

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование 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 автомобиль 2 класса. Модернизация
передней подвески

Студент

К.М. Блюденов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Н.С. Соломатин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 _____ 19 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Целью данной выпускной работы является улучшение динамических характеристик переднеприводного автомобиля 2 класса, а именно курсовой устойчивости и управляемости. Для решения поставленной задачи был разработан вариант модернизации амортизационной стойки передней подвески. В рамках данной квалификационной работы производятся конструкторский расчет характеристик демпфирования, а также проектировочный расчет стойки, которые подтверждают соответствие выбранного варианта модернизации ранее обозначенным целям. Кроме того, собран и систематизирован значительный объем теоретической информации, касающейся подвесок автомобилей, описаны базовые аспекты производственной безопасности при установке подвески, выполнен расчет коммерческой эффективности разработанного проекта.

ABSTRACT

The title of the graduation work is “Modernization of front suspension of second class passenger car”. This project is about improving drivability and stability of the car. The author dwells on detailed classification of different suspensions.

The diploma paper consists of 82 pages, including figures, tables, 2 appendices, and the graphic part including 10 A1 sheets.

The object of the graduation work is shock absorber of the front suspension.

The diploma paper is divided into five main parts. The first part describes the description of the car suspension. It is also reviewed the development trends of the suspension. The second part is focused on engineering calculations, including a trailer dynamic calculation of a car, calculation of the elastic characteristics of the front suspension and the characteristics of shock absorber. The third part is represented the ecological of production and safety of the car. The readers’ attention is also drawn to the confirmation that the project corresponds to the legal requirements in terms of safety and environmental protection. In forth part we report the economical calculations including the cost of designed unit and for the breakeven point of the project and also a proof of economic efficiency modernization, that confirm the opportunity to realize proposed solutions in the current mass production.

It can be concluded that this modernization can be implemented in the current mass production.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Назначение подвески.....	7
1.2 Требования, предъявляемые к подвеске.....	7
1.3 Варианты конструкций подвесок.....	8
1.4 Обзор направлений развития конструкций подвесок.....	11
1.5 Обоснование проектируемой конструкции подвески.....	20
2 Конструкторская часть.....	23
2.1 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля.....	23
2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески.....	32
2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля.....	32
3 Обеспечение безопасности в технологическом процессе сборки задней подвески переднеприводного автомобиля.....	41
4 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески.....	44
4.1 Себестоимость модернизированной подвески.....	44
4.2 Точки безубыточности производства подвески.....	49
4.3 Коммерческая эффективность модернизации подвески.....	53
4.4. Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемой подвески.....	57
4.5 Вывод.....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ А ГРАФИКИ ТЯГОВОГО РАСЧЕТА.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	75

ВВЕДЕНИЕ

Под автомобилестроением обычно понимают отрасль промышленности, которая занимается созданием транспортных средств с бензиновыми или дизельными двигателями, электрическими или другими альтернативными силовыми агрегатами. Разработка и производство автомобилей требует множество ресурсов, в том числе научных, финансовых и природных. Работники не только автомобильной промышленности, но и сотрудники других отраслей так или иначе производят продукцию, используемую в автомобилестроении.

Постоянно ужесточающиеся требования к транспортным средствам делают современные автомобили более сложными и дорогими. Использование автомобилей настолько глубоко внедрилось в жизнь человека, что автомобильное производство не может обойтись без внешнего регулирования. Оно следует государственным, а также международным законодательным требованиям. Если рассматривать законодательные требования Российской Федерации для данной отрасли, то в целом современные автомобили с большим запасом удовлетворяют эти требования. С другой стороны требования западных стран в части экологичности, активной и пассивной безопасности значительно жестче. Таким образом производители вынуждены постоянно улучшать характеристики своих автомобилей, чтобы остаться в этом бизнесе.

Помимо внешнего воздействия в автомобилестроении присутствует достаточно жесткая внутренняя конкуренция. Чтобы привлечь покупателей производители стараются делать свои автомобили более быстрыми и комфортными, но в то же время сохраняя их доступность. Тенденции в отрасли таковы, что при выпуске новой модели оригинальным на самом деле является только дизайн, в то время как узлы механики могут быть серийными или модернизированными. Успешность такого подхода подтверждают

многочисленные маркетинговые исследования и реальные цифры продаж автомобилей. Принимая в расчет данную тенденцию, становится понятна важность работ по модернизации уже существующих технических решений и платформ.

Таким образом к рассмотрению предлагается вариант повышения курсовой устойчивости и управляемости автомобиля по средствам совершенствования узлов передней подвески.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение подвески

«Подвеска автомобиля предназначена для организации упругой связи между кузовом автомобиля (или рамой) с колесами.» [7]

Подвеска автомобиля воспринимает дорожные неровности и гасит колебания, вызванные ими. Также в случае с передней подвеской легковых автомобилей наряду с рулевым управлением обеспечивает возможность поворота колес.

1.2 Требования, предъявляемые к подвеске

Целевые требования, которые устанавливает непосредственно автопроизводитель для конкретной модели, а также законодательные требования, особенно в части безопасности, определяют конструкцию всего автомобиля, а значит и подвески в частности. Ожидаемый уровень потребительских свойств, предполагаемые условия эксплуатации, целевая конечная стоимость автомобиля, уровень надежности, все эти факторы должен учитывать конструктор при разработке.

Потребительские свойства автомобиля такие как курсовая устойчивость, управляемость, плавность хода, а точнее величины их определяющие в Российской Федерации регламентируются государственными и отраслевыми стандартами. В которых описаны методики определения и режимы проверки этих характеристик, а также целевые показатели для различных классов автомобилей.

Автопроизводители помимо специфичных для них требований придерживаются также общих правил при разработке подвесок. Первое из которых заключается в обеспечении по возможности наименьших массы и габаритов элементов подвески. Что в свою очередь позволяет выполнять второе требование, заключающееся в обеспечении низкой стоимости деталей

и узлов. При технологической проработке также следует учитывать не только удобство сборки автомобиля на конвейере, но возможность монтажа и демонтажа узлов в условиях сервисного обслуживания. Количество специнструмента и трудоемкость при этом должны быть минимальными.

1.3 Варианты конструкций подвесок

На протяжении всей истории автомобиля производители предлагали множество вариантов конструктивных исполнений подвесок. Некоторые из них ввиду высокой стоимости или низкого уровня потребительских характеристик уже не применяются, некоторые применяются только для спецтехники.

Если подходить к классификации конструкций подвесок с точки зрения кинематики, то можно выделить две большие группы – независимые и зависимые (рисунок 1). Нельзя при этом не упомянуть крайне популярную в современном автомобилестроении разновидность зависимой подвески – полузависимую схему.

Зависимая подвеска появилась еще до автомобилестроения и использовалась в конструкциях карет и повозок гужевого транспорта. Первый вариант подвески современного типа был запатентован в 1804 году. Конструкции зависимых подвесок с того времени значительно изменились и улучшились, что, однако, в текущий момент оказалось недостаточным для повсеместного их использования. Базовый принцип работы такой конструкции заключается в том, что при перемещении одного колеса оказывается влияние на другое колесо. В виду этого возможно значительное изменение пятна контакта колес при разноимённом ходе подвески. В вариантах конструкций подвесок, использующих поперечную реактивную штангу отмечается перемещение задней оси в поперечном направлении. Применение ведущего моста приводит к увеличению неподрессоренных масс. При таких условиях довольно сложно достичь хороших показателей курсовой устойчивости автомобиля. Пространство, которое необходимо для обеспечения ходов зависимой подвески значительно ухудшает компоновку

моторного отсека и уменьшает объем багажника, довольно критичного параметра для некоторых категорий потребителей. Среди положительных моментов данной конструкции стоит выделить постоянное значение дорожного просвета, что несомненно хорошо в условиях плохих дорог или полного их отсутствия. Если рассматривать ведущие мосты без элементов трансмиссии, а только лишь как подвеску, то можно отметить высокую ремонтпригодность, обусловленную общей простотой конструкции.

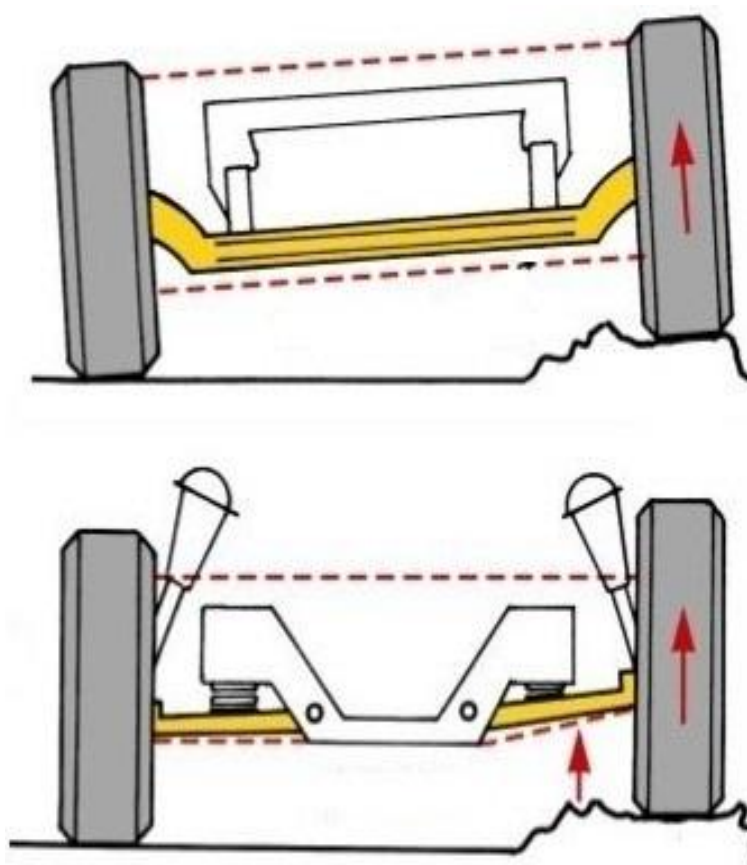


Рисунок 1 – Принцип работы, зависимой (сверху) и независимой (снизу) подвесок

История независимой подвески не так продолжительна, как зависимой схемы. Первое появление независимой подвески датируется 1898 годом. Это была подвеска фирмы Desauville, в которой неподвижные направляющие стойки через скользящие по ним поворотные кулаки соединялись с поперечной рессорой. Менее века понадобилось, чтобы данная конструкция обошла по популярности зависимую схему и получила наибольшее

распространение в автомобилестроении каким мы его сейчас видим. Отсутствие зависимости перемещения одного колеса относительно другого обеспечивает меньшее изменение пятна контакта. Подрамник крепится непосредственно на кузове, т.е. является подрессоренным. Тем самым обеспечивается небольшое значение неподрессоренных масс. При таких условиях обеспечить потребительские характеристики, такие как управляемость и курсовая устойчивость значительно проще. Применение независимой подвески облегчает компоновку моторного отсека и позволяет увеличить объем багажника автомобиля. Среди отрицательных моментов данной конструкции выделяют высокую трудоёмкость монтажа и демонтажа. Стоимость независимой подвески будет выше чем зависимой ввиду большего количества элементов.



Рисунок 2 – Вариант исполнения полузависимой подвески

Разновидностью зависимой подвески является полузависимая схема (рисунок 2). Такое название она получила потому что с одной стороны перемещения колес при разноименных ходах оказывают влияние друг на друга –характерная особенность зависимой подвески, но с другой стороны углы установки колёс относительно друг друга при этом изменяются – характерная особенность независимой подвески. Среди основных

преимуществ такой схемы стоит выделить минимальное количество деталей и общую простоту конструкции, что определяет ее невысокую стоимость. Одной из самых слабых ее сторон является сложность организации ведущего привода колес, т.е. для современных автомобилей по сути обеспечение полного привода.

Существуют разновидности конструкций подвесок способных изменять демпфирующие и упругие свойства ее элементов непосредственно во время движения. Такие подвески получили название активных или адаптивных. Конструкции же не имеющие такой функции в свою очередь могут классифицироваться как неадаптивные или неактивные. В активных подвесках блок управления получает сигналов от датчиков положения кузова и направляет сигнал на исполнительные элементы, которыми могут являться, например, пневмоэлементы или стабилизатор поперечной устойчивости. Эти элементы уменьшают крены автомобиля в поворотах или подбирают высотное положение кузова наилучшим образом подходящее для текущих дорожных условий.

1.4 Обзор направлений развития конструкций подвесок

Подвеска с двумя поперечными рычагами (рисунок 3) до недавнего времени широко использовалась на автомобилях различных классов: спортивных болидах, гражданских легковых и внедорожниках. В данной схеме треугольные (в случае управляемых колес) или иногда Н-образные (в случае задней оси) верхний и нижние рычаги соединяются с поворотным кулаком. Кинематика такой подвески обеспечивает незначительное изменение углов установки колес при ходах, а, следовательно, и высокий уровень ездовых характеристик. Однако, за высокий уровень данных свойств приходится расплачиваться более высокими значениями массы и конечной стоимости подвески. Ввиду необходимости организации крепления верхнего рычага конструкция подрамника существенно усложняется и приобретает увеличенные габариты и массу. При этом монтаж подвески на

автомобиль вряд ли можно назвать простым. Альтернативным вариантом в данной ситуации является крепление верхнего рычага непосредственно на кузов. Монтаж упростится, но на выигрыш в компоновке и цене рассчитывать не приходится, так как потребуются значительное усложнение силовой структуры кузова.

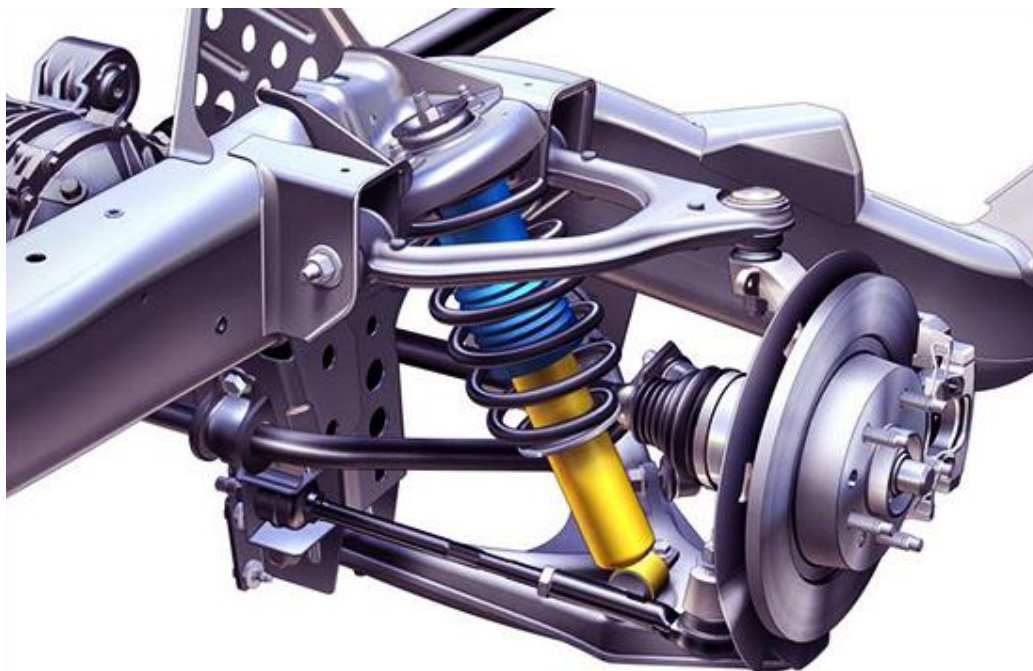


Рисунок 3 – Вариант исполнения подвески на двойных поперечных рычагах

Конструкция самой популярной подвески в настоящий момент в отрасли носит имя ее создателя – инженера-конструктора компании General Motors Эрла МакФерсона (1891-1960). Она является логическим развитием подвески на поперечных рычагах, в которой верхний рычаг заменен на узел совмещающий в себе пружину и демпфер и соединяющийся с кузовом через резино-металлическую опору, имеющую также в своем составе подшипник. Стоит отметить, что подвеской МакФерсона (рисунок 4) зачастую называют подвеску передних управляемых колес, а аналогичную конструкцию для задних колес можно встретить под названием подвеска Чепмена. Более компактная конструкция используемого подрамника, а также меньшее

количество входящих элементов относительно двухрычажной конструкции позволяет снизить общую массу подвески и существенно сократить ее стоимость. С точки зрения компоновки моторного отсека данная схема позволяет получить выигрыш пространства в поперечном направлении. Монтаж данной конструкции в условиях конвейера достаточно прост и быстр. Среди основных недостатков следует выделить более низкий уровень ездовых свойств в сравнении с двухрычажкой обусловленный значительным изменением угла развала колеса при ходах подвески.



Рисунок 4 – Вариант исполнения подвески МакФерсон

Зависимую переднюю подвеску практически невозможно увидеть в современных легковых автомобилях за исключением нескольких внедорожников. Типичным исполнением такой подвески является схема с двумя массивными продольными штангами и одной поперечной. Стабилизатор поперечной устойчивости обычно закрепляется на лонжеронах кузова, а концы его соединены с продольными штангами. Отсутствие подрамника существенно упрощает и удешевляет подвеску в данном случае.

Применение длинных продольных штанг обеспечивает приемлемую работоспособность шарниров при значительных ходах подвески. Однако, такие хода требуют достаточно много свободного пространства и приводят к подъему вверх центра тяжести автомобиля, что в свою очередь нельзя назвать положительным качеством, но в целом приемлемо для автомобилей двигающихся с относительно небольшими скоростями в условиях тяжелого бездорожья. Хороших ездовых характеристик при движении по дорогам с хорошим покрытием ожидаемо не получится достигнуть.

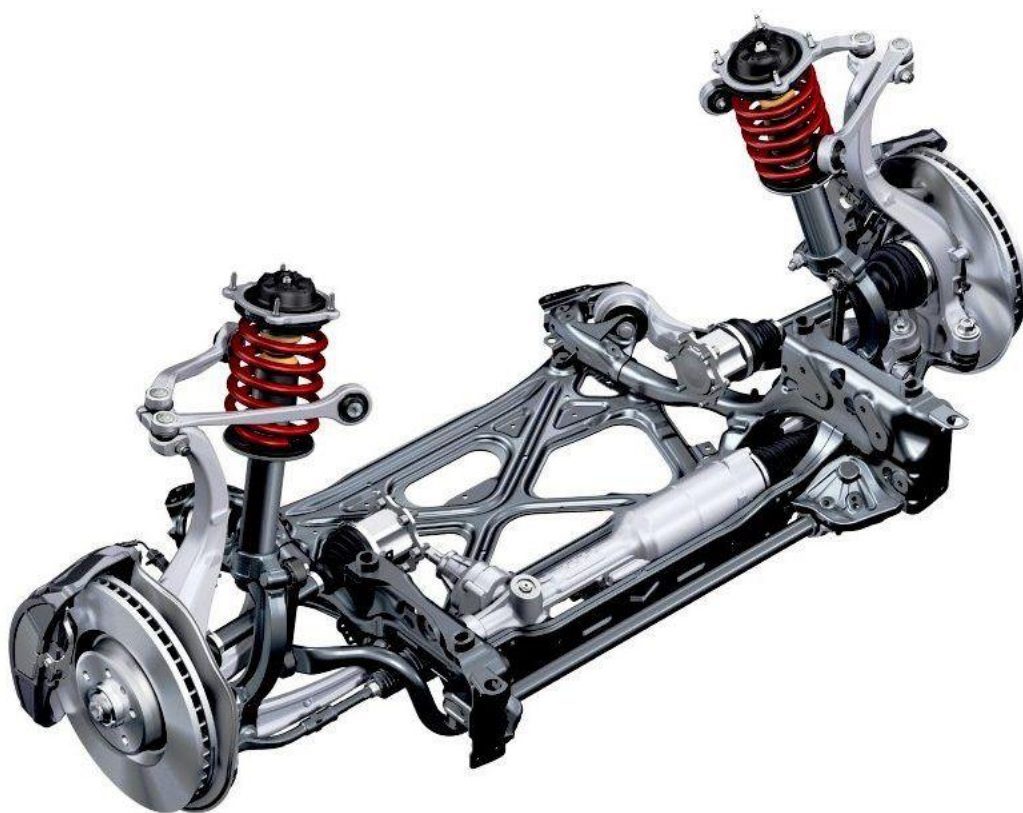


Рисунок 5 – Вариант исполнения передней многорычажной подвески

В более дорогих автомобилях можно также встретить многорычажную подвеску (рисунок 5) в передней оси. Применение большего количества рычагов позволяет получить хорошую кинематику подвески и обеспечить заметно лучшие ездовые характеристики. Часто для сохранения оптимальной массы детали такой подвески изготавливаются из алюминиевых сплавов, что очевидно приводит к значительному удорожанию. Монтаж и обслуживание

такой подвески в условиях сервиса тоже значительно дороже ввиду ее сложности и специфичности компоновки.

Далее рассмотрим некоторые популярные исполнения задних подвесок, чтобы получить более полное представление об этой системе автомобиля. Для задних подвесок также характерно деление на зависимые и независимые. Можно выделить два существенно отличающихся друг от друга исполнения зависимой подвески. Для первого характерна установка элемента трансмиссии (редуктора) непосредственно на направляющей элемент подвески (мост). Связь с кузовом или рамой автомобиля осуществляется через реактивные штанги или в некоторых случаях рычаги. Наиболее устоявшимися схемами направляющего аппарата можно считать следующие: через четыре продольные и одну поперечную штангу; через четыре штанги, расположенных под углом к продольной оси автомобиля; через 2 продольных рычага и поперечную штангу (рисунок 5), а также через две продольные рессоры. Для восприятия поперечных сил могут быть использованы тяга Панара (одна поперечная штанга), а также механизмы Уатта или Скотта-Рассела (несколько поперечных рычагов или штанг соединенных между собой).



Рисунок 6 – Зависимая подвеска с тягой Панара

Для второго исполнения характерно расположение узла трансмиссии непосредственно на кузове (раме), т.е. независимо от направляющего аппарата подвески. Данная схема носит имя ее создателя графа Альбера Де Диона. В зависимости от исполнения рычаги задней подвески могут крепиться к кузову с помощью одного или пары сайлентблоков. Получаемое в данном случае снижение неподресоренных масс положительно сказывается на управляемости и курсовой устойчивости, а статическое положение редуктора значительно упрощает компоновку. В то же время в данной подвеске ее хода ограничиваются предельными значениями углов в шарнирах приводов трансмиссии, что делает ее использование во внедорожной технике неэффективным и ограничивает применение в основном легковыми автомобилями.



Рисунок 7 –Подвеска Чепмэна

Значительное распространение также получила конструкция известная как подвеска Чепмэна (рисунок 7), являющаяся по сути вариацией подвески McPherson. Конструктивно это все тот же рычаг и амортизационная стойка, включающая в себя демпфер и упругий элемент, но без возможности

поворота колес. Экономическая эффективность такого решения обусловлено относительно небольшой массой узлов и их количества. Подвеска Чепмэна может быть использована как для колес ведущей оси, так и ведомой. Ездовые показатели, такие как управляемость и устойчивость, при этом будут несомненно превышать таковые у зависимых и полузависимых подвесок.

Признанными эталонами задних независимых подвесок являются многорычажные подвески (рисунок 8). Связь колеса с кузовом в таких подвесках обеспечивается множеством рычагов или штанг, количество которых может достигать до 5 и более штук. Такое количество рычагов обычно требует применения сложного пространственного подрамника и в этом случае на небольшое значение массы, а значит и стоимости, рассчитывать не приходится. Однако, высокая стоимость, большая масса, сложность монтажа и сервисного обслуживания, оправдываются отличными ездовыми параметрами данного типа подвесок. Применение такой схемы в первую очередь ограничено бюджетом автомобиля. Многорычажные подвески можно встретить как на спортивных автомобилях и дорогих представительских седанах, так и на внедорожниках высоких ценовых сегментов.

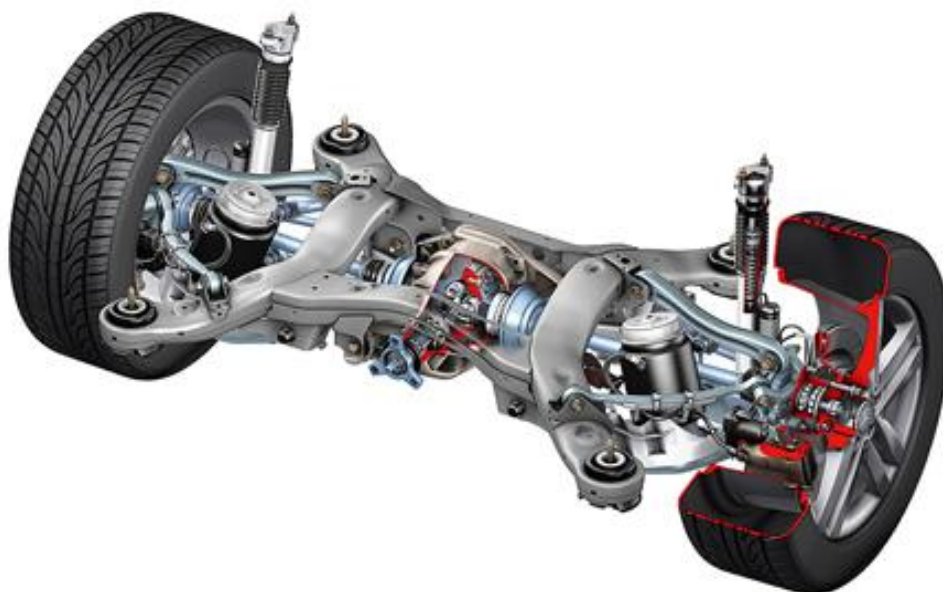


Рисунок 8 – Задняя многорычажная подвеска

В сегментах автомобилей до В+ включительно в приоритете не эталонная управляемость, а экономическая эффективность. Именно поэтому в этих классах можно сказать доминирует полузависимая подвеска (рисунок 6), известная также как Twist Beam. Масса такой подвески чрезвычайно мала, впрочем, как и стоимость, монтаж также достаточно прост, в эксплуатации не требуются дополнительные регулировки. Эти преимущества и определили крайне высокую популярность данной схемы в бюджетных автомобилях. В виду минимального количества шарниров (для крепления рычагов требуется всего пара шарниров) данную конструкцию, в целом, можно признать достаточно надежной. Деталь, соединяющая рычаги подвески расположена достаточно близко к шарнирам и поэтому при ходах подвески имеет относительно небольшое перемещение, что обеспечивает компоновочное преимущество полузависимой подвески относительно зависимой. Курсовая устойчивость и управляемость такой подвески, конечно, далеки от эталонных, но целом вполне приемлемы для бюджетных автомобилей. В то же время можно наблюдать как производители начинают использовать данную схему для автомобилей более высоких классов, например, Hyundai Elantra – типичный представитель С-класса. Однако, о какой-то серьезной экспансии подвески twist beam в С-класс пока говорить не приходится. Внедрение полного привода в автомобили с задней полузависимой подвески достаточно непростая задача. В серийных автомобилях таких как Opel Mokka (рисунок 8) и Suzuki SX4 место для карданного вала обеспечивается загибом соединителя рычагов. Такое решение уже требует дополнительных затрат и не может обеспечить длинных ходов подвески, поэтому и не завоевало популярности у других производителей. Принимая во внимание тенденцию к популяризации использования электропривода ведущих колес, можно предположить, что в ближайшем будущем проблема полного привода для автомобилей с полузависимой подвеской будет неактуальна.



Рисунок 9 – Полузависимая задняя подвеска

Проанализировав конструкции подвесок современных автомобилей, можно выявить тенденцию к унификации как некоторых элементов подвески, так и конструкций подвесок целиком. Нередко автопроизводитель с целью снижения издержек использует одни и те же компоненты в различных своих моделях. Основным трендом в настоящее время является совместная разработка несколькими производителями единых платформ, которые в последствии используются ими для своих моделей определенных классов. Таким образом предлагаемое на рынке разнообразие автомобилей зачастую обеспечивается оригинальными дизайнерскими решениями, в то время как механика может быть общей для целой группы автомобилей.

Стоит также выделить тенденции к внедрению в конструкцию автомобиля и шасси в частности различных электронных помощников. Существует множество различных ассистентов начиная с систем помощи при подъеме и спуске и заканчивая системами автопарковки и контроля полосы движения. Появляясь в автомобилях премиум сегмента данные решения, данные решения распространяются на автомобили более низких классов. Таким образом, развитие подобных систем необходимо конкретному

автопроизводителю как минимум по двум причинам. Первой из которых является конкуренция. Автомобили со слабым оснащением будут менее востребованы на рынке. Второй причиной являются законодательства стран или целых регионов, согласно которым использование тех или иных систем в будущем станет обязательным.

1.5 Обоснование проектируемой конструкции подвески

Автомобилем для модернизации в рамках данной работы был выбран седан LADA GRANTA. Этот практичный и универсальный автомобиль быстро завоевал популярность среди потребителей и долгое время был лидером продаж на российском рынке. Причиной успеха LADA GRANTA является то, что этот автомобиль «золотой серединой» между качеством, уровнем оснащения, потребительскими характеристиками и конечной стоимостью владения. LADA GRANTA сочетает в себе технические новшества (для конкретного производителя) такие как, например, роботизированная трансмиссия и система курсовой устойчивости с далеко не новыми, проверенными временем конструкцией силового агрегата и шасси.

Схема передней подвески (рисунок 10) с некоторыми изменениями перешла с автомобилей семейства SAMARA и SPUTNIK. Конструкция - классический МакФерсон, за исключением нижнего рычага. Он выполнен из двух частей: непосредственно поперечного рычага и продольной растяжки. Такое решение определено отсутствием переднего подрамника. Точки крепления рычага на кузове находятся на значительном расстоянии и изготовление одного большого рычага в данной ситуации нецелесообразно ввиду его низкой технологичности и сомнительной экономической эффективности. По той же причине отсутствия подрамника, пришлось прибегнуть к нестандартной компоновке рулевого управления. Сам механизм крепится на щитке моторного отсека, а рулевые тяги соединяются не с кулаком (как в большинстве случаев), а с амортизационной стойкой. К запуску в производство LADA GRANTA характеристики упругих и демпфирующих элементов подвески были оптимизированы с учетом

текущей на тот момент ситуации в отрасли. Помимо штатных конструкторов и испытателей завода для доводочных работ были также привлечены иностранные специалисты.



Рисунок 10 – Передняя подвеска LADA GRANTA

Однако, с того времени в автомобилестроении проложила укрепляться тенденция к увеличению жесткостей подвесок с целью улучшения управляемости автомобилей.

Кардинальное изменение конструкции передней подвески можно признать нецелесообразным, так как силовая структура кузова не позволяет применить подрамник без значительных инвестиций. Поэтому в рамках данной работы предлагается экономически эффективная модернизация, но в тоже время ценная для конечного потребителя и не требующая долгих сроков внедрения. Суть ее заключается в изменении

характеристики демпфирующего элемента передней с целью достижения лучших показателей управляемости и курсовой устойчивости автомобиля.

2 Конструкторская часть

2.1 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля

Исходные данные для тягово-динамического расчета берем в соответствии с заданием к выпускной квалификационной работе.

«Полная масса и вес автомобиля» [11]

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n = 1060 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1485 \text{ кг} \quad (1)$$

где «n – число посадочных мест автомобиля» [11]

«Вес автомобиля» [11]

$$G_{\text{сер}} = m_{\text{сер}} \cdot g = 14827,4 \text{ Н} \quad (2)$$

«Для переднеприводной компоновки с силовым агрегатом расположенным спереди распределение массы по осям будет происходить в отношении 60%/40% для передней и задней оси соответственно.» [11] Для автомобиля GRANTA в абсолютных величинах развесовка будет составлять 855кг/570кг.

«Коэффициент обтекаемости» [11]

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} = \frac{0.32 \cdot 1.293}{2} = 0.21 \quad (3)$$

где ρ - плотность воздуха

Радиус качения колеса для шины 185/65 R14:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (4)$$

$$r_k = 0.5 \cdot 14 \cdot 25,4 + 0.86 \cdot 185 \cdot 0.65 = 281,2 \text{ мм}$$

«Лобовая площадь автомобиля» [11]

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma} \quad (5)$$

где « B_{Γ} и H_{Γ} - соответственно габаритная ширина и высота автомобиля.» [11]

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma} = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,908 \text{ м}^2$$

«Коэффициент дорожного сопротивления» [11]

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left(1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) = 0,027 \quad (6)$$

«Передаточное отношение главной передачи» [11]

$$U_{\Gamma\Pi} = \frac{\omega_{\max} \cdot r_{\kappa}}{v_{\max} \cdot U_{\text{КП}}} \quad (7)$$

где « $U_{\text{КП}} = 0,78$ - передаточное отношение высшей передачи» [11]

$$U_{\Gamma\Pi} = \frac{586 \cdot 281}{50 \cdot 0,78} = 4,23$$

«Внешнескоростная характеристика силового агрегата» [11]

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, т.е. максимальная скорость развивается только на горизонтальной дороге.» [11]

$$N_v = \frac{1}{\eta_{mp}} \left(G_a \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k \cdot F \cdot v_{\max}^3 \right) \quad (8)$$

$$N_v = \frac{1}{0,9} \left(4827,4 \cdot 0,027 \cdot 50 + 0,21 \cdot 1,908 \cdot 50^3 \right) = 77,1 \text{ кВт}$$

«Максимальная мощность двигателя» [11]

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

где « λ - отношение максимальных оборотов двигателя к оборотам двигателя при максимальной мощности» [11]

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{6000}{5600} = 1,071 \quad (10)$$

«a, b, c = 1 – эмпирические коэффициенты» [11]

$$N_e^{\max} = \frac{77,1}{1,071 + 1,071^2 - 1,071^3} = 77,9 \text{ кВт}$$

«Внешняя скоростная характеристика силового агрегата с учетом оборотов» [11]

$$N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (11)$$

$$T_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (12)$$

Строим график (см. Приложение).

«Передаточные числа КПП» [11]

«Для обеспечения возможности движения автомобиля тяговая сила на ведущих колесах должна быть больше силы сопротивления дороги. Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой.» [11]

$$G_{сц} \cdot \varphi \geq \frac{T_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП} \cdot U_1}{r_{\kappa}} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (13)$$

Тогда для первой передачи U_1 справедливо:

$$\frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{T_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \geq U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{T_{e\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \quad (14)$$

$$2,79 \geq U_1 \geq 0,15$$

Принимаем для первой передачи $U_1 = 2,71$

Зная U_1 находим передаточные числа для остальных передач по формулам:

$$\begin{aligned} U_2 &= \sqrt[3]{U_1^2} \\ U_3 &= \sqrt[3]{U_1} \\ U_4 &= 1 \\ U_5 &= 0,6 \cdot 0,8 \end{aligned} \quad (15)$$

Чтобы обеспечить надежность и долговечность зубчатого соединения для четвертой передачи вместо 1 примем передаточное отношение равным 0,98.

$$U_4 = 0,98$$

Подставляя значения в остальные формулы получаем:

$$U_2 = 1,94 ;$$

$$U_3 = 1,31 ;$$

$$U_5 = 0,78 .$$

«Тяговый баланс автомобиля» [6]

«Уравнение тягового баланса автомобиля» [6]

$$P_T = P_D + P_B + P_H \quad (16)$$

где « P_T - тяговая сила автомобиля» [6]

« P_d - сила дорожного сопротивления» [6]

« P_B - сила сопротивления воздуха» [6]

« P_{II} - сила сопротивления разгону автомобиля» [6]

Эти силы рассчитываются по формулам:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot T_e \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (17)$$

$$P_d = P_{II} + P_f \quad (18)$$

где $P_{II} = G_a \cdot \sin \alpha$ (19)

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f \quad (20)$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2 \quad (21)$$

Связываем скорость и силу тяги автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot T_e \cdot \eta_{mp}}{v_a} \quad (22)$$

Графики тягового баланса (см. Приложение).

«Динамическая характеристика автомобиля» [11]

«Динамическая фактором автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля.» [11]

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

Определяем связь динамической характеристики и сопротивления со стороны дороги:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep} \quad (24)$$

где « j - ускорение автомобиля;» [6]

« δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс;» [6]

« ψ - коэффициент сопротивления дороги.» [6]

Рассчитав динамический фактор автомобиля на всех передачах можем построить его графики (см. Приложение).

«Ускорения автомобиля» [6]

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и при отсутствии буксования ведущих колес.» [11]

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}} \quad (25)$$

где « δ_{ep} - коэффициент учета вращающихся масс, зависит от вращающихся масс двигателя и колес.» [6]

Он рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2 \quad (26)$$

где « δ_1 - коэффициент учета вращающихся масс колес;» [11]

« δ_2 - коэффициент учета вращающихся масс двигателя.» [11]

«Принимаем коэффициенты в соответствии со справочными значениями:» [11]

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

$$\delta_{epI} = 4,97$$

$$\delta_{epII} = 3,05$$

$$\delta_{epIII} = 2,06$$

$$\delta_{epIV} = 1,56$$

$$\delta_{epV} = 1,35$$

Графики (см. Приложение).

«Расчет времени и пути разгона» [6]

«Для нахождения времени разгона автомобиля необходимо задаться обратными ускорениями $1/j$ автомобиля.» [11]

Строим их графики (см. Приложение).

«Проинтегрировав данные графики, мы можем рассчитать время разгона от скорости автомобиля. Точки переключения передач следует взять в местах пересечения графиков.» [11]

Расчет ведем по следующим формулам:

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v \quad (27)$$

$$t = \sum \Delta t_i \quad (28)$$

«Путь разгона считаем аналогичным способом» [11]

$$ds = v_a \cdot dt \quad (29)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t \quad (30)$$

$$s = \sum s_i^t \quad (31)$$

Строим графики (см. Приложение)

«Мощностной баланс автомобиля» [11]

«По аналогии с уравнением тягового баланса автомобиля записывается уравнение мощностного баланса автомобиля.» [11]

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} \quad (32)$$

где « N_T - тяговая мощность, мощность подводимая к ведущим колесам» [11]

« N_{mp} - мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии» [6]

« N_f - мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качения колес» [6]

« $N_{\dot{\gamma}}$ - мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему» [6]

« $N_{\dot{A}}$ - мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха» [6]

« $N_{\dot{E}}$ - мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [6]

« $N_{\dot{A}}$ - мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления дороги» [6]

«С помощью мощностного баланса мы можем найти сопротивления, которые может преодолеть автомобиль на любой скорости.» [11]

Решение уравнения (3.32) производится графическим способом (см. Приложение)

«Топливо-экономическая характеристика автомобиля» [11]

$$g_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v} \quad (33)$$

где « ρ_T - плотность топлива, для бензина принимаем 0,72 кг/л.» [11]

« v - скорость автомобиля.» [11]

«Эффективность мощности N_e может быть выражена из мощностного баланса.» [11]

$$g_{II} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_D + P_B + P_{II}) \quad (34)$$

«Точный расход топлива в определенных условиях может быть рассчитан благодаря исходя из нагрузочной характеристики двигателя, которая может быть определена только благодаря эксперименту.» [11]

«Экспериментальных данных нет, поэтому воспользуемся следующей формулой.» [11]

$$g_e = k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \quad (35)$$

где « k_{CK} и k_{II} - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от ω_e и И двигателя.» [11]

« $g_{e\min}$ - минимальный удельный расход топлива.» [11]

Примем $g_{e\min} = 290$ г/кВт*ч

Отсюда, учитывая $P_{II} = 0$, для равномерного движения, выводим:

$$g_{II} = \frac{k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1.1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \quad (36)$$

«Так как показателем топливной экономичности автомобиля служит минимальный путевой расход топлива, соответствующий скорости при испытаниях автомобиля с полной нагрузкой на горизонтальной дороге, принимаем значение уклона дороги $\alpha = 0$.» [11]

2.2 Обоснование компоновочной схемы подвески

В настоящем курсовом проекте предполагается модернизация конструкции передней подвески автомобиля Lada Granta изготавливаемого ПАО АВТОВАЗ. В результате доработки подвески предполагается достичь улучшения управляемости и курсовой устойчивости транспортного средства. Проведя анализ актуальных моделей других производителей и концепт-каров можно выделить несколько самых эффективных с точки зрения потребительских свойств решений, таких как изменение текущей схемы подвески на схему с двумя поперечными рычагами, внедрение управляемых упругих и демпфирующих элементов и реализация адаптивной подвески, а также некоторые другие решения. В то же время стоит помнить, что предлагаемые в рамках модернизации мероприятия должны по возможности исключать значительные капитальные затраты и сроки их реализации должны быть небольшими. Принимая во внимание тот факт, что передняя подвеска автомобиля LADA GRANTA имеет невысокую стоимостью, а также уровень ее потребительских свойств соответствует среднему текущему среди автомобилей данного ценового сегмента, предлагается оставить компоновочную схему прежней. Предлагаемая модернизация амортизатора передней подвески не повлечет за собой крупных финансовых вливаний на модернизацию производства, но будет значимо для потребителя.

2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс автомобиля

Скоростная характеристика стойки подвески, является основной характеристикой демпфирующего элемента. Данная характеристика взята из оригинальной конструкторской документации завода-изготовителя, которую он в свою очередь получает от поставщика данного изделия (рисунок 11). На основании условий, изображенных на рисунке, происходит проверка амортизатора на соответствие его условиям долговечности. Подтверждение осуществляется при скорости перемещения штока 0.105 м/с и 0.314м/с.

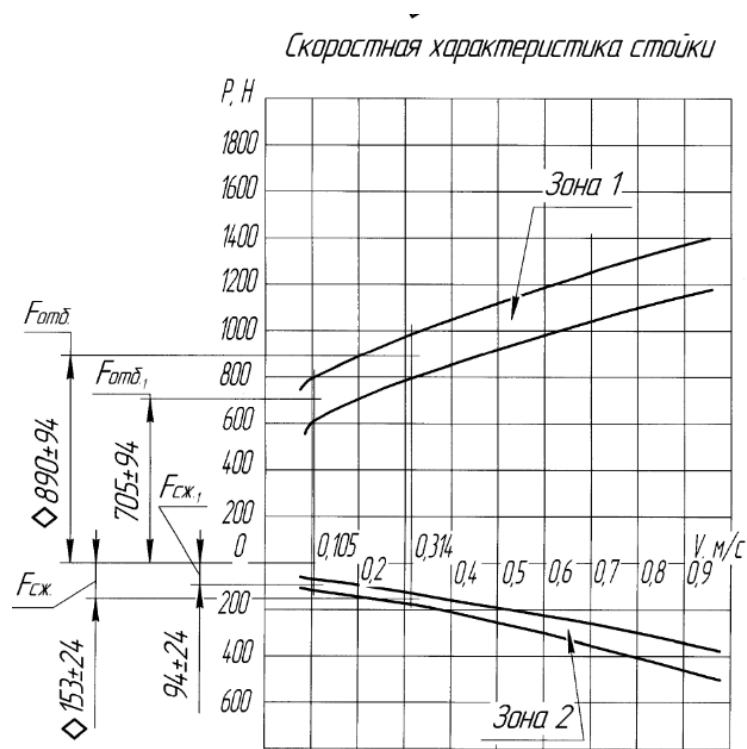


Рисунок 11 - Скоростная характеристика стойки передней подвески
автомобиля LADA GRANTA

«Средний коэффициент демпфирования стойки» [6]

$$K_{CT} = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \cdot v} \quad (37)$$

где « $F_{сж}$ - усилие амортизаторной стойки на сжатие в первой контрольной точке;» [6]

« $F_{отб}$ - усилие амортизаторной стойки на отбой в первой контрольной точке;» [6]

« v - скорость движения штока стойки» [6]

«Средний коэффициент демпфирования амортизаторной стойки при дроссельном режиме работы;» [8]

$$K_{DCT} = \frac{94 + 705}{2 \cdot 0,105} = 3805 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

«Для клапанного режима» [8]

$$K_{KCT} = \frac{153 + 890}{2 \cdot 0,314} = 1661 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

«Средний коэффициент демпфирования» [8]

$$K = \frac{K_{CT}}{i_{CT}^2}, \quad (38)$$

где « i_{CT} - передаточное отношение амортизаторной стойки» [6]

Для LADA GRANTA $i_{CT} = 1.054$

$$K_D = \frac{K_{DCT}}{i_{CT}^2} = \frac{3805}{1,054^2} = 3425 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} - \text{ для дроссельного режима}$$

$$K_K = \frac{K_{KCT}}{i_{CT}^2} = \frac{1661}{1,054^2} = 1495 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} - \text{ для клапанного режима}$$

$$\psi_{II} = \frac{K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}}, \quad (39)$$

где « K - коэффициент демпфирования стойки в отношении колеса» [6]

« m_{II} - подрессоренная масса для одного колеса» [6]

« C_Z - вертикальная жесткость передней подвески» [6]

«Подрессоренная масса для одного колеса» [6]

$$m_{II} = \frac{m_{III}}{2} - m_H, \quad (40)$$

где « m_{III} - масса, приходящаяся на переднюю ось при полной загрузке» [6]

Для автомобиля $m_{III} = 756,5 \text{ кг}$.

« m_H - неподдресоренная масса, приходящаяся на одно колесо передней оси» [6]

Для LADA GRANTA $m_H = 37 \text{ кг}$.

$$m_{II} = \frac{750}{2} - 37 = 341,3 \text{ кг}$$

«Вертикальная жесткость передней подвески» [8]

$$C_z = \frac{C_{\text{ПП}}}{i_{\text{СТ}}^2} + C_{\text{Ш}}, \quad (41)$$

где « $C_{\text{ПП}}$ – жесткость пружины» [8]

В соответствии с конструкторской документацией $C_{\text{ПП}} = 18.6 \text{ кН/м}$

« $C_{\text{Ш}}$ - жесткость шарниров, приведенная к колесу» [4]

Опираясь на справочную информацию можно определить, что жесткость шарниров подвески может варьироваться в диапазоне 1..3 кН/м. Принимая во внимание также информацию, полученную во время практики принимаем $C_{\text{Ш}} = 1,8 \text{ кН/м}$

$$C_z = \frac{18,6}{1,054^2} + 1,8 = 18,54 \text{ кН/м}$$

«Коэффициент относительного демпфирования колебаний поддрессоренной массы» [8]

$$\psi_{\text{ПД}} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = \frac{3425}{2 \cdot \sqrt{341,3 \cdot 18,54}} = 0,68 \text{ - для дроссельного режима}$$

$$\psi_{\text{ПК}} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = \frac{1495}{2 \cdot \sqrt{341,3 \cdot 18,6}} = 0,3 \text{ - для клапанного режима}$$

Текущие значения относятся к одноименному ходу подвески. При расчете коэффициента относительного демпфирования для разноименного хода следует принимать во внимание влияние стабилизатора передней подвески.

$$C_z = \frac{C_{\text{ПП}}}{i_{\text{СТ}}^2} + C_{\text{Ш}} + C_{\text{СТЗ}}, \quad (42)$$

где « $C_{\text{СТЗ}}$ - вертикальная жесткость от стабилизатора на колесе» [6]

$$C_{\text{СТЗ}} = \frac{C_{\text{СТ0}} \cdot b_G}{i}, \quad (43)$$

где « C_{CT0} - «жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости» [6]

$b_G = 0,9$ - «коэффициент, учитывающий влияние подушек крепления штанги стабилизатора к кузову» [6]

i - «передаточное число штанги стабилизатора к колесу» [6]

Штанга стабилизатора через стойки соединяется с рычагом подвески. Передаточное отношение в данном случае $i = 1.87$

«Жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости передней подвески» [8]

$$C_{CT0} = \frac{d^4 \cdot 6.18 \cdot 10^5}{2 \cdot l_0^3 + l_5^2 \cdot L_S + 7.78 \cdot l_2 \cdot l_7^2 - 2 \cdot l_4^3}, \quad (44)$$

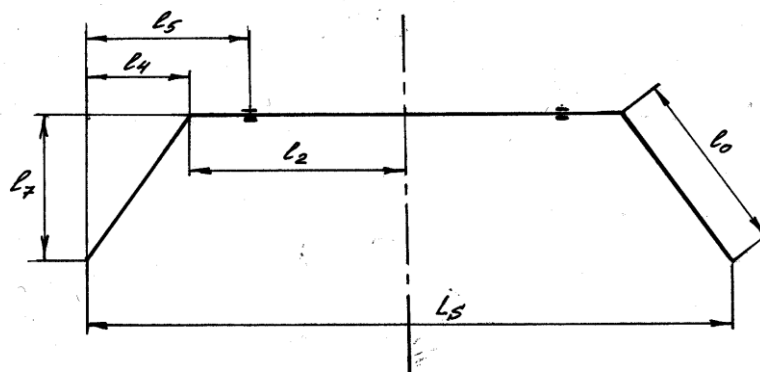


Рисунок 12 - Стабилизатор поперечной устойчивости

Крайними точками в данной схеме будут являться центра шарниров стойки стабилизатора и в результате получим следующие параметры стабилизатора:

$$\begin{aligned}
l_0 &= 240\text{мм}; \\
l_2 &= 380\text{мм}; \\
l_4 &= 150\text{мм}; \\
l_5 &= 170\text{мм}; \\
l_7 &= 192\text{мм}; \\
L_s &= 1060\text{мм}; \\
d &= 22\text{мм}.
\end{aligned}$$

$$C_{CTO} = \frac{0.022^4 \cdot 6.18 \cdot 10^5}{2 \cdot 0.24^3 + 0.170^2 \cdot 1.06 + 7.78 \cdot 0.38 \cdot 0.192^2 - 2 \cdot 0.15^3} = 90 \text{ кН/м}$$

«Жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости, приведенная к колесу» [8], будет равна:

$$C_{CTZ} = \frac{90 \cdot 0.9}{1.87} = 43.41 \text{ кН/м}$$

Данное значение применимо к случаю разноименного хода обоих колес. В то же время при попадании только одного колеса в яму и сохранения положения второго колеса, значение жесткости подвески следует уменьшить в два раза:

$$C_{CTZ}^* = \frac{C_{CTZ}}{2} = \frac{43.41}{2} = 21.70 \text{ кН/м} \quad (45)$$

«Вертикальной жесткость подвески» [8]

$$C_Z = \frac{18.6}{1.054^2} + 1.8 + 21.7 = 40.25 \text{ кН/м}$$

«Относительное демпфирование колебаний подрессоренных масс» [8]

$$\psi_{PD} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = \frac{3425}{2 \cdot \sqrt{341.25 \cdot 40250}} = 0,46 \text{ - для дроссельного режима}$$

$$\psi_{PK} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = \frac{1495}{2 \cdot \sqrt{341.25 \cdot 40250}} = 0,20 \text{ - для клапанного режима}$$

Оптимальная плавность хода автомобиля достигается если значение коэффициента относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы лежит в пределах диапазона от 0,25 до 0,3. Приведенные выше расчеты дали понять, что жесткость передней подвески при разноименных

ходах недостаточна, но в то же время чересчур избыточна при одноименном ходе. Однако, принимая во внимание, что жесткость подвесок автомобилей в современной автомобильной отрасли постоянно увеличивается, следует увеличить значение коэффициента относительного демпфирования. Это приведет к улучшению управляемости и курсовую устойчивость, и также повышению активной безопасности при незначительном снижении плавности хода.

«Подбирая коэффициент относительного демпфирования колебаний поддресоренных масс и можно определить средний коэффициент демпфирования стойки» [8]

$$\psi_{ПК} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z}} = 0.28$$

$$K_K = \psi_{ПК} \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_Z} \quad (46)$$

$$K_K = 0.28 \cdot \sqrt{341.25 \cdot 40.25} = 2075.48 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м} \quad (47)$$

Округляем до $K_K = 2075 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$

Необходимая величина усилия амортизатора при ходе сжатия находится с помощью следующей формулы:

$$K_{КСТ} = \frac{F_{сж} + 890}{2 \cdot 0.314} = 1854 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$F_{сж} = K_{КСТ} \cdot 2 \cdot v = F_{отб} \quad (48)$$

$$F_{сж} = 1854 \cdot 2 \cdot 0.314 = 1171.1 \text{ Н}$$

Характеристика амортизатора при ходе сжатия конструктивно обеспечивается с помощью трех дисков, толщиной 0,1мм. Первый дроссельный имеет специальные отверстия способные пропускать рабочую жидкость при небольшой скорости штока, второй и третий отверстий не имеют и работают за счет своей деформации при высокой скорости штока.

Жесткость второго и третьего диска обладают кубической зависимостью от толщины:

$$C_d = a^3 \cdot y, \quad (49)$$

где « a - толщина диска клапана сжатия» [8]

« y - коэффициент, учитывающий конструктивные параметры диска клапана сжатия» [8]

Определение вышеуказанного коэффициента потребует значительное количество специфической информации, которая обычно является коммерческой тайной производителя. Поэтому в данной работе расчет жесткости будет производиться только с учетом толщин дисков клапана сжатия.

«Жесткость базового амортизатора» [8]

$$C_{СЖ} = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3} \quad (50)$$

$$C_{СЖБ} = 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y = 0.003 \cdot y$$

Изменяя толщины дисков приводит к изменению пропускающей способности клапана, а следовательно, к увеличению или уменьшению жесткости демпфера на сжатие. Увеличим толщину одного диска клапана сжатия с 0.1 мм до 0.15 мм:

$$C_{СЖП} = 0.1^3 \cdot y + 0.1^3 \cdot y + 0.15^3 \cdot y = 0.00538 \cdot y$$

«Прирост жесткости демпфера» [8]

$$C_{СЖП} / C_{СЖБ} = 0.00538 \cdot y / 0.003 \cdot y = 1.792$$

«Усилие сжатия» [8]

$$F_{сжП} = 1.792 \cdot F_{сжК} = 274 \text{ Н}$$

«средний коэффициент демпфирования и коэффициент относительного демпфирования колебаний подрессоренной массы» [4]

$$K_{KCT} = \frac{274 + 890}{2 \cdot 0.314} = 1854 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$\psi_{ПК} = \frac{1854}{2 \cdot \sqrt{341.25 \cdot 40.24}} = 0.25$$

Сделав толще один из дисков мы обеспечили значение относительного демпфирования располагающееся в пределах диапазона, обеспечивающего оптимальную плавность хода.

«Коэффициент относительного демпфирования колебаний подпрессоренной массы при одноименном ходе подвески» [4]

$$\psi_{ПК} = \frac{1854}{2 \cdot \sqrt{341.25 \cdot 18.54}} = 0,37$$

В рамках данной модернизации мы осознанно выбираем значение коэффициента относительного демпфирования снижающее некоторым образом плавность хода автомобиля. Однако, за счет этого улучшается курсовая устойчивость и управляемость, что вписывается в современные тенденции настройки подвесок. Окончательное решение о правомерности данной модернизации можно будет утвердить только после стендовых или дорожных испытаний подвески в составе автомобиля. Однако, проведя анализ настроек подвесок автомобилей-конкурентов можно быть уверенным в том, что это решение будет положительным.

3 Обеспечение безопасности в технологическом процессе сборки передней подвески переднеприводного автомобиля

Детально-узловой состав модернизированной подвески идентичен составу серийной подвески модернизируемого транспортного средства и включает в себя рычаги передней подвески в сборе (2шт.), стойки передней подвески с тормозом в сборе (2шт.), стабилизатор поперечной устойчивости передней подвески в сборе (1шт).

Основой всех крупных современных автомобильных заводов является конвейерная линия. Обычно таковой является специализированная транспортировочная лента, предназначенную для перемещения различных грузов. Так и для сборки модернизированной подвески (рисунок 13) применяется поточная форма организации с характерными для нее постоянством производственного процесса и отсутствием значительных простоев, строго определенной специализации персонала и их рабочих мест, а также ритмичностью сборки.

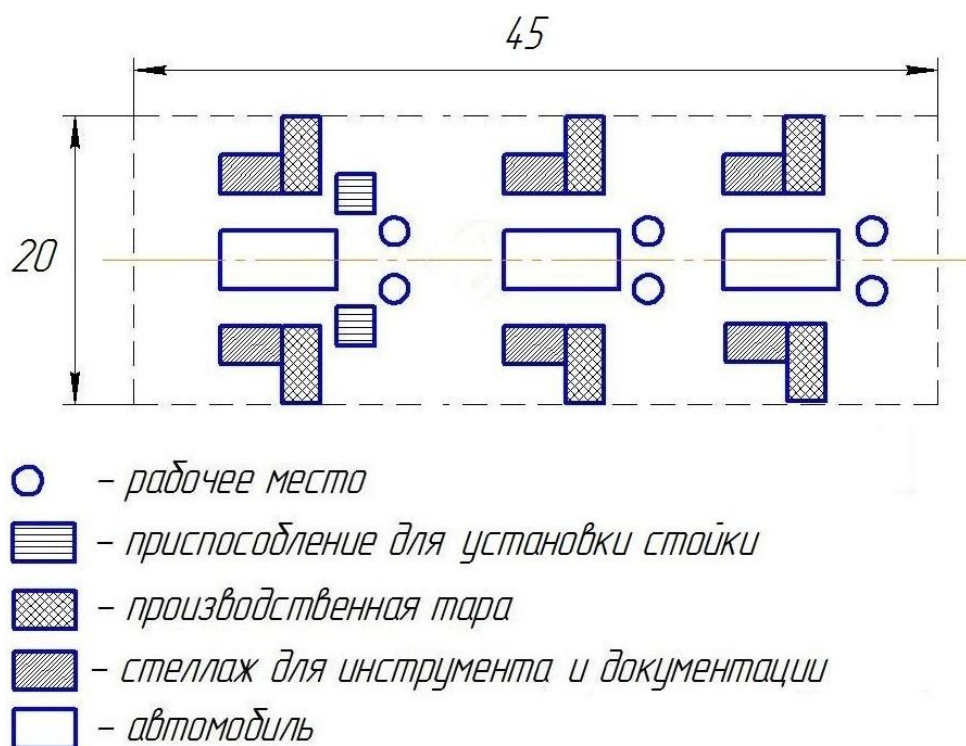


Рисунок 13 - Схема участка установки передней подвески

Под опасными производственными факторами понимают причины возникновения травм у работников, а под вредными - причины развития у них профессиональных заболеваний.

Выделяют химические, физические, психофизиологические, биологические вредные и опасные производственные факторы.

На описываемом участке наибольшее влияние на персонал окажут физические опасные производственные факторы. При монтаже передней подвески модернизируемого автомобиля такими факторами будут движущиеся электропогрузчики, перемещающиеся части конвейерной линии и другого оборудования. Одним из наиболее выраженных психофизиологических вредных факторов на участке монтажа подвески можно считать шум, обусловленный применением гайковертов и работой конвейерной линии. Кроме того температурный режим, особенно в летний период, может не соответствовать требованиям.

Для снижения влияния данных факторов, а также уменьшения травматизма работников предлагаются следующие организационно-технические решения:

- 1) Установка барьеров, разграничивающих области движения цехового транспорта и людей;
- 2) Нанесение дорожной разметкой различных цветов характерных для областей движения погрузчиков и прохода работников
- 3) Разработка и внедрение защитных кожухов и ограждений для исключения возможности воздействия движущихся частей оборудования на людей
- 4) Применение работниками средств индивидуальной защиты (СИЗ) такими как перчатки, спец одежда и обувь, беруши, каски, очки.

Предложенные мероприятия позволят более продуктивно использовать рабочее время персонала и сократить простои, а также снизят уровень травматизма. В целом можно сказать, что производственный участок

установки передней подвески соответствует всем законодательным нормам в части экологичности и безопасности труда.

4 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески

Технико-экономическая оценка проекта является одним из важнейших этапов при его разработке. Если на других этапах проекта оцениваются функциональные и технические решения, то на данном этапе производится анализ целесообразности с точки зрения экономики.

При разработке проекта выбирается несколько решений перспективных с точки зрения потребительских свойств. На основании технико-экономического анализа выбирается оптимальный сценарий для проекта. Решающими критериями могут являться срок окупаемости, индекс доходности, либо величина требуемых инвестиций. В зависимости от положения дел на рынке или в самом предприятии может быть принято то или иное решение.

В настоящем разделе квалификационной работы будет проведен анализ варианта модернизации передней подвески переднеприводного автомобиля на предмет возможности внедрения его в массовое производство.

4.1 Себестоимость модернизированной подвески

Исходные данные для проведения анализа получены во время преддипломной практике на Волжском Автомобильном Заводе и в Тольяттинском Государственном Университете от руководителя квалификационной работы и консультанта департамента бакалавриата (экономических и управленческих программ). Для данной работы годовую программу выпуска модернизированных изделий примем в количестве 150000 единиц в год.

Под себестоимостью понимают сумму всех затрат на производство и сбыт одной единицы продукции.

Результатом расчетов, представленных в этом пункте, будет являться отпускная цена модернизированного изделия, а также величины влияющих на нее затрат.

«Затраты на покупные изделия» [14]

$$P_{iu} = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right), \quad (51)$$

где « C_i – оптовая цена покупных комплектующих изделий i -го вида, руб.» [14]

« n_i – количество покупных изделий i -го вида, шт» [14]

« $K_{ТЗ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.» [14]

Расчет затрат на покупные изделия представлен в таблице 3.

Таблица 3 – «Расчет затрат на покупные изделия (проект)» [12]

Наименование покупных изделий	Количество	Средняя цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Стойка с тормозом в сборе	2	3700	7400
Рычаг в сборе	2	750	1500
Стабилизатор в сборе	1	730	730
Крепеж	46	4	184
ИТОГО:			9814
Транспортно- заготовительные расходы		3%	294.42
Всего:			10108.42

«Основная заработная плата производственного персонала» [14]

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (52)$$

где « Z_m – тарифная заработная плата рабочего в рублях» [14]

$$Z_m = C_{p_i} \cdot T_i \quad (53)$$

где « C_{p_i} – часовая тарифная ставка, руб.» [14]

« T_i – трудоемкость выполнения операции, час» [14]

« $K_{ПРЕМ}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %» [14]

Расчет основной заработной платы производственного персонала представлен в таблице 4.

Таблица 4 – «Расчет основной заработной платы персонала» [12]

Виды работ	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	«Тарифная зарплата, руб.» [15]
Сборочные	4	0.25	90	22.5
Контрольные	5	0.03	95	2.85
ИТОГО:				25.35
Премия	25%			6.34
Основная з/п				31.69

«Дополнительная заработная плата производственного персонала:» [14]

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \cdot K_{\text{вып}} ; \quad (54)$$

где « $K_{\text{вып}}$ – коэффициент доплат и выплат не связанных с выполнением основных производственных работ, %» [14]

$$K_{\text{вып}} = 20\%$$

$$Z_{\text{доп.}} = 31.69 \cdot 0.2 = 6.34$$

«Отчисления в страховые взносы» [14]

$$C_{\text{с.в}} = (Z_o + Z_{\text{доп.}}) \cdot E_{\text{с.в}} ; \quad (55)$$

где « $E_{\text{с.в}}$ – коэффициент отчислений в страховые взносы, %» [14]

$$E_{C.B} = 30\%$$

$$C_{C.B} = (1.69 + 6.34) \cdot 0.3 = 11.41 \text{ руб}$$

«Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования» [14]

$$C_{\text{СОДОБОР}} = 30 \cdot E_{\text{ОБОР}} \quad (56)$$

где « $E_{\text{ОБОР}}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, %» [14]

$$E_{\text{ОБОР}} = 165\%$$

$$C_{\text{СОДОБОР}} = 31.69 \cdot 1.65 = 52.28 \text{ руб}$$

«Цеховые расходы» [14]

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 30 \cdot E_{\text{ЦЕХ}}, \quad (57)$$

где « $E_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов, %» [14]

$$E_{\text{ЦЕХ}} = 175\%$$

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 31.69 \cdot 1.75 = 55.45 \text{ руб}$$

«Расходы на инструмент и оснастку» [14]

$$C_{\text{ИНСТР}} = 30 \cdot E_{\text{ИНСТР}}, \quad (58)$$

где « $E_{\text{ИНСТР}}$ – коэффициент затрат на инструмент и оснастку, %» [14]

$$E_{\text{ЦЕХ}} = 3\%$$

$$C_{\text{ИНСТР}} = 31.69 \cdot 0.03 = 0.95 \text{ руб}$$

«Цеховая себестоимость модернизированного узла» [14]

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \text{Пи} + \text{Зо} + \text{З}_{\text{ДОП}} + C_{\text{С.В}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (59)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 10108.42 + 31.69 + 6.34 + 11.41 + 52.28 + 55.45 + 0.95 = 10266.54 \text{ руб}$$

«Общезаводские расходы» [14]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = \text{Зо} \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}; \quad (60)$$

где « $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}$ – коэффициент общезаводских расходов, %» [14]

$$E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 31.69 \cdot 1.25 = 39.61 \text{ руб}$$

«Общезаводская себестоимость» [14]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (61)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = 39.61 + 10266.54 = 10306.15 \text{ руб}$$

«Коммерческие расходы» [14]

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} \cdot E_{\text{КОМ}}; \quad (62)$$

где « $E_{\text{КОМ}}$ – коэффициент коммерческих расходов, %» [14]

$$E_{\text{КОМ}} = 5\%$$

$$C_{\text{КОМ}} = 10306.15 \cdot 0.05 = 515.31 \text{ руб}$$

«Полная себестоимость модернизируемого узла» [14]

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} + C_{\text{КОМ}} \quad (63)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 10306.15 + 515.31 = 10821.46 \text{ руб}$$

«Отпускные цены для базового и проектируемого узла» [12]

$$\text{Ц}_{\text{ОТП.}} = \text{С}_{\text{ПОЛ.}} \cdot (1 + K_{\text{РЕНТ.}}) \quad (64)$$

где « $K_{\text{РЕНТ.}}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %» [14]

$$K_{\text{РЕНТ.}} = 20\%$$

$$\text{Ц}_{\text{ОТП.Б.}} = 10821.46 \cdot (1 + 0.2) = 12861.74 \text{ руб}$$

$$\text{Ц}_{\text{ОТП.П.}} = \text{Ц}_{\text{ОТП.Б.}}$$

4.2 Точки безубыточности производства подвески

Точкой безубыточности называют объем выпуска и реализации изделия, который обеспечивает покрытие всех затрат связанных с его производством, но при этом не обеспечивает прибыль.

Зная величину точки безубыточности и времени ее достижения, можно сделать определенные выводы о перспективности проекта. Данную величину можно найти аналитически, так и с помощью графического метода.

Необходимую величину продаж для обеспечения безубыточности проекта можно вычислить по формуле:

$$V_{\text{КР.}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ.УД.}} \cdot V_{\text{МАХ.}}}{\text{Ц}_{\text{ОТП.}} - Z_{\text{ПЕР.УД.}}} \quad (65)$$

где « $V_{\text{МАХ.}}$ – максимальный объем выпуска изделия, шт» [14]

« $\text{Ц}_{\text{ОТП.}}$ – отпускная цена изделия, руб» [12]

« $Z_{\text{ПЕР.УД.}}$ – удельные постоянные издержки на изделие, руб» [14]

« $Z_{\text{ПОСТ.УД.}}$ – удельные переменные издержки на изделие, руб» [14]

«Переменные затраты на изготовление единицы подвески» [14]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.б.}} = \Pi u + Z_O + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{С.В}} = 10010 + 31.69 + 6.34 + 11.41 = 10059.43 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.п.}} = \Pi u + Z_O + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{С.В}} = 10108.42 + 31.69 + 6.34 + 11.41 = 10157.85 \text{ руб}$$

«Переменные издержки» [14]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (66)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.б.}} = 10059.43 \cdot 150000 = 1508914875 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.п.}} = 10157.85 \cdot 150000 = 1523677875 \text{ руб}$$

«Амортизационные отчисления» [14]

$$A_{\text{М.УД}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot H_A / 100, \quad (67)$$

где « H_A - доля амортизационных отчислений, 15%» [14]

$$A_{\text{М.УД}} = (52.28 + 0.95) \cdot 15 / 100 = 7.99 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки» [12]

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.б.н.}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} + A_{\text{М.УД}} \quad (68)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.б.}} = (52.28 + 0.95) \cdot (100 - 15) / 100 + 55.45 + 39.61 + 510.39 + 7.99 = 658.68 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.п.}} = (52.28 + 0.95) \cdot (100 - 15) / 100 + 55.45 + 39.61 + 515.31 + 7.99 = 663.6 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки на годовую программу производства» [12]

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = Z_{\text{ПОСТ.УД.б.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (69)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = 658.68 \cdot 150000 = 98802600 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.п.}} = 663.6 \cdot 150000 = 99540750 \text{ руб}$$

«Полная себестоимость годовой программы выпуска» [12]

$$C_{\text{ПОЛ.Г.}} = C_{\text{ПОЛ.н.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (70)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г}} = 10718 \cdot 12 \cdot 150000 = 1607717475 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г}} = 10821 \cdot 46 \cdot 150000 = 1623218625 \text{ руб}$$

«Выручку от реализации изделия» [12]

$$\text{Выручка}_{\text{н.}} = C_{\text{ОП.н.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (71)$$

$$\text{Выручка}_{\text{н.}} = 12861.74 \cdot 150000 = 1929260970 \text{ руб}$$

«Маржинальный доход» [12]

$$D_{\text{МАРЖ}} = \text{Выручка} - Z_{\text{ПЕРЕМ.н}} \quad (72)$$

$$D_{\text{МАРЖ}} = 1929260970 - 1508914875 = 420346095 \text{ руб}$$

$$D_{\text{МАРЖ}} = 1929260970 - 1523677875 = 405583095 \text{ руб}$$

«Критический объем продаж для проектируемого узла» [12]

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ.н.}}}{C_{\text{ОП}} - Z_{\text{ПЕРЕМ.н}}} = \frac{99540750}{12861.74} - 10157.85 = 36813.94 \text{ шт} \approx 36814 \text{ шт}$$

Также значение критического объема продаж можно определить графическим методом (рисунок 14).

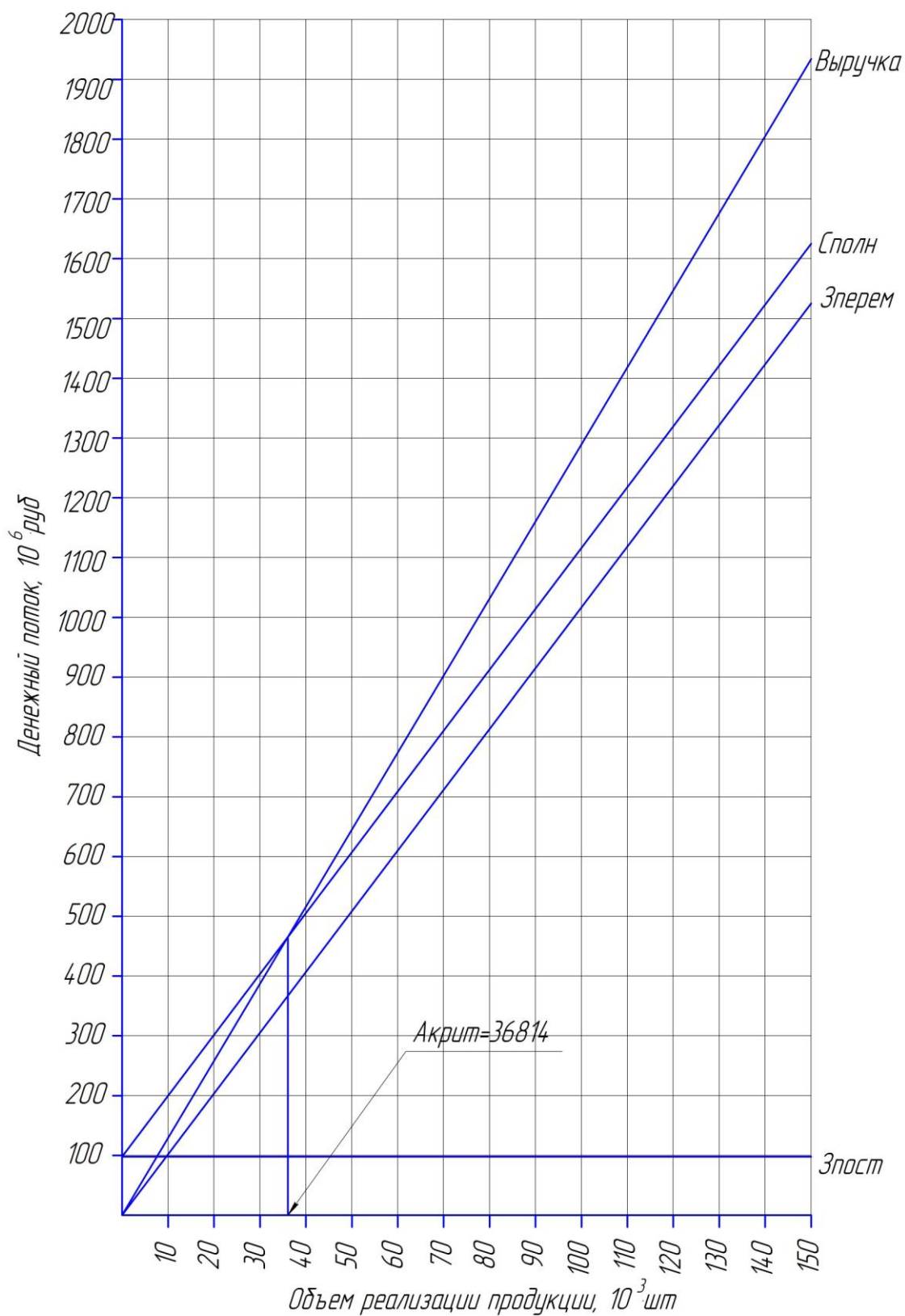


Рисунок 14 – Графический метод определения точки безубыточности

4.3 Коммерческая эффективность модернизации подвески

В данной части раздела будут определены такие показатели как чистый доход, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индексы доходности и срок окупаемости.

Наращивание производственной программы в рамках данной работы будем считать равномерным и для определения его величины воспользуемся следующей формулой:

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (73)$$

где « V_{MAX} - максимальный объем производства изделия, шт» [14]

« $A_{КРИТ}$ - критический объем продаж проектируемой подвески, шт» [14]

« n - количество лет производства, с учетом подготовки» [14]

$$\Delta = \frac{150000 - 36814}{6 - 1} = 22637.2 \text{ шт}$$

«Выручка» [12]

$$B_i = Ц_{ОТП} \cdot V_{ПРОД_i}; \quad (74)$$

где « $V_{ПРОД_i}$ - объем продаж в i -году» [12]

Для первого года производства эта величина составит:

$$V_{ПРОД_1} = V_{КР} + \Delta \quad (75)$$

Для второго года и последующих лет $V_{КР}$ заменяется объемом продаж предыдущего года.

$$V_{\text{ПРОД1}} = 36814 + 22637.2 = 59451.2 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД2}} = 59451.2 + 22637.2 = 82088.4 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД3}} = 82088.4 + 22637.2 = 104725.6 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД4}} = 104725.6 + 22637.2 = 127362.8 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД5}} = 127362.8 + 22637.2 = 150000 \text{ шт.}$$

«Выручка» » [12]

$$B_1 = 12861.74 \cdot 59451.2 = 764645865.2 \text{ руб}$$

$$B_2 = 12861.74 \cdot 82088.4 = 1055799641.4 \text{ руб}$$

$$B_3 = 12861.74 \cdot 104725.6 = 1346953417.6 \text{ руб}$$

$$B_4 = 12861.74 \cdot 127362.8 = 1638107193.8 \text{ руб}$$

$$B_5 = 12861.74 \cdot 150000 = 1929260970 \text{ руб}$$

«Переменные затраты по годам» [12]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.i}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД.i}} \quad (76)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б1}} = 10059.43 \cdot 59451.2 = 598045333.44 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б2}} = 10059.43 \cdot 82088.4 = 825762718.83 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б3}} = 10059.43 \cdot 104725.6 = 1053480104.22 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б4}} = 10059.43 \cdot 127362.8 = 1281197489.61 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б5}} = 10059.43 \cdot 150000 = 1508914875 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П1}} = 10157.85 \cdot 59451.2 = 603896520.55 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П2}} = 10157.85 \cdot 82088.4 = 833841859.16 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П3}} = 10157.85 \cdot 104725.6 = 1063787197.77 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П4}} = 10157.85 \cdot 127362.8 = 1293732536.39 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.П5}} = 10157.85 \cdot 150000 = 1523677875 \text{ руб}$$

«Постоянные затраты по годам» [14]

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (77)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = 658.68 \cdot 150000 = 98802600 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.п.}} = 663.6 \cdot 150000 = 99540750 \text{ руб}$$

«Амортизация оборудования» [14]

$$A_M = A_{M.уд} \cdot V_{MAX} \quad (78)$$

$$A_M = 7.99 \cdot 150000 = 1197787.5 \text{ руб}$$

«Себестоимость по годам» [14]

$$C_{ПОЛ.i} = Z_{ПЕРЕМ.i} + Z_{ПОСТ} \quad (79)$$

$$C_{ПОЛ.Б1} = 598045333.44 + 98802600 = 696847933.44 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.Б2} = 825762718.83 + 98802600 = 924565318.83 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.Б3} = 1053480104.22 + 98802600 = 1152282704.22 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.Б4} = 1281197489.61 + 98802600 = 1380000089.61 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.Б5} = 1508914875 + 98802600 = 1607717475 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.П1} = 603896520.55 + 99540750 = 703437270.55 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.П2} = 833841859.16 + 99540750 = 933382609.16 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.П3} = 1063787197.77 + 99540750 = 1163327947.77 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.П4} = 1293732536.39 + 99540750 = 1393273286.39 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛ.П5} = 1523677875 + 99540750 = 1623218625 \text{ руб}$$

$$\sum C_{ПОЛ.П} = 703437270.55 + 933382609.16 + 1163327947.77 + \\ + 1393273286.39 + 1623218625 = 581663973887 \text{ руб}$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам» [14]

$$Пр_{ОБЛ.i} = B_i - C_{ПОЛ.i} \quad (80)$$

$$Пр_{ОБЛ.1} = 764645865.2 - 696847933.44 = 67797931.75 \text{ руб}$$

$$Пр_{ОБЛ.2} = 1055799641.4 - 924565318.83 = 131234322.57 \text{ руб}$$

$$Пр_{ОБЛ.3} = 1346953417.6 - 1152282704.22 = 194670713.38 \text{ руб}$$

$$Пр_{ОБЛ.4} = 1638107193.8 - 1380000089.61 = 258107104.19 \text{ руб}$$

$$Пр_{ОБЛ.5} = 1929260970 - 1607717475 = 321543495 \text{ руб}$$

$$\begin{aligned}
Pr_{ОБЛ.1} &= 764645865.2 - 703437270.55 = 61208594.65 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.2} &= 1055799641.4 - 933382609.16 = 122417032.24 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.3} &= 1346953417.6 - 1163327947.77 = 183625469.82 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.4} &= 1638107193.8 - 1393273286.39 = 244833907.41 \text{ руб} \\
Pr_{ОБЛ.5} &= 1929260970 - 1623218625 = 306042345 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Налог на прибыль» [14]

$$H_{ПР.i} = Pr_{ОБЛ.i} \cdot 0.2 \quad (81)$$

$$\begin{aligned}
H_{ПР.1} &= 67797931.75 \cdot 0.2 = 13559586.35 \text{ руб} \\
H_{ПР.2} &= 131234322.57 \cdot 0.2 = 26246864.51 \text{ руб} \\
H_{ПР.3} &= 194670713.38 \cdot 0.2 = 38934142.68 \text{ руб} \\
H_{ПР.4} &= 258107104.19 \cdot 0.2 = 51621420.84 \text{ руб} \\
H_{ПР.5} &= 321543495 \cdot 0.2 = 64308699 \text{ руб} \\
H_{ПР.1} &= 61208594.65 \cdot 0.2 = 12241718.93 \text{ руб} \\
H_{ПР.2} &= 122417032.24 \cdot 0.2 = 24483406.45 \text{ руб} \\
H_{ПР.3} &= 183625469.82 \cdot 0.2 = 36725093.96 \text{ руб} \\
H_{ПР.4} &= 244833907.41 \cdot 0.2 = 48966781.48 \text{ руб} \\
H_{ПР.5} &= 306042345 \cdot 0.2 = 61208469 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Чистая прибыль по годам» [14]

$$Pr_{ч.i} = Pr_{ОБЛ.i} - H_{ПР.i} \quad (82)$$

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.1Б} &= 67797931.75 - 13559586.35 = 54238345.4 \text{ руб} \\
Pr_{ч.2Б} &= 131234322.57 - 26246864.51 = 104987458.05 \text{ руб} \\
Pr_{ч.3Б} &= 194670713.38 - 38934142.68 = 155736570.7 \text{ руб} \\
Pr_{ч.4Б} &= 258107104.19 - 51621420.84 = 206485683.35 \text{ руб} \\
Pr_{ч.5Б} &= 321543495 - 64308699 = 257234796 \text{ руб}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Pr_{ч.1П} &= 61208594.65 - 12241718.93 = 48966875.72 \text{ руб} \\
Pr_{ч.2П} &= 122417032.24 - 24483406.45 = 97933625.79 \text{ руб} \\
Pr_{ч.3П} &= 183625469.82 - 36725093.96 = 146900375.86 \text{ руб} \\
Pr_{ч.4П} &= 244833907.41 - 48966781.48 = 195867125.93 \text{ руб} \\
Pr_{ч.5П} &= 306042345 - 61208469 = 244833876 \text{ руб}
\end{aligned}$$

4.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемой подвески

Увеличение жесткости амортизатора передней подвески обеспечивает уменьшение количества его пробоев, что в свою очередь положительно сказывается на его долговечности.

Таким образом повышенная долговечность изделия сокращает количество обращений клиентов в гарантийный период. Рассчитаем прибыль, получаемую в результате внедрения данного решения:

$$Pr_{ож.дi} = \left(C_{опп} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{опп} \right) \cdot V_T \quad (83)$$

где « D_1 и D_2 - долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия» [14]

$$D_1 = 950000 ; D_2 = 1200000$$

Отпускная цена амортизатора передней подвески $C_{опп} = 3600 \text{ руб}$

$$\begin{aligned}
Pr_{ож.д1} &= \left(600 \cdot \frac{1200000}{950000} - 3600 \right) \cdot 59451.2 = 56322189.47 \text{ руб} \\
Pr_{ож.д2} &= \left(600 \cdot \frac{1200000}{950000} - 3600 \right) \cdot 82088.4 = 77767957.89 \text{ руб} \\
Pr_{ож.д3} &= \left(600 \cdot \frac{1200000}{950000} - 3600 \right) \cdot 104725.6 = 99213726.32 \text{ руб} \\
Pr_{ож.д4} &= \left(600 \cdot \frac{1200000}{950000} - 3600 \right) \cdot 127362.8 = 120659494.74 \text{ руб} \\
Pr_{ож.д5} &= \left(600 \cdot \frac{1200000}{950000} - 3600 \right) \cdot 150000 = 142105263.16 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла» [12]

$$Pr_{OЖ.H} = (N_{Рем.Баз} \cdot Z_{Рем.Баз} - N_{Рем.Пр} \cdot Z_{Рем.Пр}) + (T_{Прост.Баз} - T_{Прост.Пр}) \cdot C_{ОПП} \quad (84)$$

где « $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ - количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий» [14]

« $Z_{рем.баз}$ и $Z_{рем.пр}$ - затраты на ремонт базового и проектируемого изделий» [12]

« $T_{прост.баз}$ и $T_{прост.пр}$ - количество часов простоя техники в ремонте за год по базовому и проектируемому вариантам» [14]

$$Pr_{OЖ.H} = (60 \cdot 1300 - 40 \cdot 1300) + (60 - 60) \cdot 3600 = 134000 \text{ руб}$$

«Общественно-значимая экономия» [14]

$$\mathcal{E}_{OБЩ.i} = Pr_{OЖ.Л.i} + Pr_{OЖ.H.i} \quad (85)$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.1} = 56322189.47 + 134000 = 56456189.47 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.2} = 77767957.89 + 134000 = 77901957.89 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.3} = 99213726.32 + 134000 = 99347726.32 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.4} = 120659494.74 + 134000 = 120793494.74 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{OБЩ.5} = 142105263.16 + 134000 = 142239263.16 \text{ руб}$$

«Текущий чистый доход» [12]

$$ЧД_i = Пр.ч.и.п. - Пр.ч.и.б. + A_M + \mathcal{E}_{обиц.} \quad (86)$$

$$\begin{aligned} ЧД_1 &= 48966875.72 - 54238345.4 + 1197787.5 + 56456189.47 = \\ &= 52382507.29 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_2 &= 97933625.79 - 104987458.05 + 1197787.5 + 77901957.89 = \\ &= 72045913.13 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_3 &= 146900375.86 - 155736570.7 + 1197787.5 + 99347726.32 = \\ &= 91709318.97 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_4 &= 195867125.93 - 206485683.35 + 1197787.5 + 120793494.74 = \\ &= 111372724.82 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_5 &= 244833876 - 257234796 + 1197787.5 + 142239263.16 = \\ &= 131036130.66 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Коэффициент дисконтирования α_i » [12]

$$E_{CT} = 10\%$$

$$\alpha_i = 1 / (1 + E)^t, \quad (87)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

«Текущий чистый дисконтированный доход» [12]

$$ЧДД(i) = ЧД(i) \cdot \alpha_i \quad (88)$$

$$ЧДД \text{ (1)} = 52382507.29 \cdot 0,909 = 47615699.13 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (2)} = 72045913.13 \cdot 0,826 = 59509924.25 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (3)} = 91709318.97 \cdot 0,753 = 69057117.18 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (4)} = 111372724.82 \cdot 0,683 = 76067571.05 \text{ руб}$$

$$ЧДД \text{ (5)} = 131036130.66 \cdot 0,621 = 81373437.14 \text{ руб}$$

«Суммарный ЧДД» [12]

$$\sum ЧДД(i) = 333623748.75 \text{ руб}$$

«Капиталообразующие инвестиции» [12]

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{ПОЛi} ; \quad (89)$$

где « $K_{инв}$ - коэффициент капиталообразующих инвестиций» [14]

$$K_{инв} = 2.5\% .$$

$$J_o = 0.011 \cdot \sum C_{ПОЛi} = 145415993.47 \text{ руб}$$

«Чистый дисконтированный доход» [14]

$$ЧДД = \sum_{i=0}^T ЧДД_i - J_o \quad (90)$$

$$ЧДД = 333623748.75 - 145415993.47 = 188207755.28 \text{ руб}$$

«Индекс доходности инвестиций» [12]

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o} ; \quad (91)$$

$$JD = 188207755.28 / 145415993.47 = 1.23$$

«Срок окупаемости проекта» [12]

$$T_{окуп.} = \frac{J_o}{ЧДД} \quad (92)$$

$$T_{окуп.} = 145415993.47 / 188207755.28 = 0,82 \text{ года}$$

Строим график зависимости прибыли от объема продаж (рисунок 15).

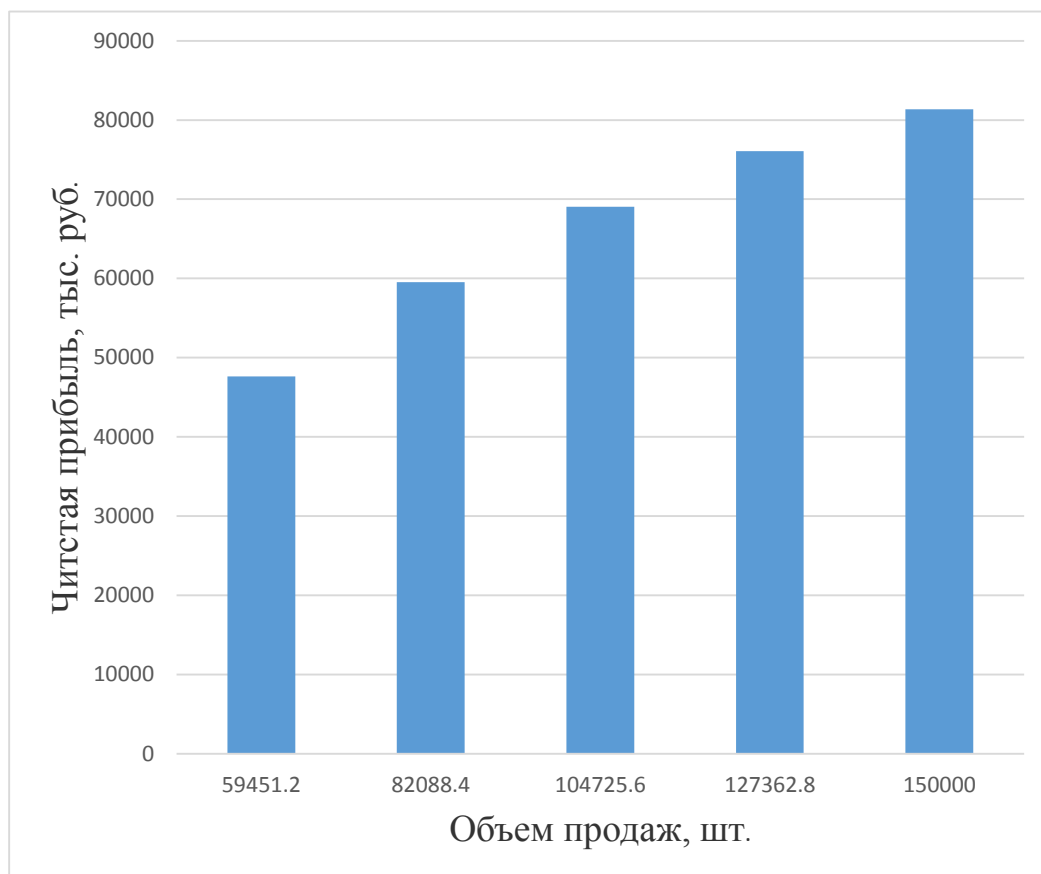


Рисунок 15 – График зависимости прибыли от объема продаж

4.5 Вывод

На основании проведенного технико-экономического анализа предлагаемого варианта модернизации можно с уверенностью утверждать о коммерческой эффективности разработанной конструкции подвески.

В новой конструкции подвески цена амортизационной стойки выше чем в базовом варианте, но при этом данный узел имеет лучшую надежность и долговечность.

Среди основных показателей, определяющих коммерческую эффективность проекта, стоит выделить объем капиталобразующих инвестиций в размере 145425993.47 руб., величину чистого дисконтированного дохода равную 188207755.28 руб., индекс доходности 1.23, а также срок окупаемости проекта продолжительностью 0.82 года.

Все эти значения доказывают экономическую целесообразность данной модернизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной квалификационной работы являлось улучшение динамических характеристик переднеприводного автомобиля 2 класса, а именно курсовой устойчивости и управляемости. Для решения поставленных задач был предложен вариант модернизации амортизационной стойки передней подвески подходящий для массового производства и соответствующий современному уровню развития техники. Проведенные в конструкторской части квалификационной работы расчеты подтверждают эффективность применения измененной конструкции демпфирующего элемента и требуемое улучшение устойчивости и управляемости. Таким образом цели, поставленные в рамках данной работы, достигнуты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] /В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.
2. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1983.-356 с.
3. Валхламов, В.К. «Автомобили. Основы конструкции» [Текст] /В.К. Валхламов, Академия, 2008.-529с.
4. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник [Текст] / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов– М.: Машиностроение, 2004.-704 с.
5. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. [Текст] – М.: Машиностроение, 1978.-912 с.
6. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля [Текст] – М.: Машиностроение 1976-168с.
7. Лукин, П.П. Конструкция и расчет автомобиля: Учебник для студентов втузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов, - М: Машиностроение, 1984. – 376 с.
8. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. [Текст] В.Н. Лата, Курс лекций.-125 с.
9. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля [Текст] Машиностроение 1984-373с.
10. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ. [Текст]/ Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.
11. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] /Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.
12. Хрипач, В.Я. Экономика предприятия [Текст] / В.Я.Хрипач, А.С.Головачев, И.В.Головачева и др.; Под ред. В.Я.Хрипача; Академия управления при Президенте Республики Беларусь. Кафедра экономики и

организации производства. - Минск, 1997.- 448 с.

13. Сачко, Н.С. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учеб. пособие для вузов [Текст] / Н.С. Сачко, И.М. Бабука, В.И. Демидов и др.; Под ред. Н.С. Сачко, И.М. Бабука. – Минск: Выш.шк., 1988.- 272 с.

14. Грузинов В.П. Экономика предприятия: Учеб. пос. для вузов. 2-е изд., доп. [Текст] / В.П. Грузинов, В.Д. Грибов – М.: Финансы и статистика, 2002. – 207 с.

15. Глущенко, В.Ф. Экономика предприятия. Часть 4. Организация производства. Учеб. пособие [Текст] / В.Ф. Глущенко, Г.А. Краюхин, А.И. Михайлушкин и др.: СПбГИЭУ. – СПб: СПбГИЭУ, 2001. – 101 с.

16. Ипатов, М.И. Организация и планирование машиностроительного производства: Учеб. для машиностр. спец. вузов [Текст] / М.И. Ипатов, М.К. Захарова, К.А. Грачев и др.; Под ред. М.И. Ипатова, В.И. Постникова и М.К. Захаровой.- М.: Высш.шк., 1988.-367 с.

17. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учебно-методическое пособие [Текст] /Л.Н. Горина, М.И. Фесина – Тольятти: ТГУ, 2016.-51с.

18. Челноков, А. А. Охрана труда: учебник [Электронный ресурс] / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап ; под общ. ред. А. А. Челнокова. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 655 с

19. Челноков, А.А. Основы экологии: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко, И. Н. Жмыхов ; под ред. А. А. Челнокова. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 543 с.

20. Михнюк, Т.Ф. Охрана труда: учебное пособие [Текст] / Т. Ф. Михнюк. - Минск: ИВЦ Минфина, 2007. - 297 с.

21. Dearholt, J.D. Career Paths Mechanics [Text] / J. D. Dearholt, - Express Publishing, 2012. – 261 с.

22. Duffy, J.E. Modern Automotive Technology [Text] / J. E. Duffy, - Liberty Publishing House, 2014. – 307 c.
23. Schnubel, M. Automotive Suspension and Steering Systems [Text] / M. Schnubel, - Express Publishing, 2013. – 365 c.
24. Knowles, D. Automotive Technician Test Preparation [Text] / D. Knowles, - Liberty Publishing House, 2011. – 228 c.
25. Erjavec, J. Automotive Technology [Text] / J. Erjavec, - Harper Collins, 2010. – 388 c.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

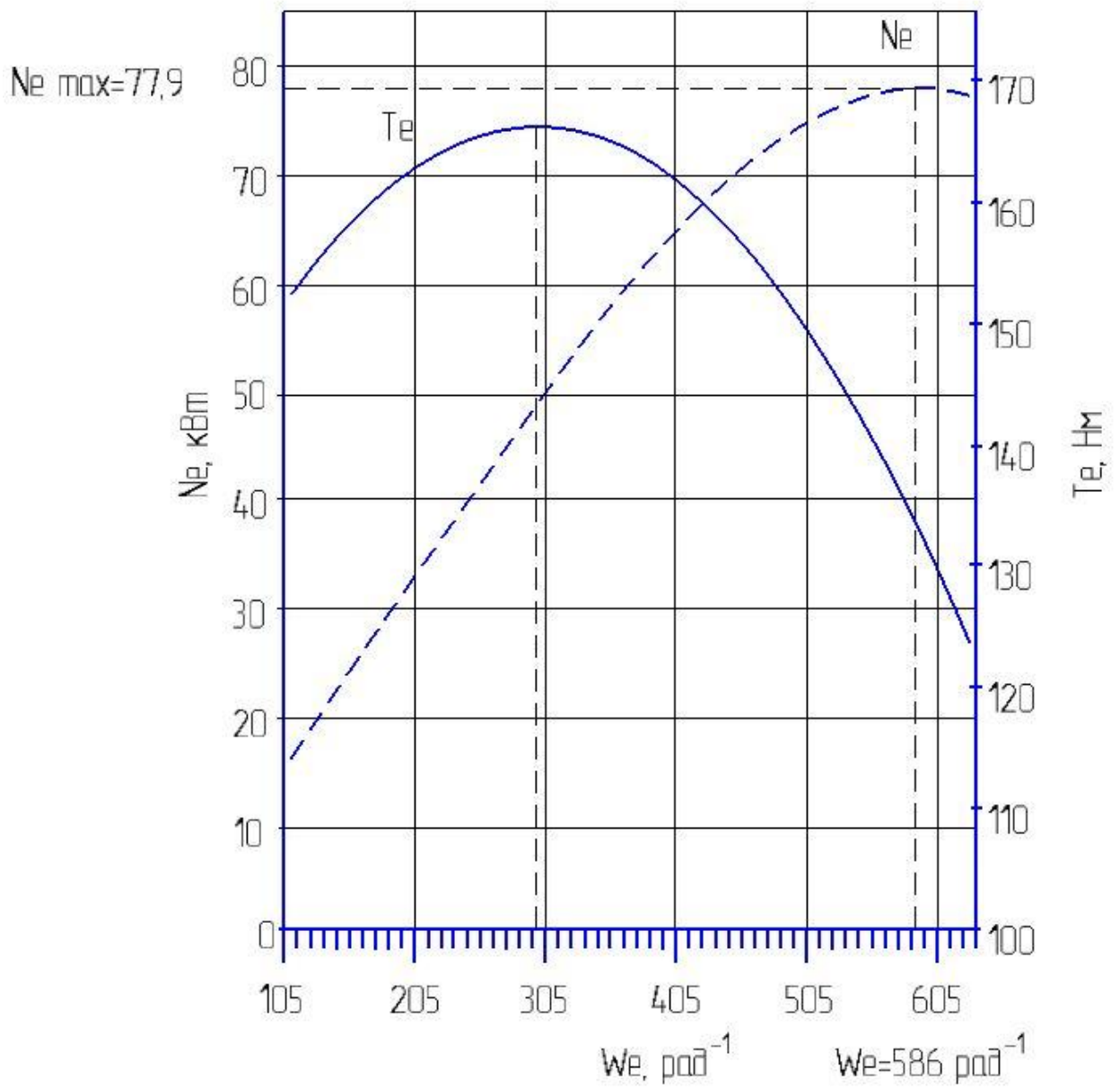


Рисунок А.1 - Внешнескоростная характеристика двигателя

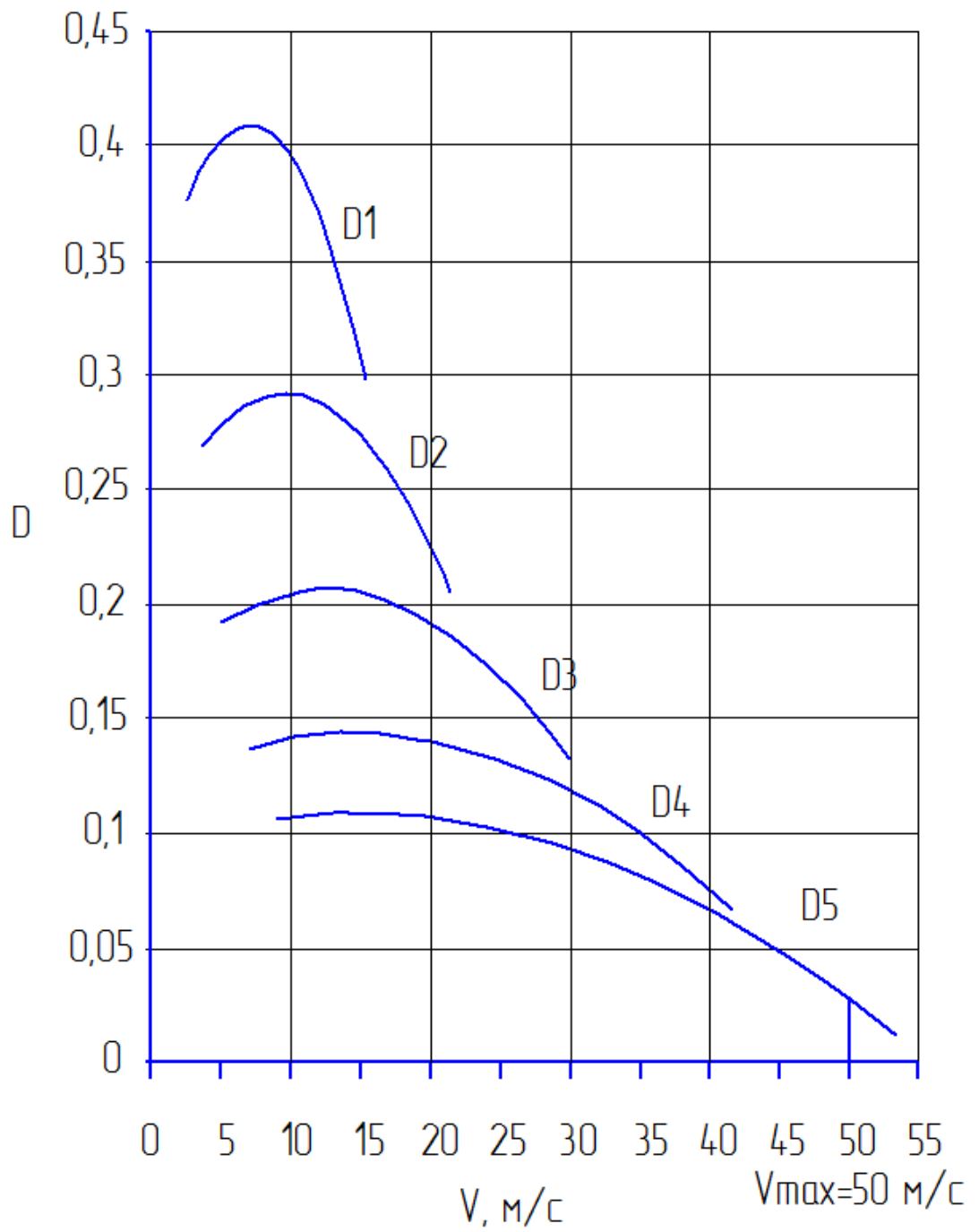


Рисунок А.2 – Динамический фактор автомобиля

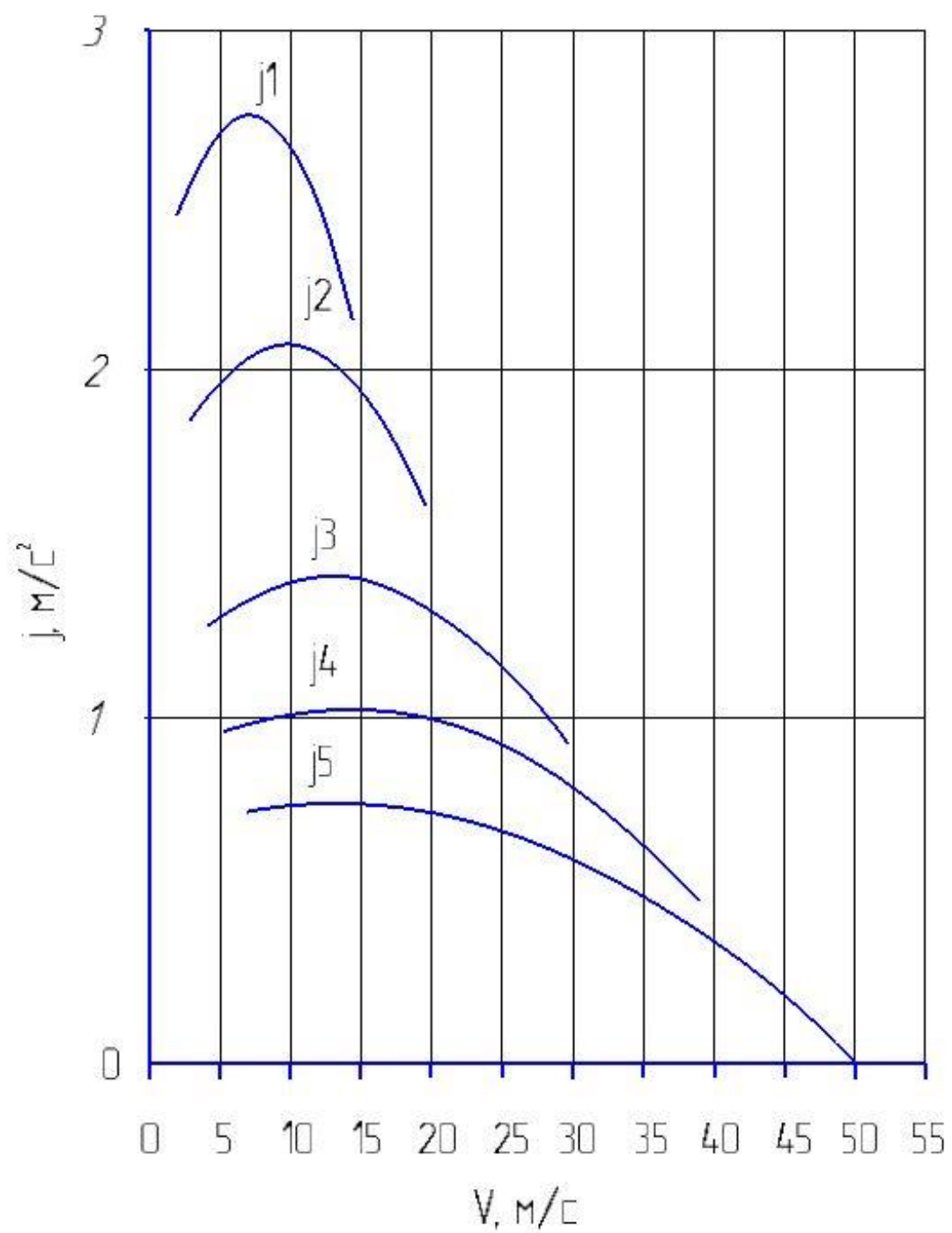


Рисунок А.3 – Ускорения автомобиля

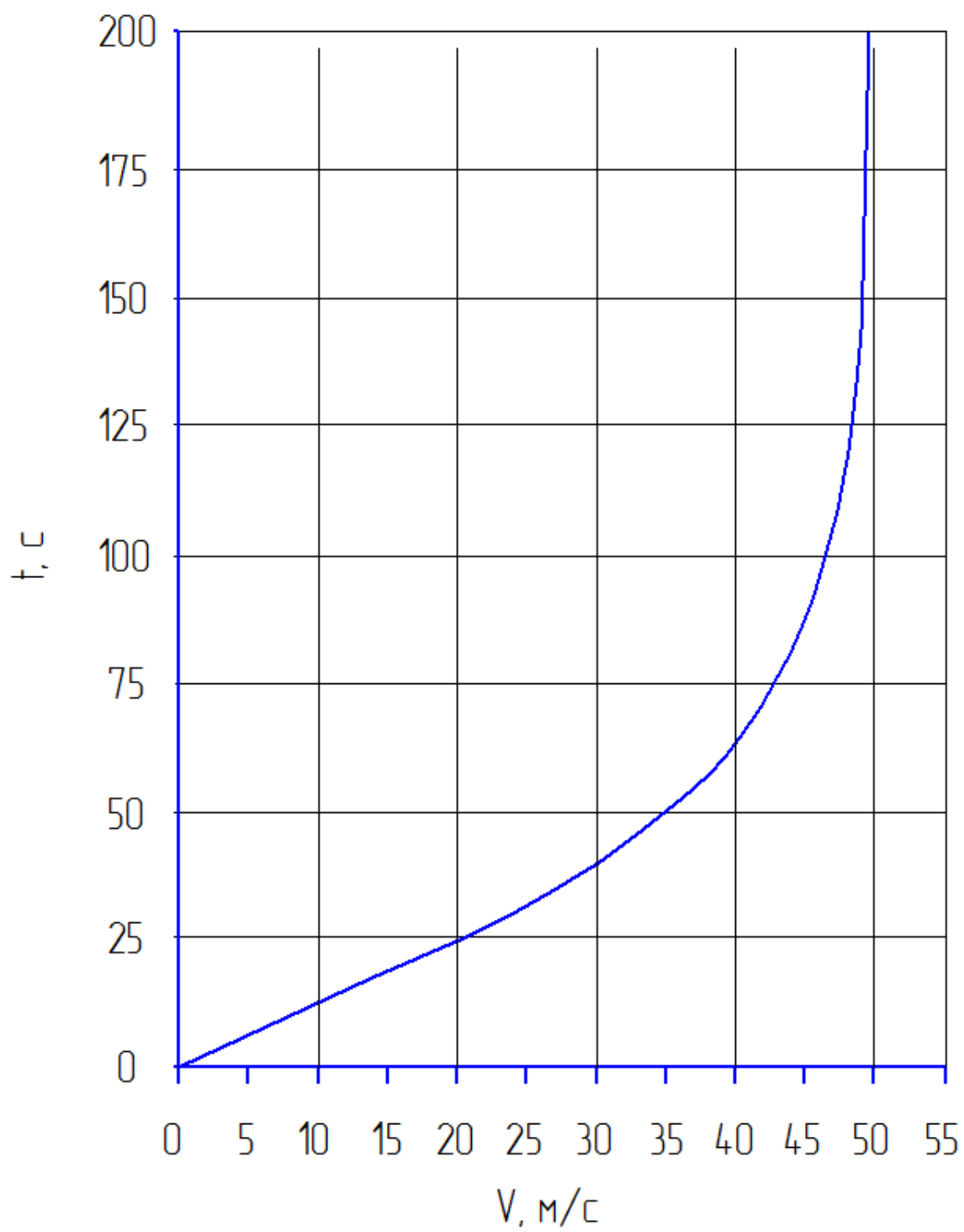


Рисунок А.4 – Время разгона

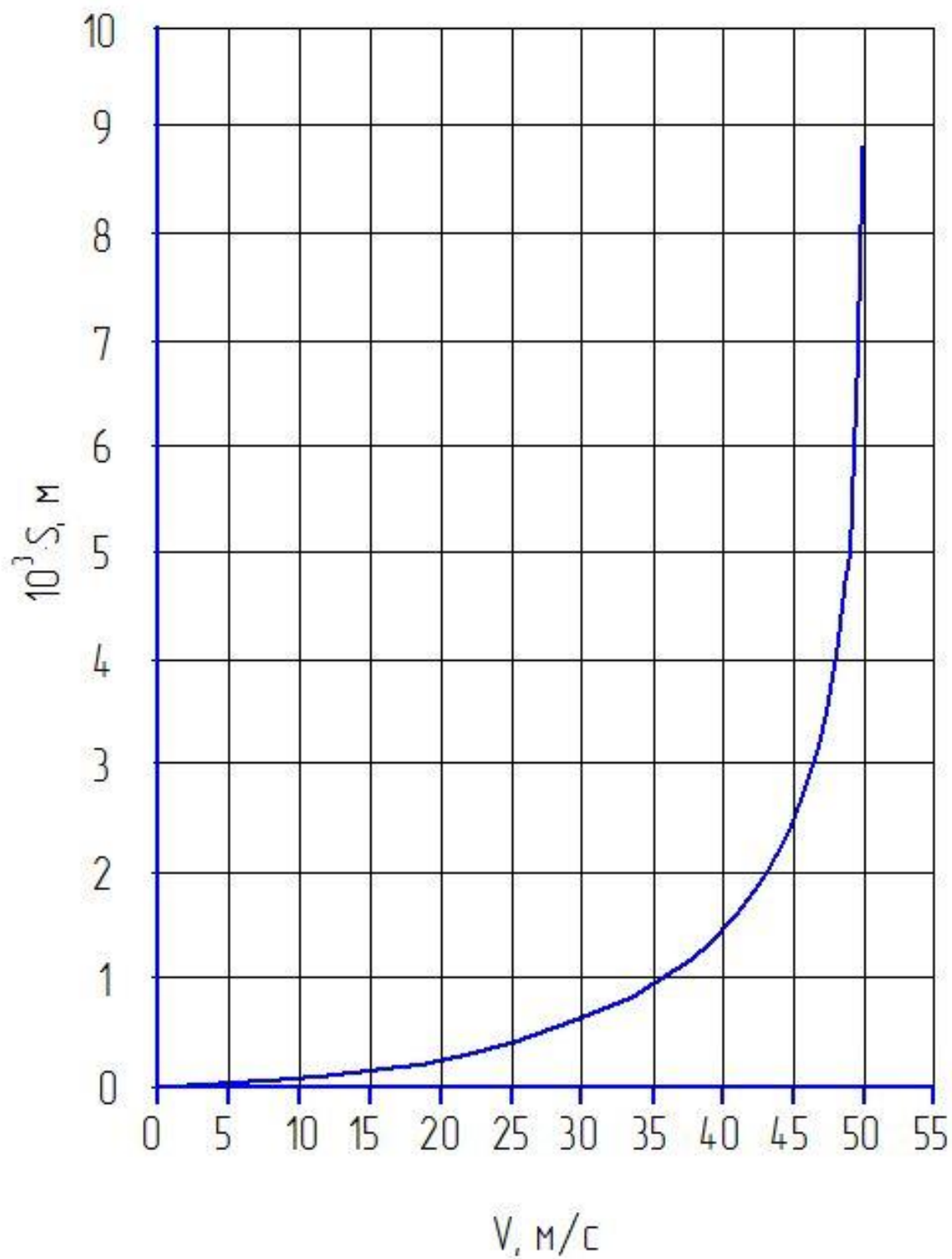


Рисунок А.5 – Путь разгона

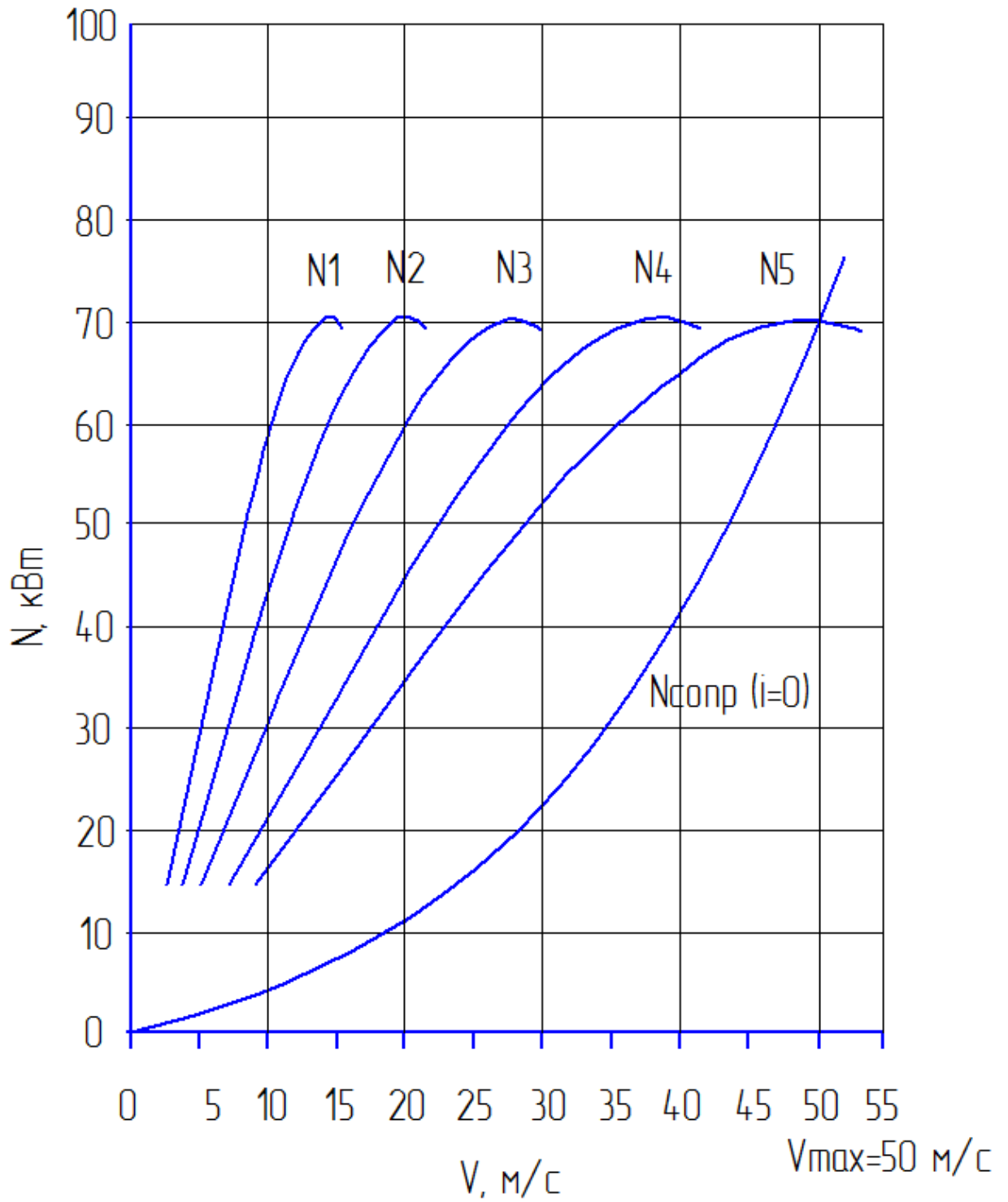


Рисунок А.6 – Мощностной баланс

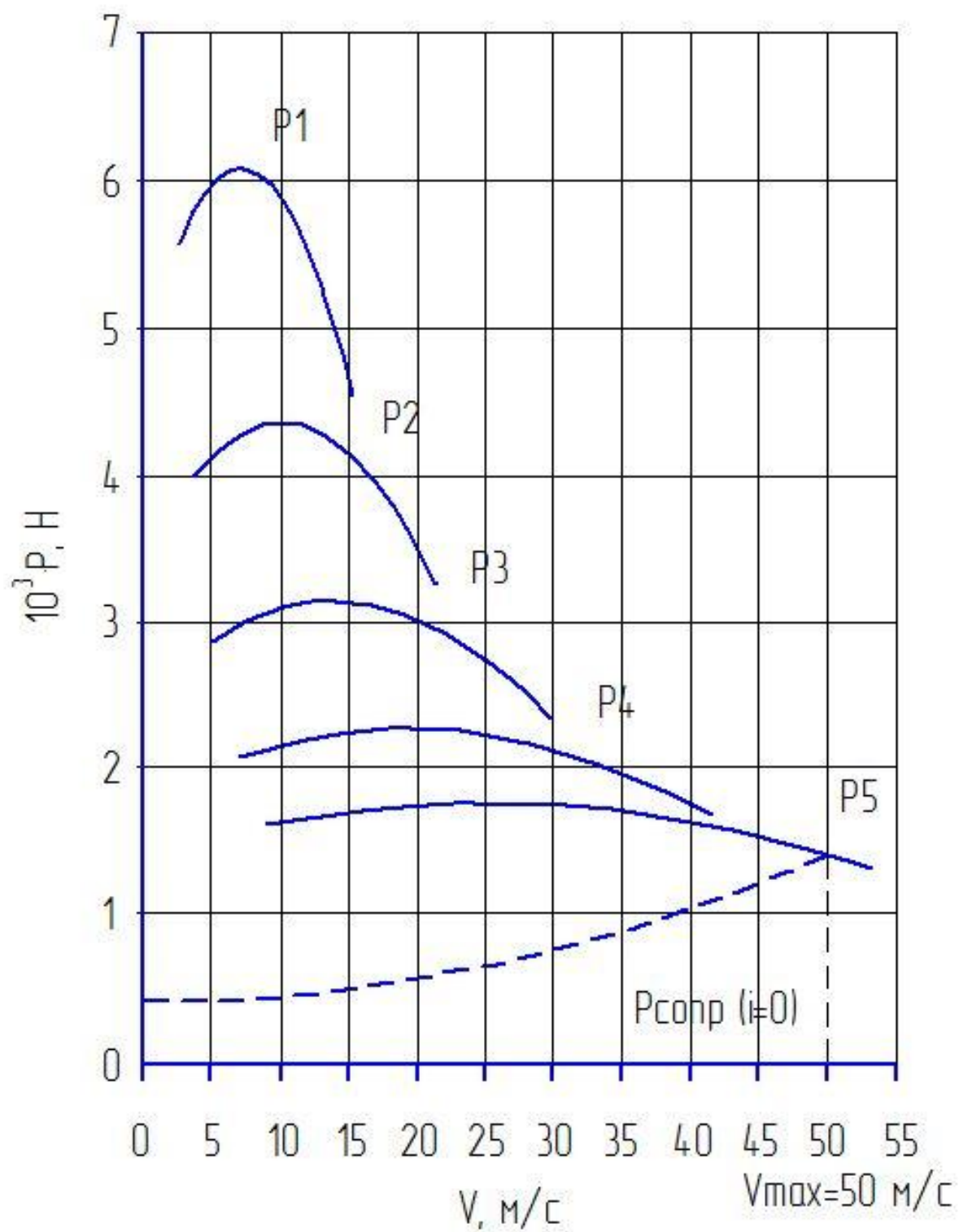


Рисунок А.7 – Тяговый баланс

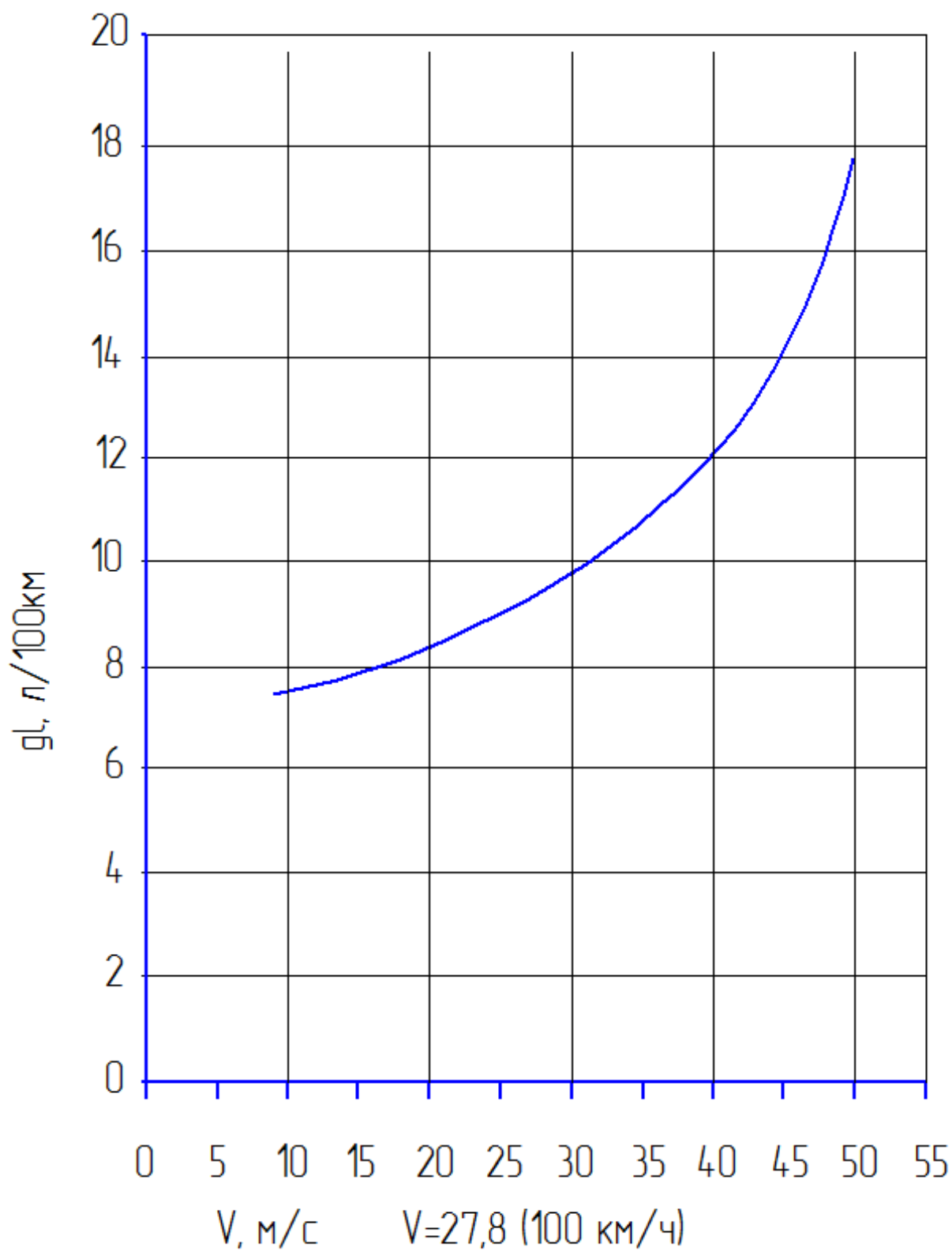


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификации

Инв. № подл.	Изм. лист	№ докум.	Подп.	Дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
										Разраб.	Блюденев К.М.					
													19.ДП.ПиЭА.227.00.000.СБ	Установка передней подвески		2 листа
														Сборочные единицы		
													19.ДП.ПиЭА.227.01.000	Стойка телескопическая передней подвески с кулаком и тормозом правая в сборе	1	
													19.ДП.ПиЭА.227.02.000	Стойка телескопическая передней подвески с кулаком и тормозом левая в сборе	1	
													19.ДП.ПиЭА.227.03.000	Рычаг передней подвески с растяжкой правый в сборе	1	
													19.ДП.ПиЭА.227.04.000	Рычаг передней подвески с растяжкой левый в сборе	1	
													19.ДП.ПиЭА.227.05.000	Стабилизатор поперечной устойчивости передней подвески в сборе	1	
														Детали		
													19.ДП.ПиЭА.227.00.006	Кронштейн подушки штанги переднего	2	
														19.ДП.ПиЭА.227.00.000		
														Установка передней подвески		
														Лит. 1 Лист 2		
														ТГУ ИМ гр. АТ-1401		
														Копировал Формат А4		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				стабилизатора		
				поперечной		
				устойчивости		
Б4	7		19.ДП.ПчЭА.227.00.007	Колпак ступицы	2	
Б4	8		19.ДП.ПчЭА.227.00.008	Кольцо уплотнительное	2	
				колпака ступицы		
Б4	9		19.ДП.ПчЭА.227.00.009	Шайба подшипника	2	
				ступицы колес		
				Стандартные изделия		
Б4	10			Шайба 8 ГОСТ 11371-78	2	
Б4	11			Шайба 12 ГОСТ 11371-78	2	
Б4	12			Шайба 8 ГОСТ 11371-78	10	
Б4	13			Болт М8 ГОСТ 7798-70	2	
Б4	14			Шайба 10 ГОСТ 11371-78	6	
Б4	15			Гайка М20х1.25	2	
				ГОСТ 5915-70		
Б4	16			Болт М10х1.25х35	2	
				ГОСТ 7798-70		
Б4	17			Болт М10х1.25х65	4	
				ГОСТ 7798-70		
Б4	18			Болт М12х1.25х70	2	
				ГОСТ 7798-70		
Б4	19			Гайка М8 ГОСТ 5915-70	2	
Б4	20			Гайка М12х1.25	2	
				ГОСТ 5915-70		
Б4	21			Гайка М8 ГОСТ 5915-70	10	
Б4	22			Гайка М12х1.25	2	
				ГОСТ 5915-70		
19.ДП.ПчЭА.227.00.000						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Копировал

Формат А4

		Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		
Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание										
				<u>Документация</u>												
A1			19.ДП.ПиЭА.227.06.000.СБ	Стойка телескопическая передней подвески левая в сборе												
				<u>Сборочные единицы</u>												
A1	1		19.ДП.ПиЭА.227.07.000	Стойка телескопическая передней подвески	1											
Б4	2		19.ДП.ПиЭА.227.08.000	Буфер хода сжатия в сборе	1											
Б4	3		19.ДП.ПиЭА.227.09.000	Опора верхняя в сборе	1											
				<u>Детали</u>												
Б4	4		19.ДП.ПиЭА.227.06.010	Пружина передней подвески	1											
Б4	5		19.ДП.ПиЭА.227.06.011	Прокладка изолирующая пружины	1											
Б4	6		19.ДП.ПиЭА.227.06.012	Чашка верхняя пружины	1											
Б4	7		19.ДП.ПиЭА.227.06.013	Ограничитель опоры нижний	1											
Б4	8		19.ДП.ПиЭА.227.06.014	Ограничитель опоры верхний	1											
			19.ДП.ПиЭА.227.06.000													
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стойка телескопическая передней подвески левая в сборе				Лит.	Лист	Листов		
			Разраб.	Блюденев К.М.											1	2
			Пров.	Соломатин Н.С.												
			Руков.	Соломатин Н.С.												
			Н.контр.	Езоров А.Г.												
			Утв.	Бодоровский А.В.												
Копировал													Формат А4			

Инв. № подл.	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата	19.ДП.ПиЭА.227.07.000	Стойка телескопическая передней подвески	Лист		
							Лит.	Лист	Листов
Инв. № подл.	Разраб.	Блюденев К.М.			19.ДП.ПиЭА.227.07.000	Стойка телескопическая передней подвески			1
	Пров.	Соломатин Н.С.							
	Руков.	Соломатин Н.С.							
	Исполн.	Езоров А.Г.							
	Утв.	Бодоровский А.В.							
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	19.ДП.ПиЭА.227.07.000		
							Обозначение	Наименование	Кол.
							Документация		
		A1					19.ДП.ПиЭА.227.07.000.СБ Стойка телескопическая передней подвески		
							Сборочные единицы		
		A1	1		19.ДП.ПиЭА.227.08.000		Корпус стойки амортизаторной	1	
		Б4	2		19.ДП.ПиЭА.227.09.000		Шток стойки амортизаторной	1	
		Б4	3		19.ДП.ПиЭА.227.10.000		Сальник стойки в сборе	1	
		Б4	4		19.ДП.ПиЭА.227.11.000		Втулка направляющая	1	
		A4	5		19.ДП.ПиЭА.227.12.000		Клапан сжатия стойки передней подвески в сборе		
							Детали		
		Б4	6		19.ДП.ПиЭА.227.07.013		Опора буфера сжатия	1	
		Б4	7		19.ДП.ПиЭА.227.07.014		Цилиндр амортизаторной стойки	1	
		Б4	8		19.ДП.ПиЭА.227.07.015		Плунжер буфера отдачи	1	
		Б4	9		19.ДП.ПиЭА.227.07.016		Пружина буфера отдачи	1	
							19.ДП.ПиЭА.227.07.000		
							Стойка телескопическая передней подвески		
									ТГУ ИМ гр. АТ-1401
									Формат А4

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Изм. лист	№ докум.	Подп.	Дата	19.ДП.ПиЭА.227.02.011	Лит.			Листов
						1			
Инв. № подл.	Разраб.	Блюденев К.М.			Клапан сжатия стойки передней подвески в сборе	Лит.			Листов
	Пров.	Соломатин Н.С.				ТГУ ИМ гр. АТ-1401			
Инв. № подл.	Руков.	Соломатин Н.С.			Клапан сжатия стойки передней подвески	Лит.			Листов
	Исполн.	Езоров А.Г.				Формат А4			
Инв. № подл.	Утв.	Бодоровский А.В.			19.ДП.ПиЭА.227.02.011	Лит.			Листов
						Формат А4			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.001	Лит.			Листов
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.002	Лит.			Листов
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.003	Лит.			Листов
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.004	Лит.			Листов
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.005	Лит.			Листов
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.006	Лит.			Листов
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Подп. и дата	19.ДП.ПиЭА.227.12.000.СБ	Лит.			Листов
						Лит.			