	1,385	-1,7	-16,9	-21,9	305,5	-327,4
Допуск	22,6			3,9		0,5	
Масса в снаряженном состоянии с водителем (75кг)	788,6	1,349	-1,0	-10,8	-15,8	304,7	-320,4
Масса в снаряженном состоянии с водителем и пассажиром	824,1	1,316	-0,2	-4,8	-9,8	303,8	-313,6
Масса в снаряженном состоянии со всеми пассажирами без багажа	842,4	1,300	0,2	-1,6	-6,6	303,4	-310,0
Масса в снаряженном состоянии со всеми пассажирами и с багажом 100 кг	846,2	1,297	0,4	-1,0	-6,0	303,3	-309,3
Масса "полная" в снаряженном состоянии со всеми пассажирами и с багажом 50 кг	832,1	1,309	0,1	-3,4	-8,4	303,6	-312,0
Масса в снаряженном состоянии с водителем и с багажом 100 кг в багажнике	768,7	1,369	-1,2	-14,2	-19,2	305,1	-324,3

Продолжение таблицы 3.11

m_i	Масса на переднюю ось, кг	Собственная частота колебаний, Гц	Смещение центра колеса в продольной плоскости	Перемещение центра колеса от положения констр. Загрузки	Перемещение центра колеса в вертикальной плоскости	Статический радиус колеса, мм	Координата Z опорной поверхности
Масса в снаряженном состоянии с водителем и с багажом до предельно допустимой нагрузки на заднюю ось в багажнике	746,2	1,392	-1,3	-18,1	-23,1	305,6	-328,7
Конструктивная масса (3x75 кг)	852,0	1,292	0,0	0,0	-5	303,2	-308,2

3.2.3 Расчет жесткостей пружин, жесткости подвески при одноименном ходе

- Вертикальная жесткость подвески при одноименном ходе:

$$C_{\text{верт}} = \frac{C}{2} = \frac{57.49}{2} = 28.74 \text{ Н/мм} \quad (3.39)$$

- Вертикальная жесткость от шарниров на одно колесо принимаем:

$$C_{\text{вш}} = 2.5 \text{ Н/мм}$$

- Вертикальная жесткость от пружин:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{верт}} - C_{\text{вш}} = 28.74 - 2.5 = 26.24 \text{ Н/мм} \quad (3.40)$$

- Передаточное число пружины:

$$i = 1.04 \text{ (квадрат передаточного числа пружины } i^2 = 1.08)$$

- Жесткость пружины принятая:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{п}} \cdot i^2 = 26.24 \cdot 1.08 = 28.38 \text{ Н/мм} \quad (3.41)$$

3.2.4 Расчет жесткости стабилизаторов, жесткости подвески при разноименном ходе

Часть исходных данных для расчета жесткостей стабилизаторов, жесткостей подвесок при разноименном ходе представлены ниже, остальные данные были рассчитаны на предыдущих этапах.

Колея $B = 1520$ мм

Высота центра масс $h_{цм} = 0,64$ мм

Высота центра крена на передней оси $h_{цкп} = 67,8$ мм

Высота центра крена на задней оси $h_{цкз} = 477,7$ мм

Масса на заднюю ось (конструктивная) $m_3 = 655$ кг

Минимальный градиент поперечного крена принимаем равным 0,5, максимальный 0,6.

- Размер от центра масс до оси крена:

$$h_{фК} = h_{цм} - h_{цкп} \cdot 10^{-3} - (h_{цкз} - h_{цкп}) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{m_3}{m_a} \quad (3.42)$$

$$h_{фК} = 0.64 - 67.8 \cdot 10^{-3} - (477.7 - 67.8) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{655}{1507} = 0.394 \text{ мм}$$

- Угловая жесткость шин:

$$C_{фш} = \frac{C_{шн} \cdot g \cdot B^2}{4 \cdot 10^3} \quad (3.43)$$

$$C_{фш} = \frac{43 \cdot 9.81 \cdot 1520^2}{4 \cdot 10^3} = 243.7 \text{ кНм/рад}$$

- Передаточное число пружины и квадрат принимаем равным $i_{п} 1,686$

$$i_{п}^2 = 2,84$$

- Вертикальная жесткость подвески (одно колесо) – разноименный ход:

$$C_{верт} = \frac{C_{п}}{i_{п}^2} + C_{вш} \quad (3.44)$$

$$C_{верт} = \frac{60.39}{2.84} + 23.76 \text{ Н/мм}$$

- Угловая жесткость от пружин и шарниров подвесок:

$$C_{\phi_{\text{пш}}} = \left(C_{\text{вш}} + \frac{C_{\text{п}}}{i_{\text{п}}^2} \right) \cdot \frac{B^2}{2 \cdot 10^3} \quad (3.45)$$

$$C_{\phi_{\text{пш}}} = \left(2.5 + \frac{60.39}{2.84} \right) \cdot \frac{1520^2}{2 \cdot 10^3} = 27444 \text{ Нм/рад}$$

- Минимальная и максимальная требуемая общая угловая жесткость:

$$C_{\text{стmin}} = (n_a - 2 \cdot m_{\text{нп1}} - 2 \cdot m_{\text{нп2}}) \cdot h_{\phi K} \cdot \left(\frac{180}{0.6 \cdot \pi} + g \right) \quad (3.46)$$

$$C_{\text{стmax}} = (n_a - 2 \cdot m_{\text{нп1}} - 2 \cdot m_{\text{нп2}}) \cdot h_{\phi K} \cdot \left(\frac{180}{0.5 \cdot \pi} + g \right) \quad (3.47)$$

$$C_{\text{стmin}} = (507 - 2 \cdot 47 - 2 \cdot 41) \cdot 0.394 \cdot \left(\frac{180}{0.6 \cdot 3.14} + 9.81 \right) = 55226 \text{ Нм/рад}$$

$$C_{\text{стmax}} = (507 - 2 \cdot 47 - 2 \cdot 41) \cdot 0.394 \cdot \left(\frac{180}{0.5 \cdot 3.14} + 9.81 \right) = 65243 \text{ Нм/рад}$$

- Процент общей угловой жесткости на переднюю ось принимаем:

Минимальный 54%.

Максимальный 57%.

- Минимальная и максимальная угловая жесткость оси:

$$C_{\phi_o}^{\text{min}} = C_{\text{стmin}} \cdot 0.54 = 55226 \cdot 0.54 = 29822 \text{ Нм/рад} \quad (3.48)$$

$$C_{\phi_o}^{\text{max}} = C_{\text{стmax}} \cdot 0.57 = 65243 \cdot 0.54 = 37188 \text{ Нм/рад} \quad (3.49)$$

- Минимальная и максимальная угловая жесткость подвески:

$$C_{\phi_{\text{п}}}^{\text{min}} = \frac{C_{\phi_{\text{пш}}} \cdot C_{\phi_o}^{\text{min}}}{C_{\phi_{\text{пш}}} - C_{\phi_o}^{\text{min}}} = \frac{243.7 \cdot 10^3 \cdot 29822}{243.7 \cdot 10^3 - 29822} = 33982 \text{ Нм/рад} \quad (3.50)$$

$$C_{\phi_{\text{п}}}^{\text{max}} = \frac{C_{\phi_{\text{пш}}} \cdot C_{\phi_o}^{\text{max}}}{C_{\phi_{\text{пш}}} - C_{\phi_o}^{\text{max}}} = \frac{243.7 \cdot 10^3 \cdot 37188}{243.7 \cdot 10^3 - 37188} = 43887 \text{ Нм/рад} \quad (3.51)$$

- Минимальная и максимальная угловая жесткость стабилизатора поперечной устойчивости:

$$C_{\text{фст}}^{\min} = C_{\text{фп}}^{\min} - C_{\text{фпш}} = 33982 - 27444 = 6537 \text{ Нм/рад} \quad (3.52)$$

$$C_{\text{фст}}^{\max} = C_{\text{фп}}^{\max} - C_{\text{фпш}} = 43887 - 27444 = 16442 \text{ Нм/рад} \quad (3.53)$$

- Минимальная и максимальная верт жесткость подвески от стабилизатора поперечной устойчивости:

$$C_{\text{CTZ}}^{\min} = \frac{C_{\text{фст}}^{\min} \cdot 2 \cdot 10^3}{B^2} = \frac{6537 \cdot 2 \cdot 10^3}{1520^2} = 5.66 \text{ Нм/рад} \quad (3.54)$$

$$C_{\text{CTZ}}^{\max} = \frac{C_{\text{фст}}^{\max} \cdot 2 \cdot 10^3}{B^2} = \frac{16442 \cdot 2 \cdot 10^3}{1520^2} = 14.23 \text{ Нм/рад} \quad (3.55)$$

- Минимальная и максимальная вертикальная жесткость подвески:

$$C_Z^{\min} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot C_{\text{фп}}^{\min}}{B^2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 33982}{1520^2} = 29.42 \text{ Н/мм} \quad (3.56)$$

$$C_Z^{\max} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot C_{\text{фп}}^{\max}}{B^2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 43887}{1520^2} = 37.99 \text{ Н/мм} \quad (3.57)$$

3.2.5 Расчет требуемых характеристик демпфирования подвески и амортизаторов

Предлагаемый коэффициент относительного демпфирования поддрессо-
ренной массы – средний $K = 0.45$.

- Коэффициент демпфирования подвески расчетный при скорости L50/S50 м/с:

$$K_p = 2 \cdot K \cdot \sqrt{\left(\frac{m_n}{2} - m_{\text{нп}}\right) \cdot C_{\text{верт}} \cdot 10^3} \quad (3.58)$$

$$K_p = 2 \cdot 0.45 \cdot \sqrt{\left(\frac{852}{2} - 47\right) \cdot 28.74 \cdot 10^3} = 2970.4 \text{ Нс/м}$$

- Расчетное среднее усилие подвески при скорости L50/S50 м/с:

$$P_{cp} = K_p \cdot V = 2970.4 \cdot 0.1 = 297 \text{ Н} \quad (3.59)$$

- Отношение усилия в подвеске на отбой к усилию на сжатие принимаем равным 3.
- Расчетное усилие демпфирования подвески на отбой при скорости L50/S50 м/с:

$$P_{до} = \frac{2 \cdot P_{cp} \cdot 3}{3+1} = \frac{2 \cdot 297.04 \cdot 3}{3+1} = 445.56 \text{ Н} \quad (3.60)$$

- Расчетное усилие демпфирования подвески на сжатие при скорости L50/S50 м/с:

$$P_{дс} = \frac{2 \cdot P_{cp}}{3+1} = \frac{2 \cdot 297.04}{3+1} = 148.52 \text{ Н} \quad (3.61)$$

- Передаточное число амортизатора принимаем равным $i_a = 1.05$, $i_a^2 = 1.103$.
- Расчетное усилие демпфирования амортизатора на отбой при скорости L50/S50 м/с:

$$P_{до}^a = P_{до} \cdot i_a^2 = 445.56 \cdot 1.103 = 491.23 \text{ Н} \quad (3.62)$$

- Расчетное усилие демпфирования амортизатора на сжатие при скорости L50/S50 м/с:

$$P_{дс}^a = P_{дс} \cdot i_a^2 = 148.52 \cdot 1.103 = 163.74 \text{ Н} \quad (3.63)$$

- Усилие демпфирования амортизатора на отбой при скорости L50/S50 м/с принимаем равным 450 Н.
- Усилие демпфирования амортизатора на сжатие при скорости L50/S50 м/с принимаем равным 150 Н.

- Коэффициент демпфирования подвески принятый при скорости L50/S50 м/с – средний:

$$K = \frac{1}{2} \cdot \frac{(450+150) \cdot V}{i_a^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(450+150) \cdot 0.1}{1.103} = 2721.1 \text{ Нс/м} \quad (3.64)$$

- Принятые коэффициенты относительного демпфирования подрессоренной массы:

Средний:
$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K}{\sqrt{\frac{m_i}{2 - m_{нп}} \cdot C \cdot 10^3}} \quad (3.65)$$

На ходе отбоя:
$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{450}{V \cdot \sqrt{\frac{m_i}{2 - m_{нп}} \cdot C \cdot 10^3}} \quad (3.66)$$

На ходе сжатия:
$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{150}{V \cdot \sqrt{\frac{m_i}{2 - m_{нп}} \cdot C \cdot 10^3}} \quad (3.67)$$

Результаты расчета коэффициента относительного демпфирования для конструктивной нагрузки и для полной массы сведем в таблицу 3.12:

Таблица 3.12

	Средний	На ходе отбоя	На ходе сжатия
Конструктивная нагрузка	0,412	0,681	0,227
«Полная масса»	0,417	0,690	0,230

- Принятые коэффициенты относительного демпфирования для неподресоренной массы:

Средний:

$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K + 40}{\sqrt{m_{нп} \cdot C_{шп} \cdot 1.1 + C} \cdot 500} \quad (3.68)$$

$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2721.1 + 40}{\sqrt{47 \cdot 222 \cdot 1.1 + 57.49}} = 0.394$$

На ходе отбоя:

$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{450 + 40}{V \cdot \sqrt{m_{шп} \cdot C_{шп} \cdot 1.1 + C}} = 0.699 \quad (3.69)$$

$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{450 + 40}{0.1 \cdot \sqrt{47 \cdot 222 \cdot 1.1 + 57.49}} = 0.699$$

На ходе сжатия:

$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{150 + 40}{V \cdot \sqrt{m_{шп} \cdot C_{шп} \cdot 1.1 + C}} = 0.271 \quad (3.70)$$

$$K_{от} = \frac{1}{2} \cdot \frac{150 + 40}{0.1 \cdot \sqrt{47 \cdot 222 \cdot 1.1 + 57.49}} = 0.271$$

4 Технологическая часть

4.1 Выбор и обоснование типа сборки передней подвески

Основные организационные формы используемые при сборке передней подвески - это стационарная и подвижная.

Рычаги передней подвески собираются в стационарной форме. Для сборки отведен специальный пост. Все комплектующие поставляются на пост в коробках, при помощи погрузчиков. После непосредственной сборки рычагов, готовые изделия отправляются на поточную сборку, также как и остальные детали подвески.

Перечень сборочных работ по сборке нижних рычагов подвески сведен в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 Составление перечня сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных работ	Время, мин
Запрессовка шарниров переднего и заднего	
Взять рычаг, произвести визуальный контроль сварных швов	0,1
Установить рычаг на оснастку	0,2
Взять шарнир передний из коробки	0,1
Окунуть шарнир передний в омыловочную жидкость маркировкой вверх	0,1
Установить шарнир передний в оснастку пресса	0,05
Нажать кнопку старта цикла	0,05
Автоматическая запрессовка шарнира	0,275
Переместить рычаг на другую оснастку	0,25
Установить шарнир задний в оснастку пресса	0,1
Нажать кнопку старта цикла	0,05
Автоматическая запрессовка шарнира	0,145
Переложить рычаг на промежуточный стол	0,27
Провести визуальный контроль по итогам запрессовки	0,1

Продолжение таблицы 4.1

Содержание основных и вспомогательных работ	Время, мин
Установить рычаг на паллету гравитационного конвейера	0,1
Итого:	1,89
Установка пальца шарового на рычаг	
Взять рычаг передний из гравитационного конвейера	0,1
Размесить рычаг на оснастке	0,32
Разместить шаровый палец на рычаге и установить три болта в соответствующие отверстия	0,49
Наживить гайки на болты	0,05
Затянуть гайки с моментом затяжки 30-35 Нм	0,25
Произвести общий визуальный контроль изделия	0,2
Наклеить этикетку на собранный рычаг	0,3
Выгрузить собранный рычаг в тару	0,2
Итого:	1,91
Всего:	3,8

Расчет такта выпуска производится по формуле:

$$T_v = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N} \quad (4.1)$$

где

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену. $F_d = 2030$ ч.

m - кол-во рабочих смен в сутки. $m=1$.

N – годовой объем выпуска изделий. $N=25000$ шт.

$$T_v = \frac{2030 \cdot 60 \cdot 1}{25000} = 4.87 \text{ мин/шт}$$

Суммарная трудоёмкость сборки рассчитывается по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{\Sigma} + t_{\Sigma} \cdot \left(\frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} \right) \quad (4.2)$$

где

t_{Σ} – общее время на все виды работ.

α – время на организационно-техническое обслуживание (принимаем $\alpha=3$).

β - время на перерывы и отдых (принимаем $\beta=6$)

$$t_{шт}^{общ} = 3.8 + 3.8 \cdot \left(\frac{3}{100} + \frac{6}{100} \right) = 4.142 \text{ мин}$$

Перечень выполнен в виде таблицы, содержащей наименование сборочных работ в последовательности, диктуемой технологической схемой общей и узловой сборки. Эти работы весьма разнообразны и их можно определить только при учете и анализе конкретных условий сборки.

В соответствии с перечнем работ, приведенным в плане сборки, проводится нормирование работ по данным нормативов.[14]

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Анализ конструктивной и утилизационной безопасности проектируемой передней подвески

Предлагаемый в проекте вариант модернизации конструкции передней подвески заключается в применении L-образных рычагов. Данные рычаги способны воспринимать как продольные, так и поперечные нагрузки, что положительно сказывается на управляемости автомобиля. Такие рычаги уже используются на автомобилях Lada Vesta, а подобные устанавливаются на такие автомобили как Volkswagen Touareg и Ford Focus.

Подвеска на L-образных рычагах обладает более высокой жесткостью, по сравнению с действующей конструкцией, что позволяет судить о лучшей управляемости и устойчивости автомобилей. Такие рычаги имеют наивысшую степень жесткости среди других геометрических фигур. Вместе с этим, данная конструкция существенно снижает уровень вибраций, приходящихся на кузов, а следовательно, оказывает благоприятное воздействие на состояние и здоровье водителя и пассажиров.

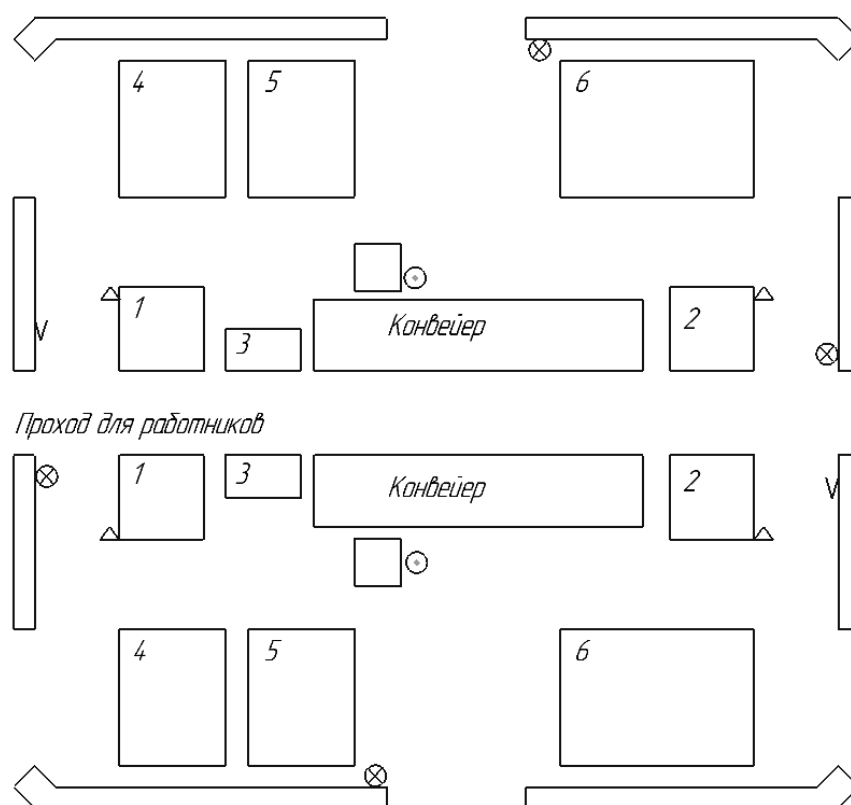
Успешное применение данной передней подвески говорит о том, что конструкция удовлетворяет всем требованиям стандартов ЕЭК ООН и UTAC.

С точки зрения утилизации, проектируемые рычаги являются вполне безопасными для окружающей среды. Основные материалы – это металл и резина. Металлические детали отправляются на переплавку, а резиновые на переработку, для дальнейшего использования в различных отраслях.

5.2 Описание производственного участка

Участок производственный по сборке рычагов передней подвески представлен на рисунке 5.1. На участке используются прессы модели Kistler 2151b для запрессовки шарниров, конвейер гравитационный для перемещения рычагов между постами. Детали и комплектующие поставляются на уча-

сток в коробках электропогрузчиками. Упаковочная тара впоследствии утилизируется. Отправка готовых рычагов также осуществляется при помощи электропогрузчиков. Детали, перемещаемые операторами имеют массу до 10 кг, что соответствует ГОСТ 12.3.020-80. ССБТ. «Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности».



1- пресс для запрессовки шарниров переднего и заднего; 2 – оснастка для установки опор шаровых; 3 – стол промежуточного контроля; 4 – коробки с рычагами; 5 – коробки с шарнирами; 6 – тара с опорами шаровыми; 7 – тара с собранными рычагами; Δ – огнетушитель; ⊗ - пожарная сигнализация; ⊙ - пожарный инструмент; v - пожарный гидрант.

Рисунок 5.1 – Схема производственного участка по сборке рычагов подвески

Выполнение операций работником выполняются стоя, потому рабочий процесс регламентируется ГОСТ 12.2.033-78. Безопасность прессов и кон-

вейеров обеспечивается конструкцией данных механизмов, СИЗ для работников, и регламентируется ГОСТ 12.1.019 – 79 и ГОСТ 12.1.030 – 81. Перемещение грузов регламентируется ГОСТ 12.3.020-80.

5.3 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Технический объект характеризуется прилагаемым технологическим паспортом (таблица 5.1).

Таблица 5.1 - Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы
Запрессовка переднего шарнира рычага передней подвески	Установка рычага на оснастку для запрессовки переднего шарнира	Слесарь механосборочных работ	Электромеханический пресс Kistler 2151b	Металл
	Установка шарнира переднего в оснастку прессы			Металл, резина, омыловочная жидкость ТУ0258-052

Продолжение таблицы 5.1

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы
	Автоматическая запрессовка переднего шарнира	Слесарь механосборочных работ	Электромеханический пресс Kistler 2151b	Металл, резина
Запрессовка заднего шарнира рычага передней подвески	Установка рычага на оснастку для запрессовки заднего шарнира	Слесарь механосборочных работ	Электромеханический пресс Kistler 2151b	Металл, резина
	Установка заднего шарнира на оснастку			
	Автоматическая запрессовка заднего шарнира			
Установка пальца шарового на рычаг	Установка рычага на оснастку	Слесарь механосборочных работ	-	Металл

Продолжение таблицы 5.1

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы
	Установка шарового пальца и трех болтов с гайками на рычаге			Металл, резина
	Затяжка болтовых соединений		Динамометрический ключ	Металл

5.4 Определение профессиональных рисков на производстве

Выявление профессиональных рисков является важным этапом в организации безопасности на производстве. Для каждой операции выявляются опасные и вредные факторы.[9] Выявив факторы, определяют их источники. Список выявленных профессиональных рисков сведен в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Установка рычага на оснастку для запрессовки	Передвигающиеся детали, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок	Рычаг передней подвески
Автоматическая запрессовка шарнира	Подвижные части производственного оборудования; повышенный уровень шума на рабочем месте; монотонность труда, напряжения в электрической сети	Пресс Kistler 2151b
Установка опоры шаровой на рычаг передней подвески	Подвижные части производственного оборудования; повышенный уровень шума на рабочем месте, монотонность труда,	Конвейер гравитационный, ключ динамометрический
Транспортировка рычага	Подвижные части производственного оборудования; напряжения в электрической сети	Конвейер гравитационный

Перечень опасных производственных факторов регламентируется ГОСТ 12.0.003.071. Опасные производственные факторы, в свою очередь,

подразделяются на физические, биологические, химические и психофизиологические.

После составления перечня профессиональных рисков составляется список средств и методов устранения этих рисков (таблица 5.3). На каждый опасный или вредный фактор приводятся организационно-технические методы, а также средства индивидуальной защиты, если таковые имеются.

Классификация средств индивидуальной защиты отражена в ГОСТ 12.4.011. В нем также представлены общие требования для средств индивидуальной защиты работающих.

Таблица 5.3

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Передвигающиеся детали	Соблюдение техники безопасности	Спецодежда, перчатки, очки защитные, спецобувь
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок	Применение индивидуальных средств защиты	Спецодежда, перчатки, очки защитные, спецобувь
Подвижные части производственного оборудования	Проведение техники безопасности	Спецодежда, спецобувь, перчатки, очки защитные
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение индивидуальных средств защиты от шума	Применение беруш, наушников

Продолжение таблицы 5.3

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Монотонность труда	Выделение времени для отдыха, перерывов.	
Напряжение в электрической сети	Соблюдение техники безопасности	Перчатки резиновые, спецодежда, спецобувь

5.5 Пожарная безопасность на участке производства

Идентификация классов и опасных факторов пожаров и технические средства противопожарной безопасности сведены соответственно в таблицу 5.4 и таблицу 5.5.

Пожары классифицируются по следующим критериям: А – горение твердых горючих веществ и конструкционных материалов; В – горение жидких и плавящихся твердых материалов; С – горение газов; D – горение металлов; Е – горение веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением; F – горение радиоактивных веществ и материалов.

Таблица 5.4

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок механосборочных работ	Пресс Kistler 2151b, автопогрузчик вилочный YGF2A30U, конвейер гравитационный	Е	Пламя и искры, снижение видимости в дыму, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, повышенная температура окружающей среды.	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	5	6	7	8
Огнетушитель ОП-5	Пожарные машины	Гидрант пожарный	Противогазы	Топор, лом	Звуковые и световые системы оповещения

В соответствии с требованиями Федерального закона № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности» (ст. ст. 25, 37) руководители организаций имеют обязанность обучать работников пожарной безопасности и проводить пропаганду пожарной безопасности. Обучение работников проводится по программам пожарно-технического минимума или пожарно-технического инструктажа.

В зависимости от вида реализуемой программы обучение работников проводится по месту работы и организациях, занимающихся образовательной деятельностью.

Требования пожарной безопасности процессов транспортирования твердых материалов:

- конвейеры должны быть обеспечены предохраняющими устройствами.
- конвейеры, транспортирующие порошкообразные пылящие материалы, а также материалы, выделяющие пары и газы, или материалы с высокой температурой, должны быть оснащены системами пылеподавления, вентиляции или аспирации и тепловой защитой .
- при необходимости применять закрытые транспортеры;
- при необходимости ленточные конвейеры должны быть оснащены магнитными металлоулавливателями для удаления металлических включений. Конвейеры, с магнитными металлоулавливателями, должны быть оснащены блокировкой конвейера при отключенном металлоулавлителе;
- необходимо контролировать натяжение цепей и транспортерных лент. Пробуксовка ленты конвейера исключается натяжкой ленты после очистки барабанов и ленты. Запрещается подсыпать различные материалы для устранения пробуксовки;
- приводы наклонных пластинчатых конвейеров должны иметь автоматические тормозными устройства, не дающие обратный ход при обрыве цепи;
- недопустимы перегрузка, перекосы и завалы транспортерных лент;

- конвейеры должны иметь тепловые датчики с блокировкой механизма для предотвращения воспламенения ;

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности отражены в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Запрессовка шарниров и установка опоры шаровой на рычаг передней подвески	Установление противопожарного режима	Должны быть определены и оборудованы места для курения; определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня; регламентированы: порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ; действия работников при обнаружении пожара; определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму.

Продолжение таблицы 5.6

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Запрессовка шарниров и установка опоры шаровой на рычаг передней подвески	Назначение лиц, ответственных за пожарную безопасность	Своевременное выполнение требований пожарной безопасности; ведение необходимой документации.
	Проведение регулярных проверок противопожарного оборудования	Противопожарное оборудование должно содержаться в рабочем состоянии.
	Проведение учебных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, а также обучения по технике безопасности.	Все работники, задействованные в производстве должны знать минимум по обеспечению пожарной безопасности, а также свои действия при пожарной ситуации.

5.6 Экологическая безопасность проекта

Анализ экологической безопасности проекта отражает влияние производства, использования и утилизации проектируемого изделия. Влияние может быть на атмосферу, в виде выбросов вредных веществ, на гидросферу, в случае попадания вредных веществ в грунтовые воды, или же в реки и озера, и влияние на литосферу, в случае попадания вредных веществ в почву.

Результаты по идентификации негативных экологических факторов сведены в таблицу 5.7.

Таблица 5.7

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта	Негативное экологическое воздействие на атмосферу	Негативное экологическое воздействие на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Запрессовка шарниров и установка опоры шаровой на рычаг передней подвески	Рычаги передней подвески	При правильной утилизации негативное воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу отсутствуют.		

Заключение

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» был произведен анализ конструктивной и утилизационной безопасности проектируемых передних рычагов подвески. Был описан производственный участок для сборки проектируемых рычагов. К техническому объекту был составлен технологический паспорт, проведена идентификация профессиональных рисков, а также описаны методы и средства для устранения негативного воздействия опасных и вредных факторов. Был произведен анализ обеспечения пожарной безопасности технического объекта, определен класс пожара, опасные факторы пожара. Составлен список противопожарных технических средств. Размещение данных средств отражено на схеме участка сборки. Проведен анализ экологической безопасности технического объекта.

6 Экономическая эффективность проекта

В данном дипломном проекте предлагается модернизировать переднюю подвеску автомобиля LADA X-RAY, путем замены рычагов передней подвески. Модернизация заключается в следующем: подвеска с имеющимися рычагами на действующем автомобиле обладает хорошей энергоемкостью, однако при этом управляемость автомобиля оказывается несколько хуже, чем у аналогичных автомобилей производителей-конкурентов. Предлагается заменить в имеющейся конструкции рычаги подвески другими рычагами, которые уже зарекомендовали себя в другом автомобиле. Данная модернизация влечет за собой ряд преимуществ, среди которых: унификация деталей автомобиля, улучшение управляемости и устойчивости автомобиля, возможность применения колес большего диаметра, что несомненно положительно скажется на продажах.

Таким образом, данная модернизация должна повысить ходовые, а также потребительские качества автомобиля. В данном разделе отражен проведенный технико-экономический сравнительный анализ двух вариантов, базового и проектируемого, для определения экономического эффекта от данных технических решений.

6.1 Определение расчетной цены проектируемого изделия

Исходные данные для расчета экономической эффективности сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

Наименование	Величина	Един. изм.	Показатель
Годовой выпуск изделий	$V_{\text{год}}$	Шт.	25000

Продолжение таблицы 6.1

Наименование	Величина	Един. изм.	Показатель
Страховые взносы в фонды	$K_{св}$	%	30
Коэффициент общих заводских расходов	$E_{обзвд}$	%	215
Коэффициент расходов на коммерцию	$E_{км}$	%	5
Коэффициент затрат на оборудование	$K_{обор}$	%	194
Транспортные и заготовительные расходы	$E_{тзр}$	%	1.45
Цеховые расходы	$E_{цех}$	%	183
Коэффициент затрат на инструмент	$E_{инстр}$	%	3
Коэффициент рентабельности	$K_{рент}$	%	30
Коэффициент выплат не связанных с производством	$K_{вып}$	%	12
Коэффициент отражающий премии и доплаты	$K_{прем}$	%	23
Коэффициент возвратных отходов	$K_{вот}$	%	1
Тарифная ставка в час для рабочего 3-го разряда	$Cp3$	руб.	66.71
Тарифная ставка в час для рабочего 3-го разряда	$Cp4$	руб.	72.24
Тарифная ставка в час для рабочего 3-го разряда	$Cp5$	руб.	79.89
Капиталообразующие инвестиции	$K_{инв}$	%	0.022

Расчет затрат на изделия покупные проводится по следующей формуле:

$$\Pi_{из} = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{тзр}}{100} \right) \quad (6.1)$$

где C_i – это оптовая цена изделия или полуфабриката, руб.

n_i – это количество изделий или полуфабрикатов, шт.

Шарнир рычага задний и передний:

$$\Pi_{\text{из}} = 327.11 \cdot 2 \cdot (1 + 0.0145) = 663.71 \text{ руб.}$$

Шаровая опора рычага правая и левая:

$$\Pi_{\text{из}} = 475.00 \cdot 1 \cdot (1 + 0.0145) = 482.02 \text{ руб.}$$

Заклепка крепления шаровой опоры:

$$\Pi_{\text{из}} = 5 \cdot 6 \cdot (1 + 0.0145) = 30.44 \text{ руб.}$$

Рычаг передней подвески правый и левый:

$$\Pi_{\text{из}} = 2533.52 \cdot 1 \cdot (1 + 0.0145) = 2570.26 \text{ руб.}$$

Болт крепления рычага к подрамнику M12*175*80:

$$\Pi_{\text{из}} = 25 \cdot 2 \cdot (1 + 0.0145) = 50.73 \text{ руб.}$$

Гайка крепления шарнира рычага M12:

$$\Pi_{\text{из}} = 33.78 \cdot 4 \cdot (1 + 0.0145) = 137.08 \text{ руб.}$$

Болт крепления рычага к подрамнику M12*175*95:

$$\Pi_{\text{из}} = 30.00 \cdot 2 \cdot (1 + 0.0145) = 60.87 \text{ руб.}$$

Результаты проводимого расчета статьи затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты» сведем в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 Расчет затрат на покупные изделия

Наименование полуфабрикатов	Количество, шт.	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Шарнир рычага задний, руб.	2	327.11	663.71
Шарнир рычага передний, руб.	2	327.11	663.71

Продолжение таблицы 6.2

Наименование полуфабрикатов	Количество, шт.	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Шаровая опора рычага правая, руб.	1	475.13	482.02
Шаровая опора рычага левая, руб.	1	475.13	482.02
Заклепка крепления шаровой опоры 8*25, руб.	6	5.00	30.44
Рычаг передней подвески правый, руб.	1	2533.52	2570.26
Рычаг передней подвески левый, руб.	1	2533.52	2570.26
Болт крепления рычага к подрамнику М12*175*80, руб.	2	425.48	863.30
Гайка крепления шарнира рычага М12, руб.	2	33.78	68.54
Болт крепления рычага к подрамнику М12*175*95, руб.	2	246.08	499.30
ИТОГО:			7711.07

Расчет статьи затрат «Основная заработная плата производственных рабочих» проводится по формуле:

$$З_{\text{ос}} = З_{\text{та}} \cdot \left(1 + \frac{К_{\text{прем.}}}{100} \right), \quad (6.2)$$

где $З_{\text{т}}$ – это тарифная заработная плата, руб., которая считается по формуле:

$$З_{\text{та}} = C_{\text{р}} \cdot \tau, \quad (6.3)$$

где $C_{\text{р}}$ – это часовая тарифная ставка рабочего, руб;

m – трудоемкость выполнения операции, час;

$K_{\text{прем.}}$ – премиальный коэффициент, связанный с работой на производстве, %. (данные берутся из Таблицы 1).

1) Заготовительные

$$З_{\text{та}} = 66.71 \cdot 20.4 = 1360.88 \text{ руб.}$$

2) Сборочные

$$З_{\text{та}} = 72,24 \cdot 39.9 = 2882.38 \text{ руб.}$$

3) Испытательные

$$З_{\text{та}} = 79.89 \cdot 4 = 319.56 \text{ руб.}$$

Результат расчета сведем в таблицу 6.3. «Расчет основной заработной платы производственных рабочих».

Таблица 6.3. Расчет основной заработной платы производственных рабочих.

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Заготовительные	3	0,135	66,71	9,01
Сборочные	4	0,175	72,24	12,64
Испытательные	5	0,193	79,89	15,42
ИТОГО:				37,06
Премияльные доплаты				8,53
Основная з/п				45,59

Расчет дополнительной заработной платы производственных рабочих проводится по формуле:

$$З_{дп} = З_{ос} \cdot К_{вып} = 45.59 \cdot 0.12 = 5.47 \text{ руб} \quad (6.4)$$

где $К_{вып}$ - это коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве, %.

Расчет отчислений в единый социальный налог проводится по формуле:

$$С_{соцн} = (З_{ос} + З_{дп}) \cdot E_{соцн} = (45.59 + 5.47) \cdot 0.3 = 15.32 \text{ руб} \quad (6.5)$$

где $E_{соц.н}$ - коэффициент отчислений, %.

Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования проводится по формуле:

$$С_{содобр} = З_{ос} \cdot E_{обор} = 45.59 \cdot 1.94 = 88.45 \text{ руб} \quad (6.6)$$

где $E_{обор.}$ - коэффициент отражающий расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, %.

Расчет цеховых расходов проводится по формуле:

$$C_{цех} = З_{ос} \cdot E_{цех} = 45.59 \cdot 1.83 = 83.43 \text{ руб} \quad (6.7)$$

где $E_{цех}$ - коэффициент цеховых расходов, %.

Расчет расходов на инструмент и оснастку проводится по формуле:

$$С_{инстр} = З_{ос} \cdot E_{инстр} = 45.59 \cdot 0.03 = 1.37 \text{ руб} \quad (6.8)$$

где $E_{инстр}$ - коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %.

Расчет себестоимости цеха выполняется по формуле:

$$С_{цех с/с} = П_{из} + З_{ос} + З_{дп} + С_{соцн} + С_{сод.обор.} + С_{цех} + С_{инстр} = 7711.07 + 45.59 + 5.47 + 15.32 + 88.45 + 83.43 + 1.37 = 7950 \text{ руб.} \quad (6.9)$$

Расчет расходов общезаводских выполняется по формуле:

$$C_{\text{обзвд}} = Z_{\text{ос}} \cdot E_{\text{обзвд}} = 45.59 \cdot 2.15 = 98.02 \text{ руб} \quad (6.10)$$

где $E_{\text{обзвд}}$ - коэффициент общезаводских расходов, %.

Расчет себестоимости общезаводской выполняется по формуле:

$$C_{\text{обзвд.с/с}} = C_{\text{обзвд}} + C_{\text{цехс/с}} = 98.02 + 7950.69 = 8048.71 \text{ руб} \quad (6.11)$$

Расчет коммерческих расходов проводится по формуле;

$$C_{\text{км.}} = C_{\text{обзвд.с/с}} \cdot E_{\text{км}} = 8048.71 \cdot 0.05 = 402.44 \text{ руб} \quad (6.12)$$

где $E_{\text{км}}$ - коэффициент коммерческий расходов, %.

Расчет полной себестоимости проводится по формуле:

$$C_{\text{пл}} = C_{\text{обзвд.с/с}} + C_{\text{км.}} = 8048.71 + 402.44 = 8451.15 \text{ руб} \quad (6.13)$$

Расчетная цена для проектируемого изделия рассчитывается по формуле:

$$Ц_{\text{рсчп}} = C_{\text{пл}} \cdot (1 + K_{\text{рент}}) = 8451.15 \cdot (1 + 0.3) = 10986.49 \text{ руб} \quad (6.14)$$

где коэффициент показывающий рентабельность $K_{\text{рент}}$ принимаем равным 30% ;

$$Ц_{\text{рсчп}} = Ц_{\text{рсчб}} \quad (6.15)$$

Затраты приходящиеся на создание базовых и проектируемых рычагов сведены в таблицу 6.4.

Таблица 6.4

Показатель	Величина	Затраты на базовую единицу	Затраты на проектную единицу
Покупные изделия	$\Pi_{\text{из}}$	7188.75	7711.07

Продолжение таблицы 6.4

Показатель	Величина	Затраты на базовую единицу	Затраты на проектную единицу
Основная заработная плата	Z_{oc}	44.86	45.59
Дополнительная заработная плата	$Z_{дп}$	5.38	5.47
Отчисления в фонды и налоги	$C_{соцн}$	15.07	15.32
Затраты на оборудование	$C_{сод.обор}$	87.03	88.45
Расходы цеховые	$C_{цех}$	82.09	83.43
Затраты на инструмент и оснаст- ку	$C_{инстр}$	1.34	1.37
Себестоимость цеховая	$C_{цехс} / с$	7424.53	7950.69
Расходы общезаводские	$C_{обзвд}$	96.45	98.02
Общая заводская себестоимость	$C_{обзвдс} / с$	7520.98	8048.71
Расходы на коммерцию	$C_{км}$	376.05	402.44
Себестоимость изделия	$C_{шт}$	7897.03	8451.15
Цена изделия	$C_{рсч}$	10986.49	10986.49

6.2 Определение критического объема производства

Определение объема продаж, при котором организация покрывает все свои расходы без получения прибыли называется расчетом точки безубыточности. Определение такого объема продаж возможно аналитическим и графическим методом. Необходимо определить постоянные и переменные издержки производства, продажную цену продукта.[16]

В точке критического объема (точке безубыточности производства) прибыль равна нулю, а объем продаж покрывает переменные ($Z_{пер}$) и постоянные ($Z_{пост}$) издержки.

Тогда математическая формула безубыточности будет иметь следующий вид:

$$C_{отп} \cdot V_{гд} = Z_{пст} + Z_{пруд} \cdot V_{гд} , \quad (6.16)$$

где - $C_{отп}$ - цена продукции;

$V_{гд}$ - объем производства;

$Z_{пст}$ - постоянные издержки;

$Z_{пруд}$ – переменные удельные издержки.

Изменяющиеся затраты:

На единицу изделия:

$$Z_{прбуд} = \Pi_{из} + Z_{тэ} + Z_{ос} + Z_{д} + C_{соцн} + Z_{тзр} \quad (6.17)$$

$$Z_{прбуд} = 7188.75 + 4486.86 + 5.38 + 15.07 = 7254.06 \text{ руб.}$$

$$Z_{прпуд.} = 7711.07 + 45.59 + 5.47 + 15.32 = 7777.45 \text{ руб.}$$

На годовую программу выпуска изделия

$$Z_{пр.б} = Z_{пруд.} \cdot V_{год} = 25\,000 \cdot 7254.06 = 181\,351\,500 \text{ руб.} \quad (6.18)$$

$$Z_{пр.п} = 25\,000 \cdot 7777.45 = 194\,436\,250 \text{ руб.}$$

Не изменяющиеся затраты:

На единицу изделия

$$З_{\text{пстуд}} = (C_{\text{сод.обор}} + C_{\text{инстр}}) \cdot 0.85 + C_{\text{цех}} + CC_{\text{обзвд}} + З_{\text{пр}} + C_{\text{км}} + A_{\text{уд}} \quad (6.19)$$

где $A_{\text{уд}}$ – амортизационные отчисления, руб.;

$$A_{\text{уд}} = (C_{\text{сод.обор}} + C_{\text{инстр}}) \cdot H_{\text{амр}} \quad (6.20)$$

здесь $H_{\text{амр}}$ – норма амортизационных отчислений, %;

Принимаем $H_{\text{амр}} = 15 \%$.

$$A_{\text{удб}} = (87.03 + 1.34) \cdot 0.15 = 13.26 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{удп}} = (88.45 + 1.37) \cdot 0.15 = 13.47 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пстудб}} = (87.03 + 1.34) \cdot 0.85 + 82.09 + 96.45 + 0.30 + 376.05 + 13.26 = 643.26 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пстудп}} = (88.45 + 1.37) \cdot 0.85 + 83.43 + 98.02 + 0.30 + 402.44 + 13.47 = 674.01 \text{ руб.}$$

На годовую программу выпуска изделия

$$З_{\text{пст}} = З_{\text{пстуд}} \cdot V_{\text{гд}} \quad (6.21)$$

$$З_{\text{пстб}} = 643.26 \cdot 25000 = 16\,081\,612 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пстп}} = 674.01 \cdot 25000 = 16\,850\,250 \text{ руб.}$$

Себестоимость полная по годовому выпуску изделия:

$$C_{\text{плгод}} = C_{\text{пол.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (6.22)$$

$$C_{\text{плгод}} = 8451.15 \cdot 25000 = 211\,278\,750 \text{ руб.}$$

Выручка, полученная от реализации изделия:

$$B = Ц_{\text{отп.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (6.23)$$

$$B = 10986.49 \cdot 25000 = 274\,662\,250 \text{ руб.}$$

Доход маржинальный:

$$D_{\text{м}} = B - З_{\text{пр}} \quad (6.24)$$

$$D_{\text{м}} = 274\,662\,250 - 194\,436\,250 = 80\,226\,000 \text{ руб.}$$

Объем продаж при котором прибыль равна нулю:

$$A_{\text{кр}} = \frac{З_{\text{пст}}}{Ц_{\text{отп.}} - З_{\text{пр}}} \quad (6.25)$$

$$A_{\text{кр}} = \frac{16850250}{10986.49 - 7777.45} = 5251 \text{ шт.}$$

6.3 Графический метод определения критического объема производства

Графический метод определения критической точки объема производства проектируемого изделия представлен на рисунке 6.1:

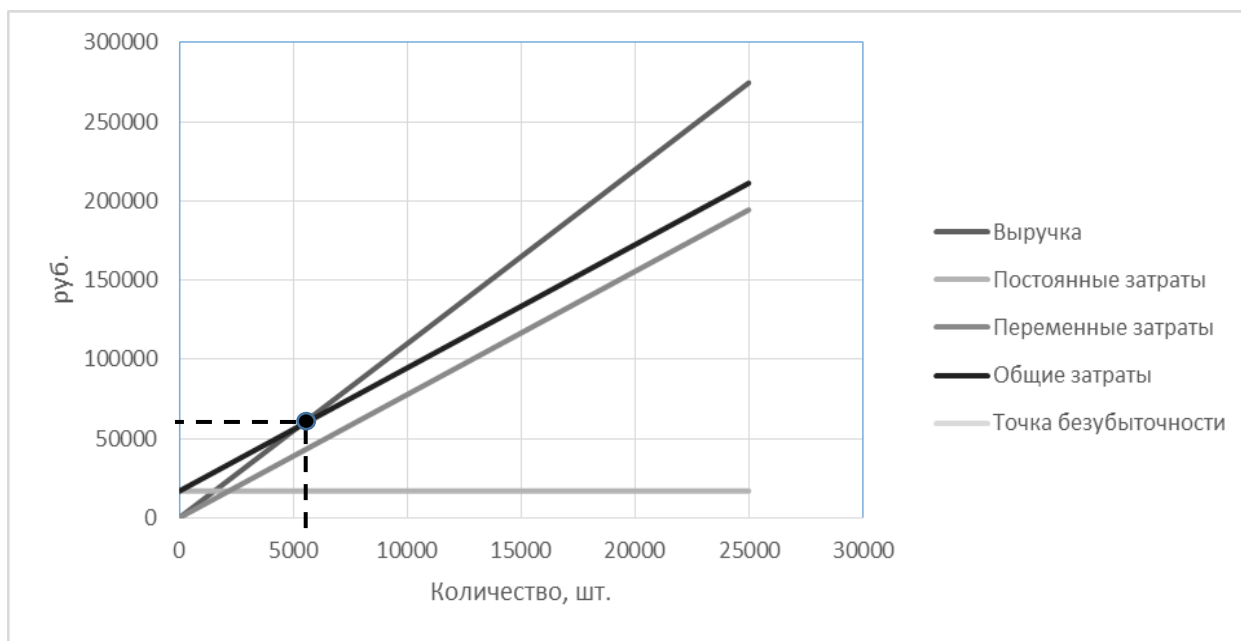


Рисунок 6.1 – Графический метод определения критического объема производства

6.4 Оценка экономической эффективности проекта

Для определения объема продаж на каждом шаге в течение расчетного периода вычисляется прирост объема производства по годам:

$$\Delta = \frac{V_{\text{мак}} - A_{\text{кр}}}{n - 1}, \quad (6.26)$$

$$\Delta = \frac{(25000 - 5251)}{6 - 1} = 3950$$

Для сопоставимости получаемых результатов изменяющийся объем продаж рассчитывается только для проектного варианта и, на основе полученных объемов, производятся вычисления выручки.

$$B_{\text{пр}i} = \Pi_{\text{рсч.}} \cdot V_{\text{пр}i}, \quad (6.27)$$

$$\text{где } V_{\text{пр}i} = A_{\text{кр}} + \Delta - \text{объем продаж в } i - \text{году.} \quad (6.28)$$

$$V_{\text{пр}1} = 5251 + 3950 = 9200 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{пр}2} = 9200 + 3950 = 13150 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{пр}3} = 13150 + 3950 = 17100 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{пр}4} = 17100 + 3950 = 21050 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{пр}5} = 21050 + 3950 = 25000 \text{ шт.}$$

Проектируемый вариант:

$$B1 = 10986.49 \cdot 9200 = 101075\,708 \text{ руб.}$$

$$B2 = 10986.49 \cdot 13150 = 144\,472\,344 \text{ руб.}$$

$$B3 = 10986.49 \cdot 17100 = 187\,868\,979 \text{ руб.}$$

$$B4 = 10986.49 \cdot 21050 = 231\,265\,615 \text{ руб.}$$

$$B5 = 10986.49 \cdot 25000 = 274\,662\,250 \text{ руб.}$$

Изменяющиеся затраты по каждому году:

$$З_{\text{пр.}i} = З_{\text{пруд}} \cdot V_{\text{пр}i} \quad (6.29)$$

$$З_{\text{пр}1 \text{ пр.}} = 7777.45 \cdot 9200 = 71\,552\,540.00 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пр.}2 \text{ пр.}} = 7777.45 \cdot 13150 = 102\,273\,467.50 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пр.}3 \text{ пр.}} = 7777.45 \cdot 17100 = 132\,994\,395.00 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пр.}4 \text{ пр.}} = 7777.45 \cdot 21050 = 163\,715\,322.50 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пр.}5 \text{ пр.}} = 7777.45 \cdot 25000 = 194\,436\,250.00 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned}
Z_{\text{пр.1 б.}} &= 7254.06 \cdot 9200 = 66\,737\,352.00 \text{ руб.} \\
Z_{\text{пр.2 б.}} &= 7254.06 \cdot 13150 = 95\,390\,889.00 \text{ руб.} \\
Z_{\text{пр.3 б.}} &= 7254.06 \cdot 17100 = 124\,044\,426.00 \text{ руб.} \\
Z_{\text{пр.4 б.}} &= 7254.06 \cdot 21050 = 152\,697\,963.00 \text{ руб.} \\
Z_{\text{пр.5 б.}} &= 7254.06 \cdot 25000 = 181\,351\,500.00 \text{ руб.}
\end{aligned}$$

Амортизационные затраты:

$$A_{\text{м}} = A_{\text{уд}} \cdot V_{\text{гд}} \quad (6.30)$$

$$A_{\text{м}} = 13.47 \cdot 25000 = 336\,750 \text{ руб.}$$

Себестоимость полная по каждому году:

$$C_{\text{пл.і}} = Z_{\text{пр.і}} + Z_{\text{пст.}} \quad (6.31)$$

$$\begin{aligned}
C_{\text{пл.1 пр.}} &= 71\,552\,540.00 + 16\,850\,250 = 88\,402\,790 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.2 пр.}} &= 102\,273\,467.50 + 16\,850\,250 = 119\,123\,717.50 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.3 пр.}} &= 132\,994\,395.00 + 16\,850\,250 = 149\,844\,645 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.4 пр.}} &= 163\,715\,322.50 + 16\,850\,250 = 180\,565\,572.50 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.5 пр.}} &= 194\,436\,250.00 + 16\,850\,250 = 211\,286\,500 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.1 б.}} &= 66\,737\,352 + 16\,081\,612 = 82\,818\,964 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.2 б.}} &= 95\,390\,889 + 16\,081\,612 = 111\,472\,501 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.3 б.}} &= 124\,044\,426 + 16\,081\,612 = 140\,126\,038 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.4 б.}} &= 152\,697\,963 + 16\,081\,612 = 168\,779\,575 \text{ руб.} \\
C_{\text{пл.5 б.}} &= 181\,351\,500 + 16\,081\,612 = 197\,433\,112 \text{ руб.}
\end{aligned}$$

Прибыль, облагаемая налогом по каждому году:

$$\text{Пр.обл.і} = \text{Впл.і} - \text{Спл.п.і} \quad (6.32)$$

$$\begin{aligned}
\text{Пр.обл.1.пр.} &= (101075\,708 - 88\,402\,790) = 12\,672\,918 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.2.пр.} &= (144\,472\,344 - 119\,123\,717.50) = 25\,348\,626 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.3.пр.} &= (187\,868\,979 - 149\,844\,645) = 38\,024\,334 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.4.пр.} &= (231\,265\,615 - 180\,565\,572.50) = 50\,700\,042 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.5.пр.} &= (274\,662\,250 - 211\,286\,500) = 63\,375\,750 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.1.б.} &= (101075\,708 - 82\,818\,964) = 18\,256\,744 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.2.б.} &= (144\,472\,344 - 111\,472\,501) = 32\,999\,842 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.3.б.} &= (187\,868\,979 - 140\,126\,038) = 47\,742\,941 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.4.б.} &= (231\,265\,615 - 168\,779\,575) = 62\,486\,039 \text{ руб.} \\
\text{Пр.обл.5.б.} &= (274\,662\,250 - 197\,433\,112) = 77\,229\,138 \text{ руб.}
\end{aligned}$$

Налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам:

$$\text{Нпр.}i = \text{Пр.обл.}i \cdot 0.20 \quad (6.33)$$

$$\begin{aligned}
\text{Нпр.1.пр.} &= 12\,672\,918 \cdot 0.20 = 2\,534\,583.60 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.2.пр.} &= 25\,348\,626 \cdot 0.20 = 5\,069\,725.20 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.3.пр.} &= 38\,024\,334 \cdot 0.20 = 7\,604\,866.80 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.4.пр.} &= 50\,700\,042 \cdot 0.20 = 10\,140\,008.40 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.5.пр.} &= 63\,375\,750 \cdot 0.20 = 12\,675\,150.00 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.1.б.} &= 18\,256\,744 \cdot 0.20 = 3\,651\,348.80 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.2.б.} &= 32\,999\,842 \cdot 0.20 = 6\,599\,968.50 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.3.б.} &= 47\,742\,941 \cdot 0.20 = 9\,548\,588.20 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.4.б.} &= 62\,486\,039 \cdot 0.20 = 12\,497\,207.90 \text{ руб.} \\
\text{Нпр.5.б.} &= 77\,229\,138 \cdot 0.20 = 15\,445\,827.60 \text{ руб.}
\end{aligned}$$

Чистая прибыль по каждому году:

$$\text{Пр.ч.}i = \text{Пр.обл.}i - \text{Нпр.}i \quad (6.34)$$

$$\begin{aligned}
\text{Пр.ч.1.пр.} &= 12\,672\,918 - 2\,534\,583.60 = 10\,138\,334.40 \text{ руб.} \\
\text{Пр.ч.2.пр.} &= 25\,348\,626 - 5\,069\,725.20 = 20\,278\,900.80 \text{ руб.} \\
\text{Пр.ч.3.пр.} &= 38\,024\,334 - 7\,604\,866.80 = 30\,419\,467.20 \text{ руб.} \\
\text{Пр.ч.4.пр.} &= 50\,700\,042 - 10\,140\,008.40 = 40\,560\,033.60 \text{ руб.} \\
\text{Пр.ч.5.пр.} &= 63\,375\,750 - 12\,675\,150.00 = 50\,700\,600.00 \text{ руб.}
\end{aligned}$$

$$\text{Пр.ч.1.б.} = 18\,256\,744 - 43\,816\,18.56 = 14\,605\,395.20 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.ч.2.б.} = 32\,999\,842.50 - 7\,919\,962.20 = 26\,399\,874.00 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.ч.3.б.} = 47\,742\,941 - 11\,458\,305.84 = 38\,194\,352.80 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.ч.4.б.} = 62\,486\,039.50 - 14\,996\,649.48 = 49\,988\,831.60 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр.ч.5.б.} = 77\,229\,138 - 18\,534\,993.12 = 61\,783\,310.40 \text{ руб.}$$

6.5 Определение общественного эффекта проекта

По данным Росстата, в среднем автомобиль проезжает в год 17 тыс.км. Исходя из годовой программы выпуска, получаем, что они проедут в среднем:

$$P_{\text{роб.1}} = 9200 * 17\,000 = 156\,400\,000 \text{ км.}$$

$$P_{\text{роб.2}} = 13150 * 17\,000 = 223\,550\,000 \text{ км.}$$

$$P_{\text{роб.3}} = 17100 * 17\,000 = 290\,700\,000 \text{ км.}$$

$$P_{\text{роб.4}} = 21050 * 17\,000 = 357\,850\,000 \text{ км.}$$

$$P_{\text{роб.5}} = 25000 * 17\,000 = 425\,000\,000 \text{ км.}$$

В среднем водитель попадает в ДТП с ранением одного человека через 380000 км, со смертью для одного из участников – через 1400000 км.

Выведем количественно данные для каждого года по ранениям и смертельным исходам в таблицу 6.5:

Таблица 6.5

Год производства изделия	Общий пробег для выпущенных автомобилей в тысячах километров	Случай ранения одного человека, участника ДТП	Случай смерти человека, одного участника ДТП
1	156400000	4115	1117
2	223550000	5883	1597
3	290700000	7650	2076
4	357850000	9417	2556
5	425000000	11184	3036

Исходя из статистики ДТП, происшествия из-за неисправной передней подвески составляют 12 % от всех ДТП. Смерть из-за неисправной передней подвески случается в 5 % случаев.

Выведем данные по ранениям и смертельным исходам из-за неисправной передней подвески в таблицу 6.6:

Таблица 6.6

Год вы-пуска	Ранение одного из пассажиров	Смертельный исход одного из участников ДТП
1	494	56
2	706	80
3	918	104
4	1130	128
5	1342	152

Внедрение новой передней подвески снизит количество пострадавших в ДТП на 15 %.

Рассчитаем потерю национального дохода от смерти одного человека по формуле:

$$\Delta H_{\text{д}} = \frac{\text{Пр} \cdot (L_2 - L_1)}{Ч_{\text{т.н.}}} \quad (6.35)$$

где $\text{Пр} = 262,46 \cdot 10^9$ руб., – прибыль, полученная во всех отраслях экономики;

$Ч_{\text{т.н.}} = 75$ млн.чел. – количество трудоспособного населения;

$L_1 = 35$ – средний возраст водителей, попадающих в ДТП;

$L_2 = 60$ – пенсионный возраст.

$$\Delta H_{\text{д}} = \frac{262 \cdot 10^9 \cdot (60 - 35)}{75 \cdot 10^6} = 87.49 \cdot 10^3 \text{ руб.}$$

Ранения по степени тяжести классифицируются как:

- Легкие ранения – повреждения, вызывающие болезнь со сроком до 28 дней;
- Тяжелые ранения – телесные повреждения вызывающие болезнь свыше 8 дней или утратой трудоспособности более чем на 35 %;
- Смертельные – повреждения, вызывающие смерть на месте ДТП или не позднее 7 суток после ДТП.

Расчет социального эффекта ($\mathcal{E}_{\text{общ}}$) представим в виде таблицы 6.7:

Таблица 6.7

Полу- чен- ные ущерб чело- веком	Процент тяжести ран	Количество чело- век		Разница	Коэф- фици- ент тяже- сти ДТП	Экономиче- ские потери, тыс. руб.	Экономия от эффекта, тыс.руб.
		До внедре- ния	После внедре- ния				
1-й год							
Ране- ния	100 %	4116	3498	617	-	-	-
легкие	71 %	2922	2484	627	0,15	13,12	5750,91
Тяже- лые	29 %	1194	1015	179	0,46	40,25	7206,23
Смер- тель- ные		56	47	8	1	87,49	733,04
ИТОГО:							13690,18
2-й год							
Ране- ния	100 %	5883	5000	883	-	-	-
легкие	71 %	4177	3550	627	0,15	13,12	8220,05

Продолжение таблицы 6.7

Полу- чен- ные ущерб чело- веком	Процент тяжести ран	Количество чело- век		Разница	Коэф- фици- ент тяже- сти ДТП	Экономиче- ские потери, тыс. руб.	Экономия от эффекта, тыс.руб.
		До внедре- ния	После внедре- ния				
Тяже- лые	29 %	1706	256	1450	0,46	40,25	10300,21
Смер- тель- ные		80	68	12	1	87,49	1047,77
ИТОГО:							19568,04
3-й год							
Ране- ния	100 %	7650	6503	1147	-	-	-
легкие	71 %	5432	4617	815	0,15	13,12	10689,19
Тяже- лые	29 %	2219	1886	333	0,46	40,25	13394,19
Смер- тель- ные		104	88	16	1	87,49	1362,50
ИТОГО:							25445,89
4-й год							
Ране- ния	100 %	9417	8005	1412	-	-	-
легкие	71 %	6686	5683	1003	0,15	13,12	13158,33
Тяже- лые	29 %	2731	2321	410	0,46	40,25	16488,17

Продолжение таблицы 6.7

Полу- чен- ные ущерб чело- веком	Процент тяжести ран	Количество чело- век		Разница	Коэф- фици- ент тяже- сти ДТП	Экономиче- ские потери, тыс. руб.	Экономия от эффекта, тыс.руб.
		До внедре- ния	После внедре- ния				
Смер- тель- ные		128	109	19	1	87,49	1677,23
ИТОГО:							31323,74
5-й год							
Ране- ния	100 %	11184	9507	1677	-	-	-
легкие	71 %	7941	6750	1191	0,15	13,12	15627,47
Тяже- лые	29 %	3243	2757	486	0,46	40,25	19582,15
Смер- тель- ные		152	129	23	1	87,49	1991,96
ИТОГО:							37201,59

Чистый доход с учетом общественного эффекта:

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр.ч.і.пр.} - \text{Пр.ч.і.б.} + \text{Ам} + \text{Эобщ.} \quad (6.36)$$

$$\text{ЧД}_1 = 10\,138\,334.40 - 14\,605\,395.20 + 336\,750 + 1\,369\,018 = 955\,987.36 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_2 = 20\,278\,900.80 - 26\,399\,874.00 + 336\,750 + 1\,956\,804 = 1\,378\,381.20 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_3 = 30\,419\,467.20 - 38\,194\,352.80 + 336\,750 + 2\,544\,589 = 1\,800\,775.10 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_4 = 40\,560\,033.60 - 49\,988\,831.60 + 336\,750 + 3\,132\,374 = 2\,223\,168.90 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_5 = 50\,700\,600.00 - 61\,783\,310.40 + 336\,750 + 3\,720\,159 = 2\,645\,562.80 \text{ руб.}$$

6.6 Дисконтирование денежного потока

Осуществляется дисконтирование путем умножения значений денежного потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + K_{\text{рент.}})^t} \quad (6.37)$$

где $K_{\text{рент.}}$ – коэффициент рентабельности; $K_{\text{рент.}} = 10\%$;

t – год приведения затрат и результатов (расчетный год).

$$\alpha_1 = 0.909$$

$$\alpha_2 = 0.826$$

$$\alpha_3 = 0.753$$

$$\alpha_4 = 0.683$$

$$\alpha_5 = 0.621$$

Чистый дисконтированный поток реальных денег:

$$\text{ЧДД}_i = \text{ЧД}_i \cdot \alpha_i \quad (6.38)$$

$$\text{ЧДД}_1 = 955\,987.36 \cdot 0.909 = 868\,992.51 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_2 = 1\,378\,381.20 \cdot 0.826 = 1\,138\,542.88 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_3 = 1\,800\,775.10 \cdot 0.753 = 1\,355\,983.63 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_4 = 2\,223\,168.90 \cdot 0.683 = 1\,518\,424.37 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_5 = 2\,645\,562.80 \cdot 0.621 = 1\,642\,894.48 \text{ руб.}$$

Чистый доход с учетом дисконтирования:

$$\sum \text{ЧДД} = \sum \text{ЧДД}_i \quad (6.39)$$

$$\sum \text{ЧДД} = 868\,992.51 + 1\,138\,542.88 + 1\,355\,983.63 + 1\,518\,424.37 + 1\,642\,894.48$$

$$\sum \text{ЧДД} = 6\,524\,837.87 \text{ руб.}$$

Необходимость в капиталобразующих инвестициях составляет:

$$J_0 = K_{\text{инв}} \cdot \sum C_{\text{пол.п.}i} \quad (6.40)$$

где $K_{\text{инв}} = 8\%$ – коэффициент капиталобразующих инвестиций.

$$J_0 = 0.008 \cdot (8402790 + 119123717 + 149844645 + 180565572 + 211286500)$$

$$J_o = 5993785.80 \text{ руб.}$$

Индекс, характеризующий доходность проекта:

$$JD_i = \frac{\sum \text{ЧДД}}{J_o} \quad (6.41)$$

$$JD_i = \frac{6524837.87}{5993785.80} = 1.1$$

Срок, за который проект окупится:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{J_o}{\sum \text{ЧДД}} \quad (6.42)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{5993785.80}{6524837.87} = 0.91$$

Итоговый чистый доход с учетом дисконтирования:

$$\text{ЧДД} = \sum \text{ЧДД} - J_o \quad (6.43)$$

$$\text{ЧДД} = 6524837.87 - 5993785.80 = 531052.07 \text{ руб.}$$

Расчет экономической эффективности проектируемой передней подвески отразим в таблицу 6.8:

Таблица 6.8

Показатель	Годы производства					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Количество проданных изделий		9200	13150	17100	21050	25000
Цена, по которой отпускается изделие $\Pi_{\text{отп}}$ (руб.)		10986,49				

Продолжение таблицы 6.8

Показатель	Годы производства					
	0	1	2	3	4	5
Вырученные средства, В (тыс.руб.)		101076	144472	187869	231266	274662
Изменяющиеся затраты (тыс.руб.) $Z_{пр.б}$		66737	95391	124044	152698	181352
$Z_{пр.п}$		71553	102273	132994	163715	194436
Амортизационные затраты, Ам (руб.)		336750				
Не изменяющиеся затраты, (тыс.руб.) $Z_{пст.б}$		16082				
$Z_{пст.п}$		16850				
Полная стоимость изделия, (тыс.руб.) $C_{пл.б}$		82819	111473	140126	168780	197433
$C_{пл.п}$		88403	119124	149845	180566	211287
Прибыль чистая, (тыс.руб.) $P_{рч.б}$		14605	26399	38194	49988	61783
$P_{рч.п}$		10138	20279	30419	40560	20701
Прибыль от общественной эффективности, $\mathcal{E}_{общ}$ (тыс.руб.)		13690	19568	25446	31324	37202
Чистый доход средств, (тыс.руб.) ЧД		956	1378	1801	2223	2646

Продолжение таблицы 6.8

Показатель	Годы производства					
	0	1	2	3	4	5
Коэффициент дисконтирования α_i		0,909	0,826	0,753	0,683	0,621
Реальный чистый дисконтированный доход (тыс.руб.) ЧДД		869	1139	1356	1518	1643
Инвестиции капиталообразующие, (тыс.руб.) J	5994					
Общий чистый доход с учетом дисконтирования, (руб.) $\sum \text{ЧДД}$		6524837,87				
Индекс характеризующий доходность JD		1,1				
Срок окупаемости проекта, (год) $T_{\text{окуп}}$		0,91				
Чистый доход с учетом дисконтирования и инвестиций, (тыс.руб.) ЧДД		531052,07				

На основе полученных расчетов статей затрат и показателей эффективности его внедрения в производство можно сделать следующие выводы:

1. Затраты на изготовление и сбыт изделия выше, чем у базового на 7 %, что свидетельствует о некотором повышении издержек на производство продукции, однако изделие обладает лучшим общественным эффектом.

2. Чистый дисконтированный доход положительный но невысокий, что характеризует прирост экономического потенциала предприятия.

3. Индекс доходности инвестиций равен 1,1, что больше 1, это показывает эффективность предлагаемого проекта.

4. Срок окупаемости меньше года (0,91), что свидетельствует о минимальных рисках при внедрении данного проекта и за относительно короткое время проект начнет приносить дополнительную прибыль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенной работы является модернизация передней подвески автомобиля Lada X-RAY. Задачей проекта являлось изменение конструкции передней подвески путем замены нижних рычагов подвески с целью улучшения управляемости и устойчивости автомобиля, а также возможность установки колес большего диаметра.

Было принято решение о применении нижних рычагов подвески, которые в настоящее время используются на автомобиле Lada Vesta. При выполнении конструкторской части был проведен тяговый расчет, а также расчет узлов подвески. В частности, расчет требуемых характеристик жесткости пружин и стабилизаторов, а также демпфирующие характеристики амортизаторов. Был составлен технологический процесс сборки данных рычагов, проведен анализ безопасности и экологичности данной модернизации. Проведен анализ экономической эффективности проекта, который показал, что проект будет приносить прибыль.

По итогам проделанной работы можно сделать вывод о соответствии данной модернизации заявленным требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соломатин, Н.С. Конструирование и расчёт автомобиля: учебно-методическое пособие [Текст] / Н.С. Соломатин; ТГУ каф. «Автомобили и тракторы».-ТГУ.-Тольятти: ТГУ, 2007.-18 с. М:Автополус плюс, 2005 - 557 с.
2. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: Учебн. Пособие [Текст] / Л.А.Черепанов – Тольятти: ТГУ, 2001. – 40с.
3. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. Курс лекций.-125 с.
4. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] / Й. Раймпель. – М. :Машиностроение, 1983. – 356 с.
5. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузову, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф.Родионов. – М. : Машиностроение, 1984. –376 с.
6. Гришкевич, А.И. Конструкция, конструирование и расчет автомобиля: учеб. пособие [Текст] / А.И. Гришкевич, В.А.Вавуло, А.В. Карпов. – Мн. : Выш. шк., 1987. – 240 с.
7. Раймпель, Й. Шины, амортизаторы [Текст] / Й. Раймпель. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.
8. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М. : Машиностроение, 1973. – 490 с.
9. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –51 с.
10. Раймпель И. Шасси автомобиля. Конструкции подвесок [Текст] / М. : «Машино-строение», 1989 – 250с.

11. Вахламов В.К.: «Автомобили. Конструкция и элементы расчета»; М. : ИЦ «Академия», 2006г.
12. Вахламов В.К.: «Автомобили. Основы конструкции»; М. : ИЦ «Академия», 2008г.
13. Оsepчугов В.В., Фрумкин А.К.: «Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета»; М. : «Машиностроение», 1989г.
14. Черемисин А.С.: «Разработка технологических процессов сборки в автомобилестроении. Методические указания к технологической части дипломного проекта для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.
15. Михайловский Е.В., Серебряков К.Б., Тур Б.Я.: «Устройство автомобиля»; М. : «Машиностроение», 1987г.
16. Капрова В.Г. Технико-экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение / В.Г. Капрова, Н.М. Мурахтанова. Тольятти: ТГУ, 2007 – 76с.
17. Кузнецов, Б.А Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд [Текст] / Б.А. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1984. – 220 с.
18. Гаспарянц, Г. А. Конструкция, основы теории и расчета автомобиля [Текст] / Г.А. Гаспарянц. – М. :Машиностроение, 1978. – 351 с.
19. Вишняков, Н.Н. Автомобиль: Основы конструкции 2 изд-е [Текст] / Вишняков Н.Н, Вахламов В.К, Нарбут А.Н. – М. :Машиностроение, 1986. – 304 с.
20. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля [Текст] / Р.В.Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
21. Duna Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car suspension system using random road profile / International Journal of Energy and Environment, 2016
22. Jan Ziobro, Analysis of suspension element of car body on the example silentblock / Advances in Science and Technology Research Journal, 2015

23. Lucian Roman, Mathematical model and software simulation of suspension's system from opel cars / Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014
24. Dainius Luneckas, Vilius Bartulis, Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014
25. Catalin Alexandru, Vlad Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel suspension mechanisms / Ingeniería e Investigación, 2016

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягово-динамического расчета

Внешнескоростная характеристика

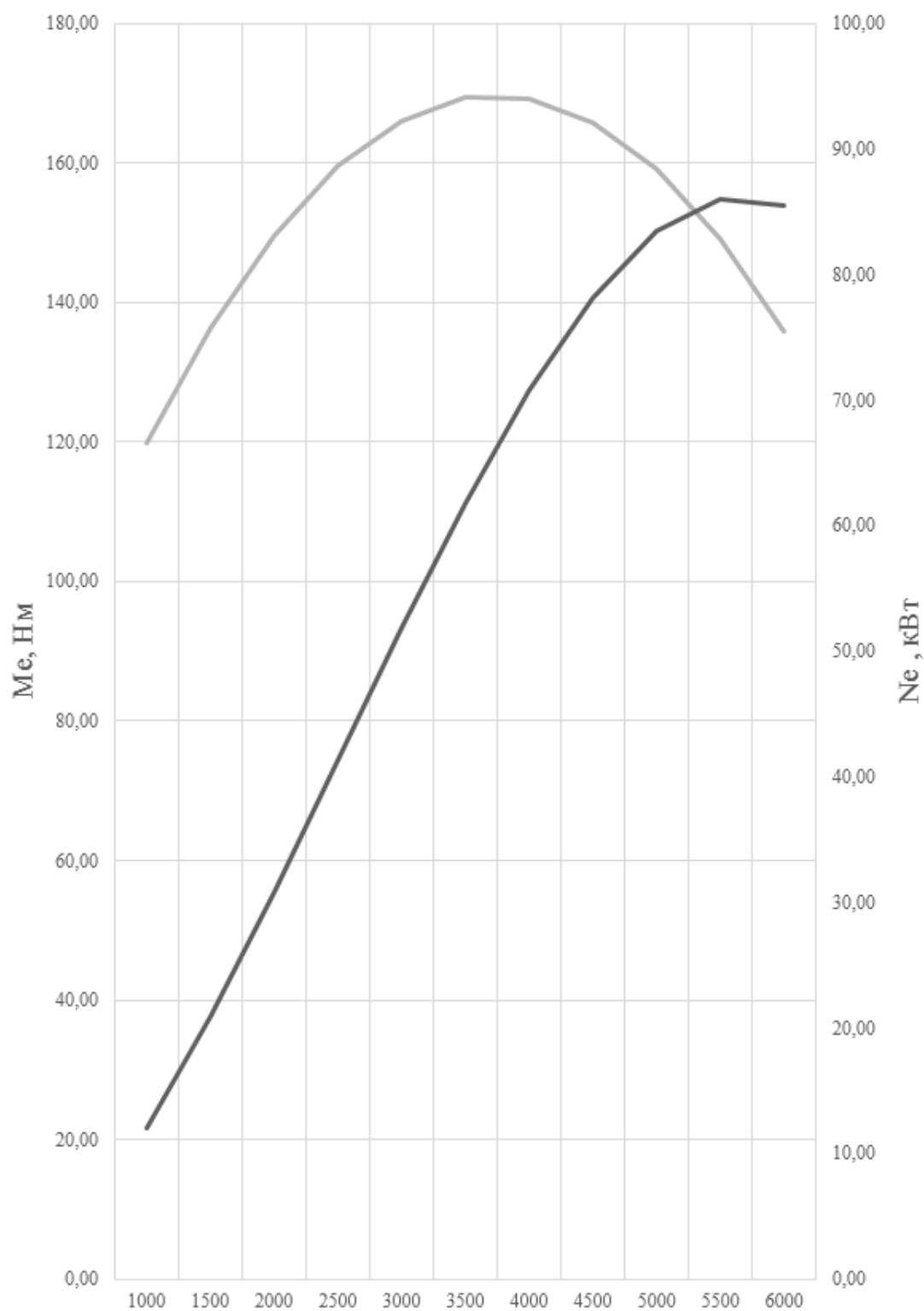


Рисунок А.1 – Внешнескоростная характеристика автомобиля

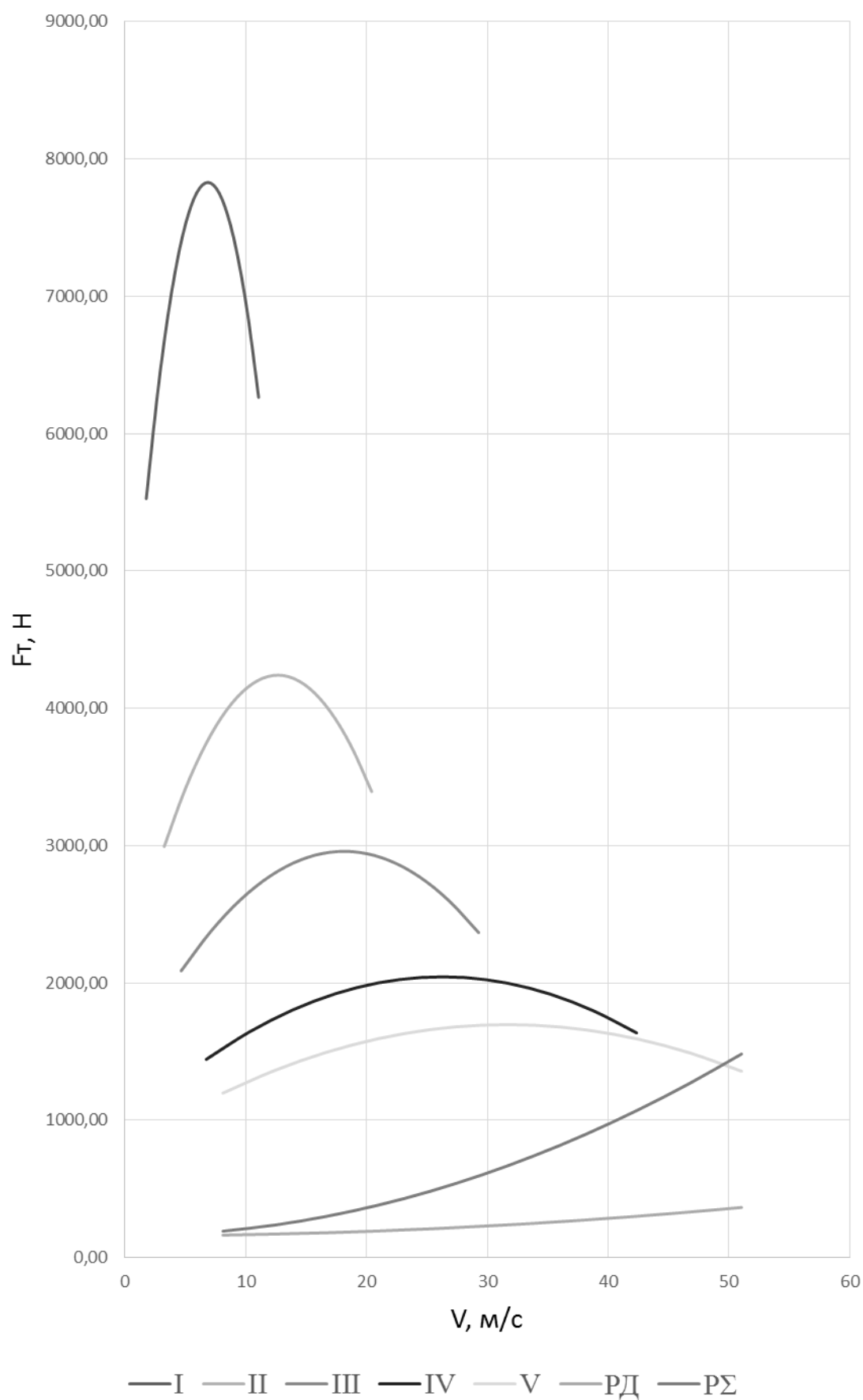
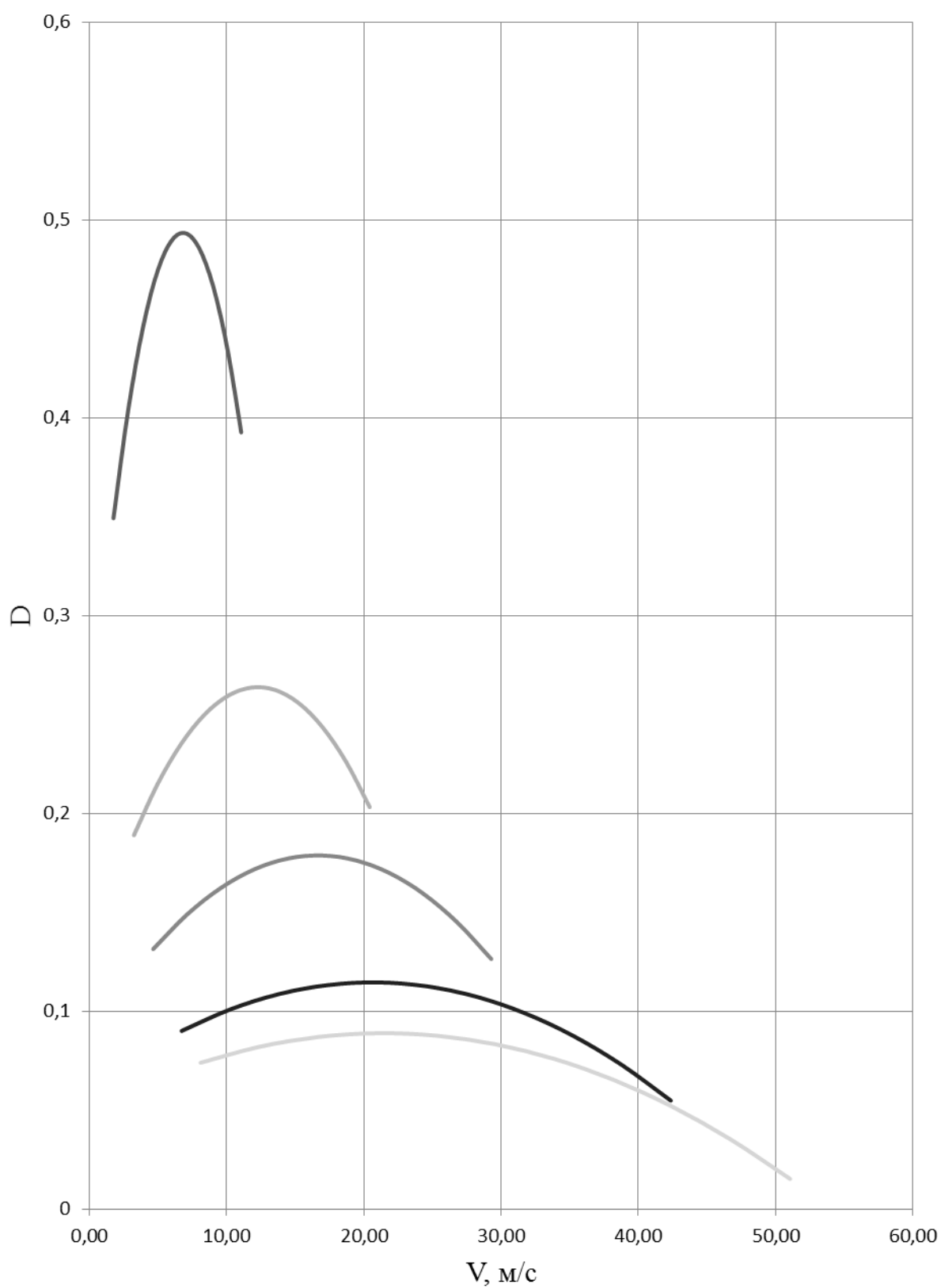
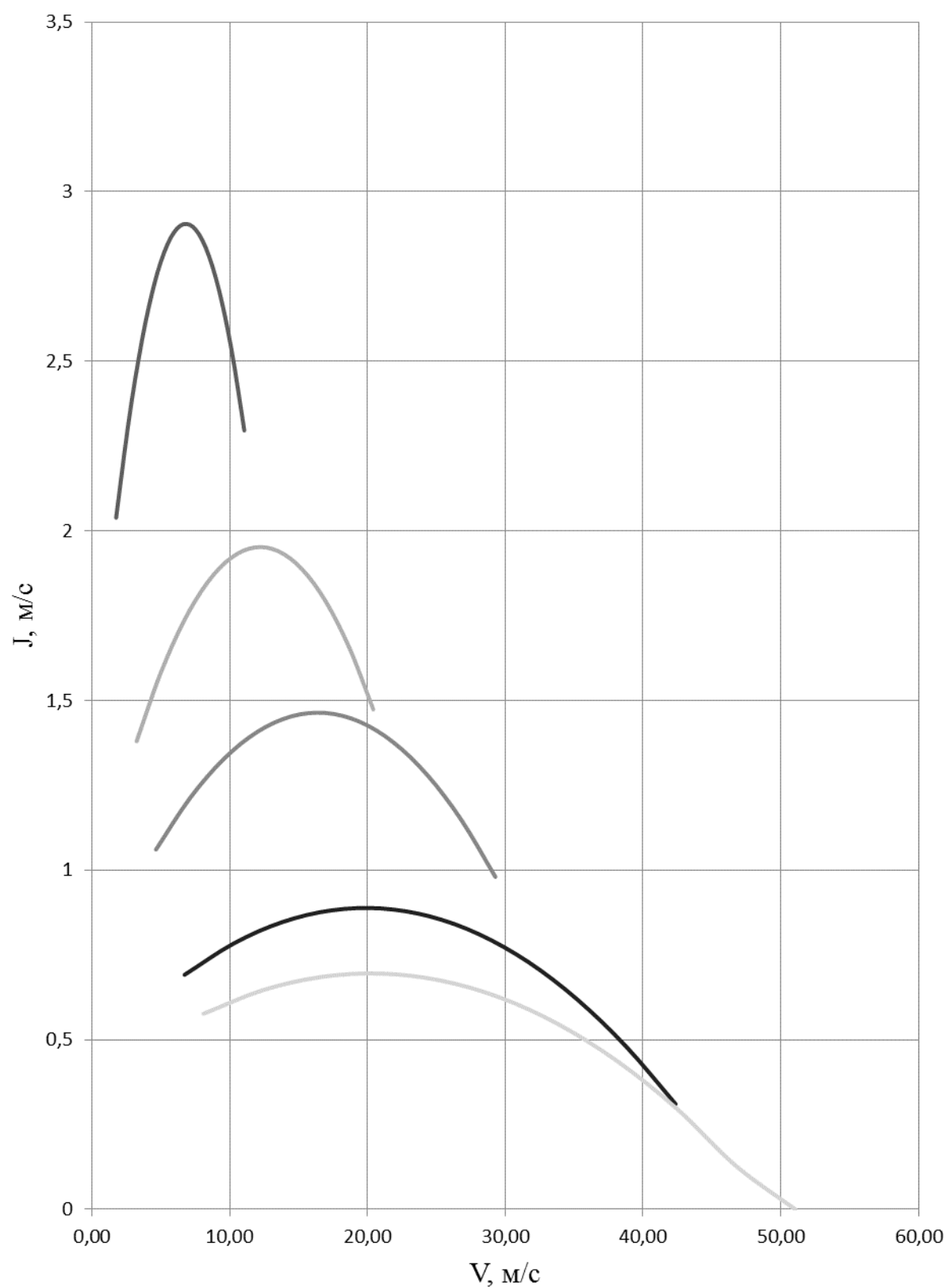


Рисунок А.2 – Тяговый баланс автомобиля



— 1 передача — 2 передача — 3 передача
 — 4 передача — 5 передача

Рисунок А.3 – Динамическая характеристика автомобиля



— 1 передача — 2 передача — 3 передача
— 4 передача — 5 передача

Рисунок А.4 – Ускорения автомобиля

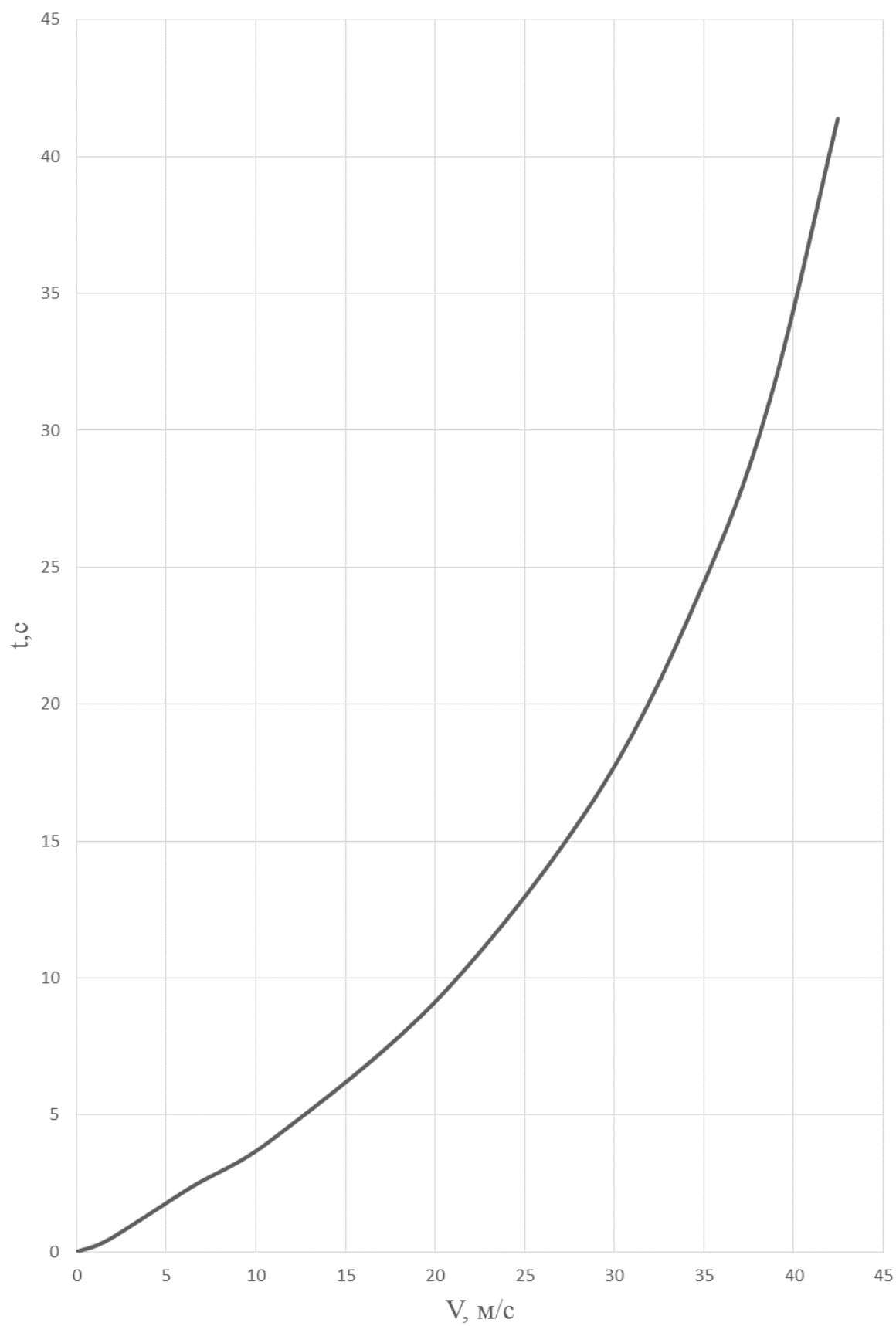


Рисунок А.5 – Время разгона автомобиля

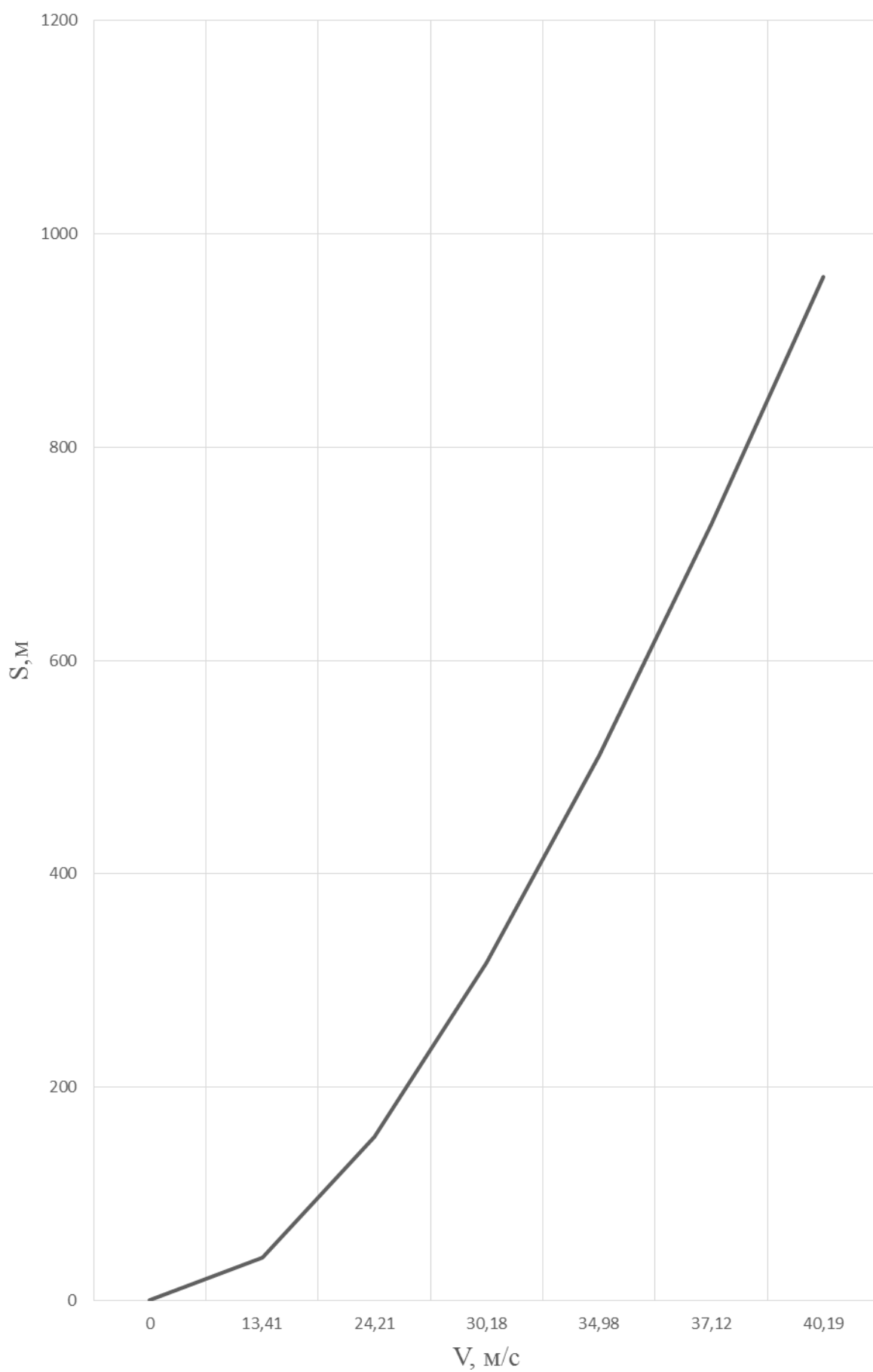


Рисунок А.6 – Путь разгона автомобиля

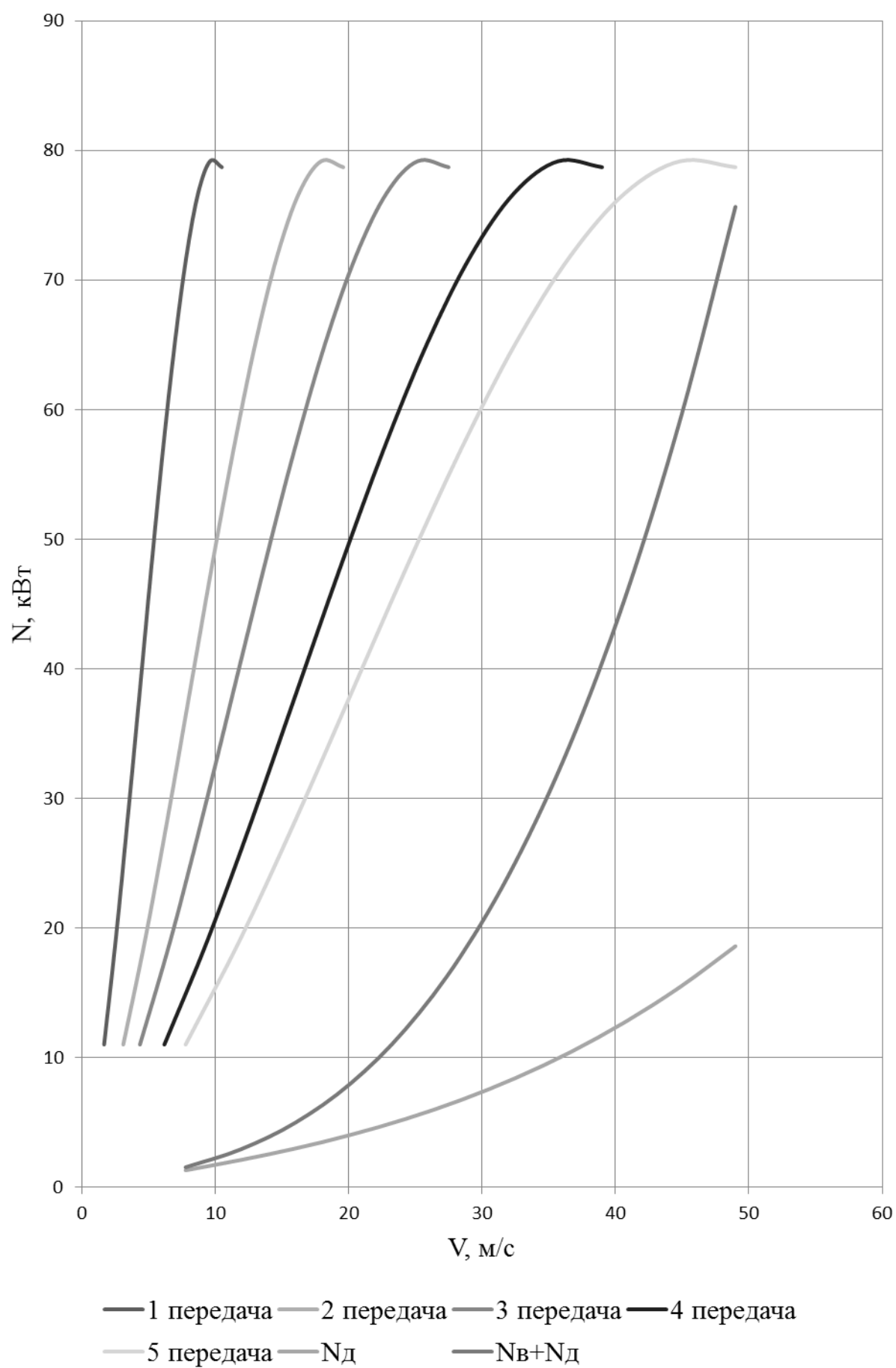


Рисунок А.7 – Мощностной баланс автомобиля

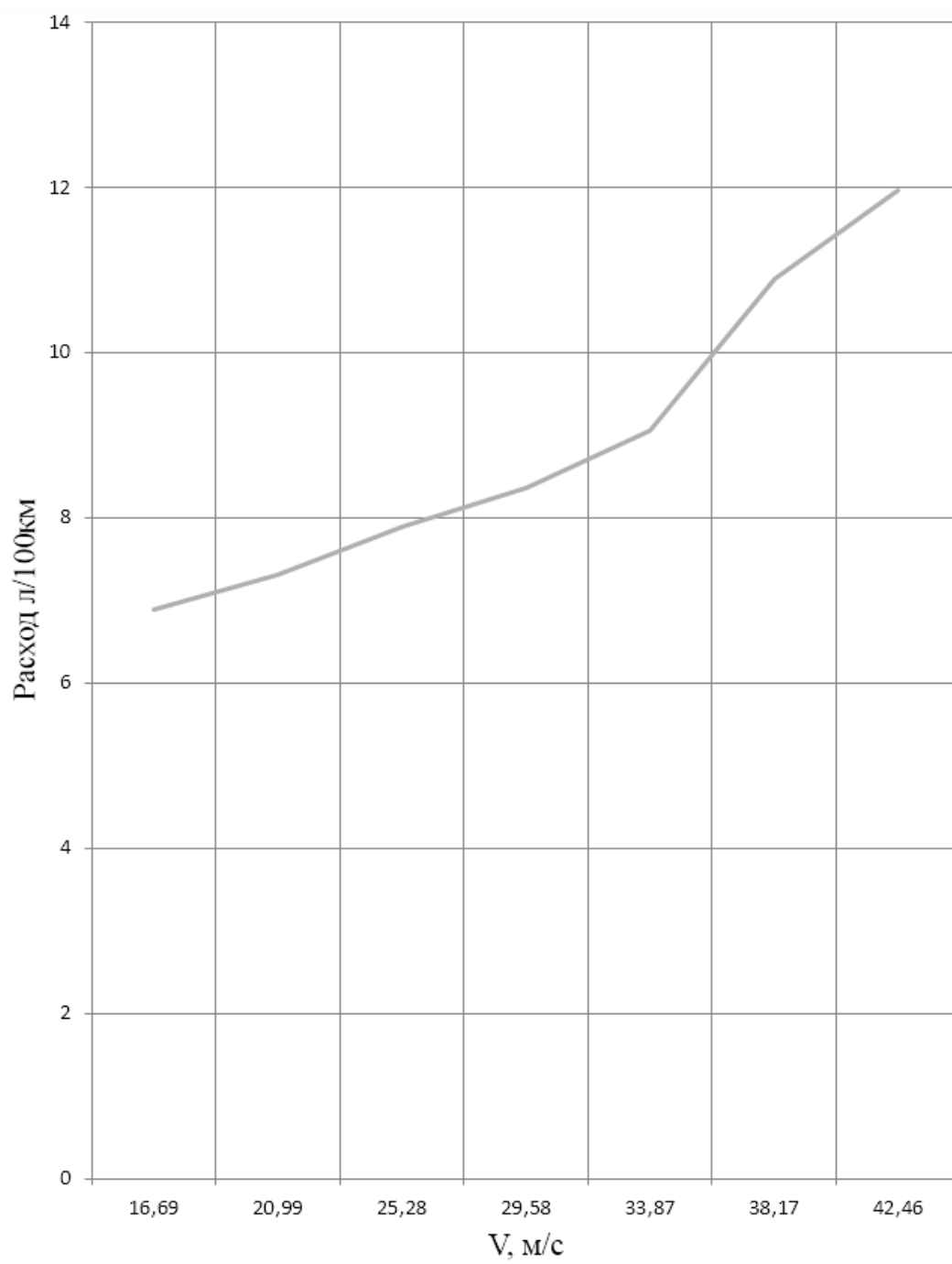


Рисунок А.8 – Топливно-экономическая характеристика автомобиля

Спецификации

101

