

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему «Разработка проекта гусеничного вездехода на базе автомобиля ВАЗ-2121»

Студент

Н.А.Самойленко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент Л.А.Угарова

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

Консультанты

к.э.н., доцент Е.А.Боргардт

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

к.т.н., доцент А.Н.Москалюк

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

к.п.н., доцент С.А.Гудкова

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

Тольятти 2020

## Аннотация

Тема данного дипломного проекта посвящена разработке проекта гусеничного вездехода на базе автомобиля ВАЗ-2121.

Данный дипломный проект посвящен повышению проходимости автомобиля ВАЗ-2121 при помощи разрабатываемого гусеничного движителя.

Целью работы является сообщение сведений о повышении проходимости, в условиях, где нет дорожного покрытия, что позволит автомобилю преодолеть различные преграды.

Объектом исследования будет выступать автомобиль ВАЗ-2121.

Субъектом данного дипломного проекта выступает гусеничный движитель.

В первой части диплома мы изучаем состояние вопроса, в том числе основные методы повышения проходимости, условия эксплуатации полноприводных автомобилей, основные требования, предъявляемые к гусеничным движителям и общие сведения о автомобилях с гусеничным движителем.

Вторая часть дипломного проекта описывает историю создания гусеничного движителя, классификацию гусеничных движителей, а также описание деталей разрабатываемой конструкции.

Третья и последующие части дипломного проекта посвящены теоретическим и практическим рекомендациям по повышению проходимости автомобиля ВАЗ-2121, а также конструкторским расчетам разрабатываемого движителя.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки на 105 страницах, введения, в том числе 43 рисунков, 14 таблиц, списка 31 ссылок, включая 5 иностранных источников и 9 приложений, и графической части на 5 листах А1 и 3 листах А3.

## **Abstract**

The topic of the given diploma paper is devoted to the development of a draft caterpillar all-terrain vehicle based on the car VAZ-2121.

This diploma paper is devoted to increasing the passability of the VAZ-2121 car using the development of a caterpillar mover.

The aim of the work is to give some information about to increase cross-country ability, in conditions where there is no road surface, which will allow the car to overcome various obstacles.

The object of the diploma paper is the car VAZ-2121.

The subject of the diploma paper is caterpillar mover.

The first part of diploma paper, we examine the state of the question, including the main methods for increasing cross-country ability, the operating conditions of all-wheel drive cars, the main requirements shown for a caterpillar mover and general information about cars with a caterpillar mover.

The second part of diploma paper describes history of creation of caterpillar mover, classification of caterpillar mover, as well as description of details of the developed design.

The third and subsequent parts of the diploma project are devoted to of the theoretical and practical recommendations for improving the portability of the BA3-2121 car, as well as design calculations of the developed mover.

The diploma paper consists of an explanatory note on 105 pages, introduction, including 43 figures, 14 tables, the list of 31 references including 5 foreign sources and 9 appendices, and the graphic part on 5 A1 sheets and the graphic part on 3 A3 sheets.

## Содержание

Введение.....	6
Раздел 1 Исследование состояния вопроса .....	8
1.1 Основные методы повышения проходимости автомобилей .....	8
1.2 Условия эксплуатации полноприводных автомобилей .....	11
1.3 Основные требования, предъявляемые к гусеничным движителям.....	16
1.4 Общие сведения о машинах с гусеничными движителями .....	22
Раздел 2 Теоретическая часть .....	35
2.1 История создания гусеничных ходов. Их производство в РФ. ....	35
2.2 Классификация гусеничных движителей .....	39
2.3 Наглядное ознакомление с деталями гусеничного движителя .....	43
Раздел 3 Расчётно-технологическая часть.....	48
3.1 Разработка собственной конструкции гусеничного хода для автомобиля категории М1 .....	48
3.2 Конструкторские расчёты разрабатываемого движителя.....	50
Раздел 4 Обеспечение безопасности на рабочем месте .....	71
Раздел 5 Техничко-экономическое обоснование проекта.....	75
5.1 Себестоимость модернизированной конструкции .....	75
5.2 Точка безубыточности производства гусеничного движителя .....	80
5.3 Коммерческая эффективность модернизации колес .....	84
5.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемого движителя.....	89
5.5 Вывод.....	92
Заключение .....	93

Список используемой литературы и используемых источников.....	94
Приложения .....	97
Приложение А Спецификация к проекту .....	97
Приложение Б Чертеж общего вида автомобиля ВАЗ-2121 с гусеничным двигателем .....	98
Приложение В Сборочный чертеж гусеничного хода .....	99
Приложение Г Чертеж ведущей звезды.....	100
Приложение Д Чертеж ступичного переходника .....	101
Приложение Е Чертеж усиленной ступицы .....	102
Приложение Ж Чертеж опорной рамы .....	103
Приложение И Графики тягово-динамического расчета.....	104
Приложение К Показатели экономической эффективности .....	105

## **Введение**

Выпускная квалификационная работа выполнена на тему: «Разработка проекта гусеничного вездехода автомобиля ВАЗ-2121».

Данная работа имеет большую актуальность для России, с ее непостоянными климатическими условиями, а точнее с продолжительными снегопадами и дождями на большей ее территории, а также с пустынными южными районами, где нет асфальтированной дороги. Проходимость транспортного средства, в таких районах, играет очень важную роль. Легковые автомобили создаются большими партиями на заводах, потому что на обширной территории РФ преобладают грунтовые дороги и шоссе. Также легковые автомобили проще в своем создании, чем внедорожные. Болотистая местность, территории с большими снежными или песчаными покровами, очень трудны в проходимости из-за своих физических свойств. Поэтому, нет возможности создать машину, которая бы двигалась вне зависимости от грунта.

Целью данной работы является повышение проходимости, в условиях, где нет дорожного покрытия, именно поэтому, я предлагаю применить и разработать такой способ, как установка гусеничного движителя. В дальнейшем это позволит автомобилю преодолеть разные преграды, а также спокойно проходить те места, где нет грунтовой дороги и трассы.

Для достижения данной цели, необходимо решить следующие поставленные задачи:

- провести общую характеристику автомобиля ВАЗ-2121 и гусеничного движителя;
- рассмотреть историю создания и применения гусеничного движителя в России;

- проанализировать зарубежный опыт создания и применения гусеничного движителя;
- произвести систему расчетов гусеничного движителя перед разработкой проекта;
- подготовить наглядное рассмотрение идеи в виде чертежа.

Предметом исследования является разработка гусеничного движителя; детальное исследование отдельных деталей гусеничного движителя.

Объектом исследования выступает автомобиль ВАЗ-2121, который изначально является автомобилем с высокой проходимостью

Структура работы обусловлена целью и задачами исследования, и состоит из введения, пяти глав, четырнадцати параграфов, заключения, списка используемой литературы и используемых источников, приложений.

## **Раздел 1 Исследование состояния вопроса**

### **1.1 Основные методы повышения проходимости автомобилей**

Проходимость автомобиля зависит от его конструктивных особенностей, состояния покрытия дороги или грунтовой поверхности, а также от мастерства водителя. На сегодняшний день, внедорожник может обладать совершенно разными характеристиками. К примеру, некоторые автомобили могут преодолеть практически все самые сложные участки, такие как болото, песок, или же проехать максимально сложные лесные чащи. При этом, среди любителей охоты распространены именно такие внедорожники, которые без проблем проедут лишь по тем дорогам, которые находятся в относительно плохом состоянии.

Можно сказать, что сельское хозяйство в своем основании имеет достаточно большое разнообразие почвы и климатических условий, а также различные выполняемые перевозки и сезонность работ, выполняемых с помощью транспорта. «Практика по эксплуатации транспортных средств доказывает, что дороги, которые имеют твердое покрытие и грунтовочное и с минимальной влажностью, являются вполне легко проходимые. Однако при этом требуется определение причины касаясь невозможности передвижения автомобиля по грунтовой дороге, который по своим техническим свойствам является исправным, мною данная причина определяется как – недостаточное сцепление колес с грунтом» [1].

«Допустимо отметить, что плохое состояние дороги, недостаточное сцепление самих шин с грунтом либо с дорожным покрытием также могут приводить к большому количеству аварий и катастроф. При создании отличного сцепления шин с дорогой, требуется большое внимание уделять форме и сохранению рисунка протектора. Обеспечение надежности сцепления

колес с дорогой вдобавок ко всему напрямую будет зависеть от самой скорости движения транспортного средства. При увеличении скорости движения на дороге совершенно любого типа, будет идти уменьшение коэффициента сцепления. А намного интенсивнее данное снижение будет проявляться на поверхностях дороги, имеющих грязную поверхность и повышенную влажность» [2].

Проблема по уменьшению сопротивления при движении на дорогах, не имеющих достаточно твердого покрытия, может решаться несколькими способами.

На этапе конструкторской проработки выбирается размер колеи автомобиля. Для уменьшения сопротивления качению по мягким грунтам и снежной целине ширина колеи всех мостов автомобиля должна быть одинаковой.

При движении по дорогам без твёрдого покрытия большое значение имеет соответствие колеи автомобиля той ширине дорожной колеи, которая образуется на грунтовой дороге при движении остального транспорта.

Нередко конструкторы согласуют ширину колеи легких вездеходов и джипов с шириной колеи основных грузовых автомобилей. Кстати, основной джип Второй Мировой войны имел узкую колею, которая не соответствовала ширине колеи остального транспорта того времени. Размеры джипа были заданы исходя из возможностей транспортной авиации и флота того времени. Это делало джип удобным для переброски на большие расстояния, однако весьма негативно сказывалось на его проходимости по колеям грунтовых дорог.

Узкая колея этого джипа никак не сказывалась на проходимости по каменистым дорогам, по полям и по разбитым дорогам с усовершенствованным покрытием.

Водитель обычно не имеет возможности повлиять на колею своего автомобиля. Вообще регулировать колею в процессе эксплуатации можно

только на некоторых моделях колёсных тракторов, приравливая её к ширине посевов различных культур.

Тем не менее, уменьшить сопротивление качению можно другим способом. Сопротивление качению уменьшается с увеличением диаметра колеса. Поэтому, установив на автомобиль колёса большого диаметра, водитель несколько снижает сопротивление качению.

Существуют и другие способы снижения сопротивления качению, однако они на автомобилях повышенной и высокой проходимости не применяются.

«Установка колёс большого диаметра не только снижает сопротивление качению, но и увеличивает дорожный просвет – клиренс автомобиля» [3].

Использование шин, имеющих пониженное давление воздуха и увеличенный профиль представляет собой один из основных способов, преследующих цель по повышению коэффициента сцепления, и соответственно проходимости самого автомобиля при условиях бездорожья.

Как правило, транспортные средства выполняют свою работу в совершенно смешанных дорожных условиях: бездорожье достаточно часто может быть изменено на асфальтное покрытие и совершенно наоборот, то есть асфальт может быть сменен бездорожьем. В связи с этим, естественно, возникает необходимость по проведению быстрого изменению давления в шинах, при этом зависимо от самих условий движения. Данная задача может быть решена с помощью централизованного регулирования давления в шинах транспорта, обладающего повышенной проходимостью (ГАЗ-66, ЗИЛ-131 и пр.).

Шины, которые являются широкопрофильными и арочными, могут быть установлены вместо обычных, при этом они приводят к повышению проходимости автомобиля, которое играет большую роль в период весенней либо осенней дождливости, а также в период снежных заносов.

Увеличенная сила тяги на самих ведущих колёсах, а также увеличение сцепления ведущих колес – вот первое, что стремиться сделать каждый водитель, если желает увеличить проходимость своего автомобиля.

Существует громадное количество методов повышения проходимости автомобилей путём увеличения сцепления ведущих колёс с дорогой. Рассмотрение этих методов удобно начать с простейших.

Одним из самых простых и эффективных способов повышения проходимости автомобиля на скользких, зимних, снежных или глинистых дорогах является использование цепей противоскольжения.

## **1.2 Условия эксплуатации полноприводных автомобилей**

При совершенно разных природных и климатических условиях идет использование полноприводных автомобилей. Условия по эксплуатации имеют следующую характеристику по факторам: температура воздуха, влажность, запыленность воздуха, скорость ветра, высота над уровнем моря, количество и интенсивность осадков.

Полноприводные автомобили могут быть эксплуатированы и на дорогах совершенно разного качества, существуют случаи и с использованием таких автомобилей при бездорожье. Определить квалификацию и дать количественную оценку всем различным дорожным условиям, представляет собой огромную сложность, даже если принять во внимание, что комплексное воздействие однотипных дорог при осуществлении движения автомобиля может являться разным, данный факт напрямую будет зависеть от самого сезона, а также специфических условий разных регионов. «Отталкиваясь от этого, определяя оценку дорожно-климатических условий по эксплуатации требуется определить ее разделение на: качественную, представляет собой общую оценку сложности всех условий по эксплуатации; количественную,

является оценка, которая дается лишь по отдельным показателям, которые дают характеристику тем или иным свойствам дороги, а также фактор дорожно-климатических условий» [4].

Полноприводные автомобили начали широко эксплуатироваться при работе в народном хозяйстве, а также они имеют достаточно продолжительное и развивающееся использование в городах. Именно исходя из этого, полностью будет обуславливаться необходимость при конструировании, эксплуатации и систематизации вопросов по теории полноприводных автомобилей.

Полноприводные автомобили, которые имеют колесные формулы 4X4 и 6X6, вдобавок обладающие повышенной проходимостью, а также имея нормы с максимально допустимой высотой для дальнейшей установки световых приборов, которые могут быть изменены будут являться внедорожным транспортом.

Допустимый уровень колебаний в полноприводных автомобилях, должен быть установлен по вертикальным виброускорениям: максимальным и средним квадратическим. Виброускорения должны быть измерены: на рабочем месте водителя для определения оценки и нормированности воздействия колебаний на водителя; в геометрическом центре тяжести грузовых платформ – на перевозимый груз; а также при необходимости можно определить и в наиболее характерных точках автомобиля, которые определяются зависимо от типа транспортированного груза [5]. Для тех автомобилей сельскохозяйственного назначения, чье использование направлено на перевозки легко портящих грузов, иными словами сельскохозяйственной продукции, недостаточной может оказаться оценка допустимого уровня колебаний по максимальным и средним квадратическим значениям виброускорения, по причине того, что некоторые виды данной продукции являются чувствительными к ускорениям конкретной частоты. При возникновении таких ситуаций, требуется оценка по

спектральному составу колебаний грузовой платформы и нормирование перегрузок по виброускорению в опасной зоне частот.

Те полноприводные автомобили, которые обладают односкатными шинами и примерно одинаковым распределением массы по мостам, уводшии передних, а также задних колес является почти одинаковым, также он имеет нейтральную поворачиваемость. Данный факт позволит при определении оценки боковой устойчивости, однако не управляемости, считать, что центр поворота будет находить в точке «О», по причине того, что для определения анализа боковой устойчивости будут важным являться соотношение сил, по итогу которое будет определено габаритами машины и радиусом ее поворота. Расчет погрешности, в случае такого допущения будет являться несущественным, а уже полученные конечные аналитические выражения будут значительно упрощены. Данный радиус «R», в такой ситуации будет равняться расстоянию от центра «О» поворота до центра задней оси.

Важным значением для полноприводных автомобилей будет являться осевая нагрузка, от которой напрямую зависит проходимость по грунтовым дорогам и бездорожью. Проектируя лучшую проходимость автомобиля требуется стремиться к возможному снижению нагрузки, которая приходится на ось автомобиля [4].

Определяя сравнительный анализ полноприводных автомобилей с неполноприводными, в одинаковых классах по грузоподъемности, он напрямую показывает, что у полноприводных автомобилей несколько выше средняя удельная мощность, по причине того, что их использование преобладает в тяжелых дорожных условиях с наиболее высоким сопротивлением в движении.

В таких автомобилях, как полноприводные применяются шины не только камерные, но и бескамерные [6]. Последние представляют собой более простую технику по конструкции, а также они являются надежными в использовании, поскольку при появившихся мелких проколах могут быть заделаны совершенно

автоматически специальным самоклеющимся составом, который находится в слое шины, а в случае получения крупных проколов воздух выходит намного медленнее, данный факт позволяет автомобилю передвигаться достаточно долго, имея поврежденную шину, также ремонт таких шин будет производиться намного проще.

Большой опыт в использовании полноприводных автомобилей, особенно в случаях перевозки крупногабаритных грузов, будет свидетельствовать о том, что имеющаяся устойчивость против бокового опрокидывания при исключительных случаях будут существенно ограничивать скорость движения. Я решил более подробно затронуть рассмотрение процессов, которые могут происходить в случае поворота автомобиля, а также предлагаю найти условия, при которых может быть совершено боковое опрокидывание. [7]

Изучая условия по использованию полноприводных автомобилей можно определить, что средняя скорость движения такого автомобиля напрямую будет зависеть от качества работы системы поддрессоривания [8]. Согласно данному факту требуется знать способы по уменьшению уровня вибронгруженности автомобиля и снижение, которое ограничит воздействие перегрузок на скоростной режим [9]. Вновь проводя сравнение между полноприводными и неполноприводными автомобилями, можно определить, что уровень вибронгруженности у полноприводных автомобилей является существенно выше, однако изучив параметры систем поддрессоривания и плавности хода при одинаковых условиях, то здесь неполноприводные автомобили полностью уступают полноприводным. «При этом, определяя причину, стоит заметить, что в первую очередь складывается весь характер дорожных условий, в которых идет использование преимущественно полноприводные и неполноприводные автомобили. Именно по этой причине возникает высокий уровень металлоемкости полноприводных автомобилей, имея примерно одинаковую или

даже меньшую удельную грузоподъемность, в отличии от полноприводных автомобилей» [5].

В первую очередь, эффективное использование полноприводных автомобилей будет зависеть от технического уровня, конструктивного совершенства и эксплуатационно-технических свойств. [8]

Двигатели полноприводных и полноприводных автомобилей практически идентичны, однако существует исключение, которое заключается в некоторых системах обеспечения их работы. В связи с этим вполне объективным будет остановиться лишь на некоторых характерных особенностях по конструкции движителей полноприводных автомобилей и основных тенденциях их развития. [10]

Вдобавок, тягово-динамические свойства также определяют продуктивность по использованию полноприводных автомобилей. «Автомобили обладающие небольшой грузоподъемностью, однако имеют более лучшую быстроходность и проходимость при совершенно разных дорожных условиях будут оказываться в отдельных случаях более выгодными, чем большегрузные, которые по своей конструкции являются медленными и малопроходимыми» [4]. При возникновении ситуации, когда требуется выполнение транспортных операций в наиболее сжатые сроки, первым, на что нужно будет обратить внимание, это скоростные свойства транспортного средства. Данное обстоятельство будет приобретать огромную важность для автомобилей, которые имеют сельскохозяйственное назначение и обеспечение их направлено на проведение различных транспортно-технологических работ в достаточно короткие сроки, а также при широких пределах дорожно-климатических условий. В условиях бездорожья огромная роль направлена на проходимость [10].

Скоростные свойства при использовании полноприводных автомобилей, чаще всего оценены, как средняя скорость движения.

В настоящее время наработка на отказ у многих полноприводных автомобилей находится на уровне тех показателей работы неполноприводных автомобилей, которые используются на более легких дорожных условиях, данный факт происходит за счет: «...непрерывного совершенствования конструкций полноприводных автомобилей по повышению надежности...»

Гжиров Р.И. в своем кратком справочнике конструктора приходит к выводу, что: «Конкретно данные вопросы являются актуализированными для полноприводных автомобилей, дорожно-климатические условия эксплуатации которых значительно тяжелее, чем неполноприводных, и воздействие внешней среды и дороги сказывается на них в большой степени» [6].

Таким образом, для повышения эффективности полноприводных автомобилей, которое связано главным образом с улучшением их используемых свойств, приводит к снижению эксплуатационных расходов.

### **1.3 Основные требования, предъявляемые к гусеничным движителям**

Требования, которые могут быть отнесены к использованию гусеничного движителя:

- «обеспечение высокой проходимости по мягким и топким грунтам (болото, снег, песок), преодоление подъемов до 30-35° и различного рода естественных и искусственных препятствий (рвы, пороги, эскарпы и контрэскарпы, неглубокие водоемы и т. д.)» [11];
- «высокий к. п. д.» [11];
- «достаточная долговечность» [11];
- «малый вес и габариты при достаточной прочности, долговечности и надежности (в современных гусеничных машинах вес движителя достигает 15-20% от общего веса машины)» [11];

- «простота и технологичность конструкции, удобство обслуживания и ремонта в полевых условиях, минимум регулировок и эксплуатационного обслуживания» [11].

Каждое из требований рассмотрим по-отдельности. Для того, чтобы было полностью выполнено первое, важную роль будет играть величина среднего удельного давления на грунтовую поверхность, которая рассчитывается по формуле: « $q_{cp} = G/2Lb$ , где  $G$  – вес машины;  $L$  – длина опорной поверхности движителя;  $b$  – ширина гусеницы» [1]. Наибольшее количество сельскохозяйственных и транспортных машин имеют следующий показатель: « $q_{cp} \approx 0,04-0,06$  Мпа» [1]. А гусеничные машины среднего и тяжелого класса с весом 30-50 тонн имеют другой показатель: « $q_{cp} \leq 0,08-0,082$ » [2]. И именно, когда в случаях, при которых: « $q_{cp} \geq 0,08-0,082$ », тогда будет заметное и резкое снижение несущей способности грунтовой поверхности и самой проходимости автомобиля. Некоторые гусеничные автомобили имеют особо высокую проходимость, ну к примеру снегоходы, болотоходы, которые имеют: « $q_{cp} \leq 0,015-0,020$  МПа» [1]. В следствие данных, написанных в различных учебниках по проходимости и теории автомобиля, я решил провести сравнительный анализ, вдобавок привести некие данные, которые касаются непосредственно величин средних удельных давлений « $q_{cp}$ »: «...пешеход – 0,05 – 0,06 Мпа; лыжник – 0,01 Мпа; аэросани ~ 0,004 – 0,006 Мпа» [1]. Самым оптимальным распределением по среднему показателю удельного давления на грунтовую поверхность, является то, когда данное распределение обладает видом прямоугольника (см. Рисунок 1а).

Бронштейн Я.И. в своих научных трудах касаясь проходимости автомобиля, выделяет, что: «Прочность автомобиля имеет зависимость касаясь распределения истинных давлений на грунтовую поверхность по всей длине гусеницы, от степени неравномерности грунта, конкретнее это происходит при начале и последующем движении по болотистой местности,

имеющей плотный дерновой покров, однако при этом имея слабое основание. Имея больший диаметр у опорных катков и их большое количество, будет более ровное распределение давления по всей длине опорной поверхности гусеницы. При совершении движения на мягком грунте, по причине большей пластичности под опорными катками только часть нагрузки будет восприниматься самой гусеницей, которая находится между катками» [2]. Исходя из его рассуждений, я предположил, что наиболее равномерным будет распределение давления на мягком грунте (см. Рисунок 1б), если сравнивать с твердым грунтом (см. Рисунок 1в).

Самое лучшее решение в данной ситуации будет представлять собой схему, в которой ходовая часть имеет шахматное расположение опорных катков большого диаметра (см. Рисунок 2г). Но стоит заметить, что такое решение будет обладать некоторыми недостатками: «...большое возрастание веса ходовой части, вдобавок подвески, по причине того, что увеличивается вес рессор и возникает неудобство в обслуживании и при ремонте в полевых условиях...» [11]

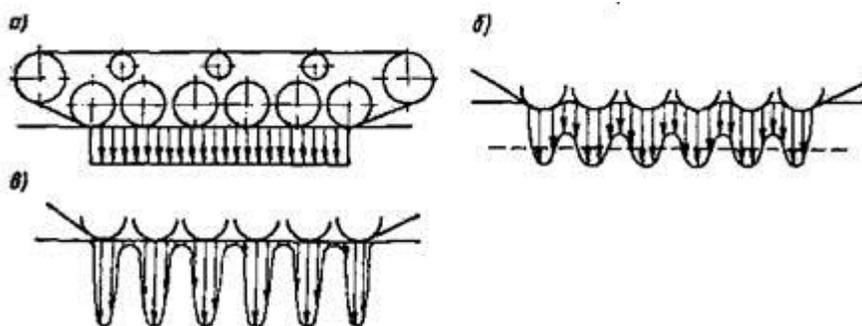
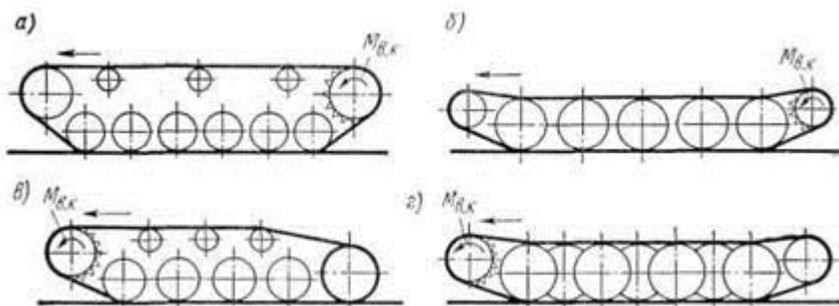


Рисунок 1 - Удельное давление на грунтовую поверхность

Я решил обратиться к мнению А. С. Литвинова и Я. Е. Фаробина, которые в своей работе дают определённое мнение касемо проходимости:

«Проходимость автомобиля при передвижении по слабому грунту будет обусловлена соотношением сил сопротивления движения и сцеплением гусениц с грунтовой покрытием, определяемое глубиной колеи, то есть осадкой автомобиля в грунт. Данная осадка равна удельному давлению, в свою очередь обусловленную соотношением ширины самой гусеницы и длины опорной поверхности» [3].

Имея более широкую гусеницу, идет уменьшение осадков в грунт: «при этом  $q_{cp}$  является одинаковым» [2], это проявляется в уменьшении вытеснения грунта посредством узкой гусеницы, а также в увеличении проходимости по слабому грунту. Стоит отметить, что увеличение расширения гусеницы достаточно трудно использовать, так как: «...во-первых, габариты автомобильного транспорта ограничены, согласно условиям ЖД перевозок, то есть не превышают 3,25 м.; во-вторых, согласно условию равнопрочности, если мы увеличиваем ширину гусеничного трака, то его масса увеличится примерно пропорционально квадрату отношения ширины...» [12]. Если увеличить массу, то можно заметить, что динамические усилия гусеницы будут стремительно повышаться, и конечно будет снижаться к. п. д. у быстроходных машин. Именно отталкиваясь от этого, можно предположить, что, работая с разными типами гусеничного транспорта в самых тяжелых условиях, требуется порекомендовать использовать уширители гусениц.



## Рисунок 2 - Типовые схемы гусеничных движителей

При: «равных  $q_{cp}$  если гусеница является узкой, но более длинной, то сопротивления движению будет значительно меньше при обычных условиях, а также будет меньше склонность к буксованию» [1].

Преследуя цель, по более повышенной проходимости, когда она устойчива по: мостам, льду, болотам или поверхностям, которые характеризуются плотным дерновым покровом, но слабым основанием, мы можем сказать, что автомобиль имеет равные прочностные условия, которые зависят от общего веса автомобиля и от периметра опорной поверхности.

К. п. д.: «...конкретно движителя обусловлен типом и конструкцией шарниров гусеничной цепи, конструкцией, которая представляет собой зацепление гусеницы с ведущим колесом и ее катками, иными словами от величины ее динамического натяжения, которое определяет потери на трение в шарнирах» [5].

Те гусеницы, которые используют резинометаллический шарнир, представляют собой: «гусеницы с наибольшей проходимостью и высоким к.п.д.» [5], но есть и гусеницы, у которых эти параметры выше, это гусеницы с игольчатыми подшипниками в шарнире. Я решил провести анализ и за счет сравнения сделал вывод о том, что такая конструкция обладает большим весом и сама конструкция является наиболее усложненной.

Если мы расположим ведущее колесо в задней части машины (см. Рисунок 2а и Рисунок 2б), то потери в трении в шарнирах станут минимальны, по сравнению с носовым расположением, это связано с тем, что количество шарниров, которые нагружены тяговым усилием, а также точки в их перегибе, уменьшаются. По этой причине, верхняя передняя ветвь гусеницы, не будет нагружена, это показано на схеме Рисунка 2в и Рисунка 2г.

Долговечность двигателя заключена в основных условиях по износостойкости шарниров гусеничных цепей и зацепления их с ведущим колесом: «Гусеницы, которые имеют открытый металлический шарнир будут обладать самой низкой износостойкостью. Данная конструкция имеет срок службы, который не превышает 2000-3000 км. Гусеницы, чья конструкция состоит из резинометаллических шарниров могут обеспечить срок службы до 5000-8000 км, гусеницы, включающие в себя игольчатыми подшипниками – несколько десятков тысяч км» [12].

Проведя сравнение гусеничных и колесных двигателей, я пришел к мнению о том, что огромное количество преимуществ свойственно все же гусеничным двигателям, особенно при движении по топким грунтовым поверхностям. Я могу это объяснить тем, что при таком движении имеется низкое удельное давление, то есть меньшее погружение в грунтовую или иную поверхность. Вдобавок ко всему, у гусеничных двигателей в несколько раз лучше сцепные качества, это зависит от опорной поверхности.

Колесные машины, которые являются специальными и обладают высокой проходимости, имеют довольно сильное развитие за последние годы: «...с колесами большого диаметра, с шинами низкого давления, с пневмокатками...» [11], у них увеличение проходимости, при выпадении осадков и уменьшенное сопротивление в движении, однако буксование их в любом случае значительно выше, чем у гусеничных машин.

Следуя ранее сказанному, то есть тому, что у гусеничного двигателя преимущество перед колесным в преодолении различных препятствий. Даже полноприводные автомобили значительно хуже гусеничного двигателя. Кроме того, следует учитывать, что конструкция касемо привода колес у таких машин сложнее. Если у гусеничной машины один межосевой дифференциал, то у колесного транспорта их количество варьируется между шестью-семью.

Гусеничный движитель может обеспечить значительно хорошую маневренность автомобиля: «...наименьший радиус поворота равен  $V/2$  или даже нулю у машин с двухпоточными передачами» [15].

Для машин, которые относятся к категории среднего или тяжелого класса, по причине ограничения нагрузки на всю ось колеса, имеющих пневмошины требуется: «...применить колеса, которые имеют большой диаметр до 3 м и ширины до 2 м, данный факт резко может увеличить габариты и вес движителя, а также машины в целом. Все габариты движителя пятидесятитонной гусеничного автомобиля и пятитонной колесной являются примерно схожими» [3].

Главным недостатком гусеничного движителя, по моему мнению, после сравнения с колесными, представляет собой достаточно низкий к. п. д. и значительно наименьшую долговечность, то есть: «Совершая движение по дорогам с хорошим покрытием и твердому грунту колесный движитель будет иметь преимущество, которое выражается в наименьшем сопротивлении движению» [12].

#### **1.4 Общие сведения о машинах с гусеничными движителями**

Гусеничный движитель, является неотъемлемой частью преобразования вращающегося момента, который подводится к ведущим колесам через трансмиссию от силовой установки, в тяговое усилие, движущее транспортное средство, в нашем случае этим транспортным средством является автомобиль ВАЗ-2121. [14]

Движитель гусеничных машин представляет собой [13]:

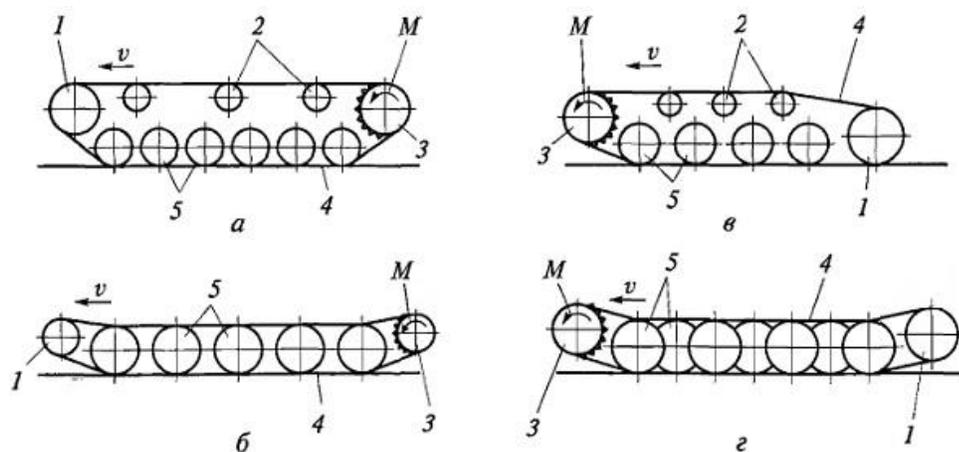
- гусеничные цепи или ленты (см. п.4 Рисунка 3)
- ведущие (см. п. 3 Рисунка 3) и направляющие (см. п.1 Рисунка 3) колеса

- опорные (см. п. 5 Рисунка 3) и поддерживающие (п. 2 Рисунка 3) катки

Масса автомобиля, обладающая гусеничным движителем, изначально будет идти через подвеску, на опорные катки, а также сами гусеницы, затем вес будет переходить уже на опорную поверхность.

Забавников Н.А. отмечает, что: «При помощи вращающего момента «М», ведущие колеса перематывают гусеничную ленту, при этом в свою очередь они сами по себе представляют подобие рельсовых путей, чье передвижение на опорных катках осуществляет транспортное средство. За период движения опорных катков, траки гусеничной ленты переключаются на верхнюю ветвь гусеницы, затем они соприкасаются с грунтовой поверхностью в передней части автомобиля» [12].

Разные виды гусеничных движителей:



1 — направляющее колесо; 2 — поддерживающие катки; 3 — ведущее колесо; 4 — гусеничная цепь; 5 — опорные катки;  $v$  — скорость машины;  $M$  — вращающий момент

Рисунок 3 - Схемы гусеничных движителей с кормовым (а, б) и носовым (в, г) расположением ведущего колеса

На данный момент в России, гусеничные движители по конструкции подразделяется на: «...с направляющими колесами, которые вдобавок

являются несущими; с направляющими колесами – приподнятыми; при расположении ведущих колес – задние либо передние; без поддерживающих катков или же с ними; имеют достаточно разнообразные типы шарниров на гусеницы» [11].

Изучая Рисунок 3а и Рисунок 3б, я обратил внимание на то, что данные рисунки представляют наглядный вид гусениц, в которых, потеря трения шарниров является наименьшей, в сравнении с носовым расположением ведущих колес. При этом расположение ведущих колес идет в кормовой части машины. Это можно объяснить малым числом шарниров, которые нагружены тяговым усилием гусеницы и точками перегиб.

Изучая рисунок 3в, стоит знать, что направляющее колесо здесь выполняет роль опорного катка. Для того, чтобы данная роль была реализована, нужно, чтобы направляющее колесо было подрессорено. Следуя этому, можно сделать вывод о том, что опущенное на опорную поверхность направляющее колесо будет несущим.

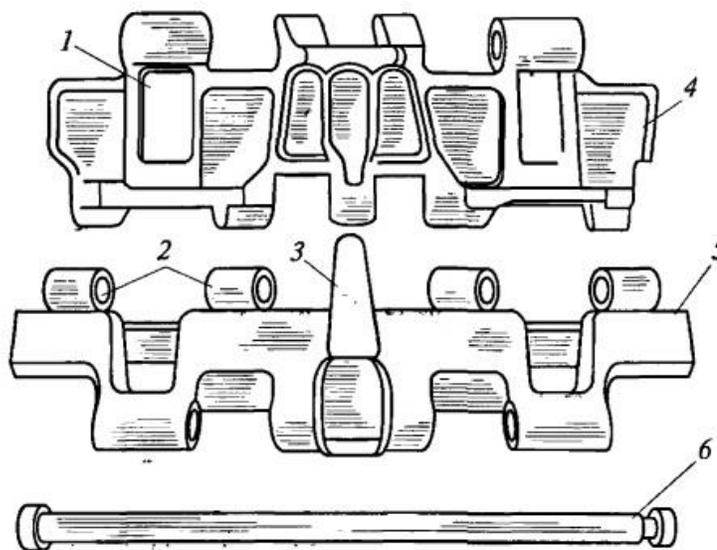
Но если мы обратимся к рисункам 3б и 3г, мы увидим, что в добавок ко всему сказанному опорные катки имеют большой диаметр, однако поддерживающие катки здесь отсутствуют, но при этом сам движитель становится меньше в высоту. При совершении вертикальных колебаний, во время движения на больших скоростях, на опорные катки приходится удары. Я обратил внимание на то, что на Рисунке 1г большое количество опорных катков, которые имеют расположение в виде шахматного порядка, такое расположение может позволить улучшить проходимость машины.

Обратившись к литературе автора Забавникова Н.А., я выделил, что: «Автомобили с резинокарданными или резинометаллическими гусеничными лентами недолговечны, данные гусеницы применяются, из-за своей небольшой несущей способности, на легковых автомобилях, например, на снегоходах» [12].

Следовательно, исходя из данного умозаключения, я делаю вывод о том, что более эффективными будут являться металлические гусеничные ленты, которые состоят из траков, и при этом соединены между собой шарнирами.

Вновь обратившись к научной литературе, я решил выделить высказывания Дунаева П.Ф., Леликова О.П. о траках: «...это литые звенья, которые могут быть сделаны из износостойкой стали, при этом обладающие на своей наружной поверхности грунтозацепами. Помимо данного устройства на всей внутренней поверхности у них имеются направляющие гребни и отверстия, в которые попадают зубья ведущих колес и ушки, в свою очередь, в которые попадают уже соединительные пальцы, при этом они соединяют траки между собой – шарнирно» [17].

Элементы, которые входят в металлические многозвенные гусеницы с открытым металлическим шарниром:



1 — цевка; 2 — ушки; 3 — направляющий гребень; 4, 5 — траки; 6 — соединительный палец

Рисунок 4 - Элементы металлической многозвенной гусеницы с открытым металлическим шарниром

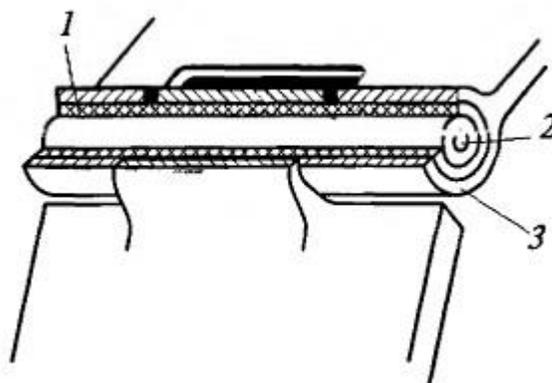
Чтобы гусеница не спадала с катков, должны устанавливаться направляющие гребни. Для сдвоенных катков применяются одинарные гребни, которые устанавливаются строго между катками, с двойными же гребнями, наоборот, их устанавливают, когда катки одинарные, и их расположение находится по обеим сторонам катков.

У гусениц с открытым металлическим шарниром, есть соединительный элемент – соединительный палец (см. п.6 Рисунка 4), который представляет собой небольшую стальную сплошную трубку с круглым сечением. Данная трубка вставляется в ушки траков (см. п.2 Рисунка 4) и закрепляется шплинтом, стопорным кольцом или же будет закреплена заклепыванием. Посредством этого траки ближе к друг другу. У таких видов гусениц, то есть гусениц с шарнирами, есть существенный недостаток, они менее износостойкие, это связано с тем, что шарниры открыты и в них попадает грязь, а в частности и песок, который имеет абразивные свойства. Длина данных типов гусениц тоже увеличивается, в связи с износом, это приводит к уменьшению прочности соединительных пальцев. С изменением длины гусеницы, мы чаще начинаем регулировать ее натяжение, а из-за уменьшения прочности пальцев происходят их неоднократные поломки, которые приводят к разрыву гусеницы.

Шарниры, в которых полностью устранено трение и при этом они резинометаллические имеют постоянное применение, данный факт можно объяснить тем, что когда отсутствует трение то будет повышаться срок службы и надежность гусеницы, в которых установлены данные шарниры. В таких шарнирах есть существенная конструкция, в которой палец впрессовывается в резиновую втулку, а при этом в ушки трака впрессована будет сама резиновая втулка. При возникшем моменте изгиба гусеничной ленты закручиваться будут только резиновые втулки.

При скольжении поверхности будет отсутствовать трение, ввиду этого не будет никакого износа траков и пальцев. Факт потери при имеющихся гистерезисных явлениях в резине будет иметь место только при изгибе гусеницы. Чтобы факт потери был намного меньше, мы предлагаем способ: произвести предварительное закручивание втулок, а именно это закручивание провести в ту сторону, которая обратна стороне закручивания при работе.

Схема соединения траков с помощью шарнира, который является резинометаллическим



1 — резиновая втулка; 2 — палец; 3 — ушко трака

Рисунок 5 - Соединение траков резинометаллическим шарниром

Использование РМШ имеет свои различные преимущества и недостатки.

Преимущества:

- 1) большой срок службы;
- 2) минимальная зависимость от характера грунта, где используется машина с РМШ;
- 3) благодаря относительной стабильности шага гусеницы и уменьшению различных динамических нагрузок в зацеплении идет полное улучшение условий работы зацепления с ведущим колесом;

4) уменьшение динамических нагрузок в элементах силовой передачи, а также в элементах ходовой системы;

5) полное повышение проходимости, имея большую эластичность гусеницы по местности, обладающей слабым грунтом.

Недостатки гусеницы с РМШ:

- 1) достаточно большой вес гусеницы;
- 2) сложность по созданию данной гусеницы и ее элементов;
- 3) возникновение сложностей при замене траков в полевых условиях.

Большой запас смазки и закрытые сальники имеются у шарниров на игольчатых подшипниках. Но к огромному сожалению, на данный момент такие шарниры не пользуются широким спросом и распространением.

Петренко А.М. в своих рассуждениях по разработке, отметил что: «Ведущие колеса с гусеничной цепью могут быть квалифицированы по типу зацепления на два вида: ведущие колеса с цевочными зацепления и с гребневым зацеплением» [15].

Обращая свое внимание на Рисунок ба, можно увидеть, что при цевочном зацеплении зубья венцов будут входить в отверстия (цевки) траков гусениц и при моменте вращения данных ведущих колес они будут перематывать гусеницу.

А при изучении Рисунка бб, наше внимание направлено на ведущие колеса с гребневым зацеплением, на наружной поверхности таких ведущих колес есть углубления, которые по форме и размерам соответствуют гребню гусеницы, либо есть специальные ролики, они укреплены между гладкими ободьями колес, при взаимодействии вместе с гребнями траков - перематывают гусеницу

Смеха цевочного «а» и гребневого «б» зацепления ведущего колеса с гусеницей

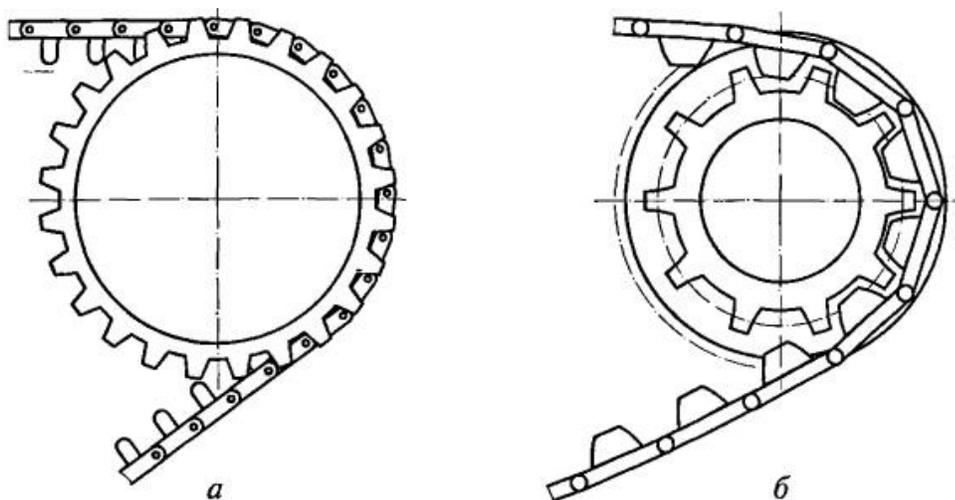


Рисунок 6 - Цевочное «а» и гребневое «б» зацепление ведущего колеса с гусеницей

Рассматривая конструкцию элементов системы зацепления ведущих колес с гусеницей, нужно отметить, что: «обязательно должна быть обеспечена безударная передача усилий, свободный вход и выход всех элементов гусеницы из зацепления, а также самоочищение от грязи, снега и иных крупных предметов, которые попадают в зацепление».

Расположение направляющих колес находится на противоположном, от ведущих колес, конце автомобиля: «а также совместно с механизмом натяжения, они служат для направления движения гусеницы и для установки регулирования натяжения гусеницы. Направляющие колеса могут быть двух видов: двойные и одинарные. Разделение на данные виды зависит от конструкции гусениц, ведущих колес и опорных катков» [17].

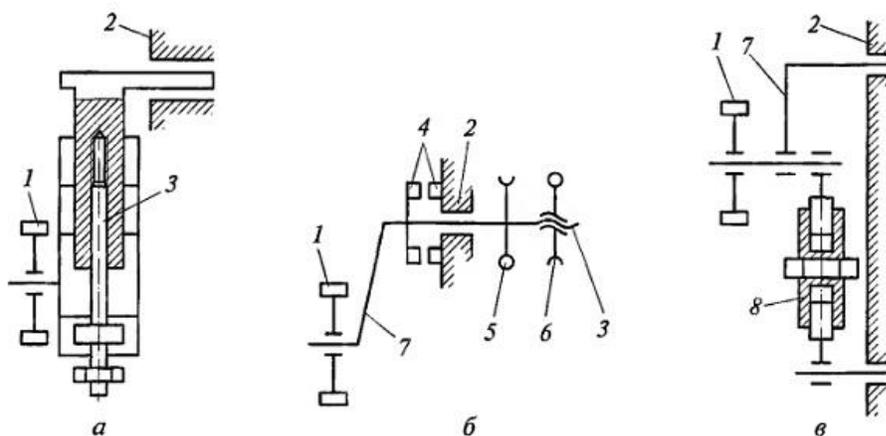
Итак, подводя итог, я решил добавить, что, преследуя цель по предотвращению спадания гусеничной ленты, а также цель по уменьшению потерь уже в момент перематывания гусениц, нужно, чтобы у гусениц было устойчивое натяжение, еще добавлю, что натяжение может предоставить легкость при монтаже и демонтаже гусениц.

Натяжные механизмы с механическим приводом можно разделить на:

- винтовые (см. Рисунок 7а), с поступательным перемещением оси направляющего колеса;
- кривошипные (см. Рисунок 7б и 7в), с перемещением оси направляющего колеса по дуге окружности. С помощью червячной пары (см. Рисунок 7б) или винтовой стяжки (см. Рисунок 7в) может быть осуществлен поворот кривошипа.

Схема механизмов натяжения гусениц: винтовой «а» и кривошипной «б, в»

в»



1 — направляющее колесо; 2 — корпус машины; 3 — винтовой механизм; 4 — фиксирующие гребенки; 5, 6 — червячные пары; 7 — кривошип; 8 — винтовая стяжка

Рисунок 7 - Винтовой (а) и кривошипные (б, в) механизмы натяжения гусениц

На Рисунке 7а, представлен механизм натяжения, в котором при осуществлении вращения винта корпуса механизма, который прикреплен к направляющему колесу идет перемещение вдоль корпуса машины и изменяется натяжение гусеницы. На схеме Рисунка 7б, можно обратить внимание, что направляющее колесо установлено в соответствующее заданному натяжению гусеницы положение с помощью червячной пары (см. п. 5 Рисунка 7б). Хорошее фиксирование такого положения может быть обеспечено благодаря гребенкам на кривошипе и корпусе машины. В одном

механизме может быть осуществлен ввод и вывод гребенки кривошипа из положения зацепления с корпусом благодаря червячной пары (см. п. 6 Рисунка 7б), а также винтового механизма. На Рисунке 7в, по схеме можно увидеть, что необходимое положение по установки направляющего колеса может быть достигнуто благодаря изменениям длины винтовой стяжки. Однако в некоторых похожих конструкциях вместо винтовой стяжки устанавливается гидравлический цилиндр.

На гусеничные цепи передается вес машины опорными катками, а также по ним будет происходить перемещение несущей части машины. Количество опорных катков представляется пятью - семью по борту.

#### Виды опорных катков

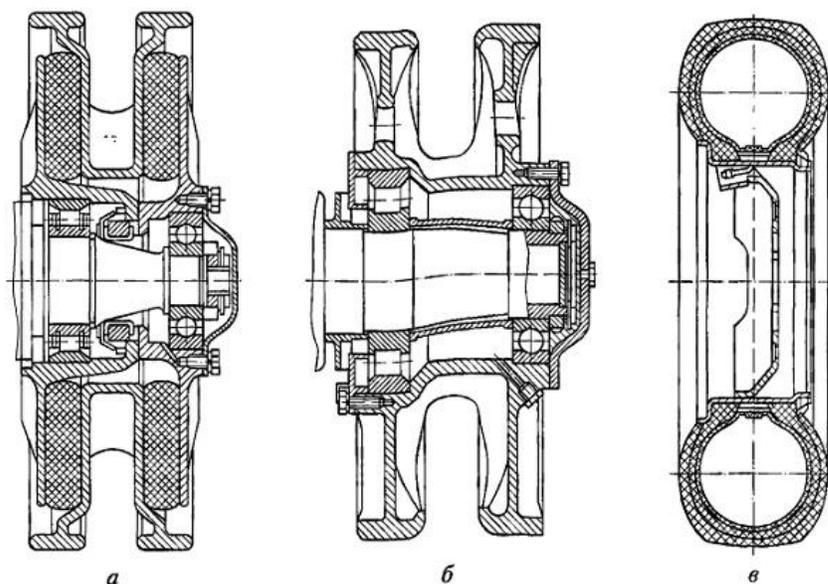


Рисунок 8 - Типы опорных катков: а — с внутренней амортизацией; б — цельнометаллические; в — эластичные

На три вида можно разделить опорные катки современных гусеничных машин:

- с наружной резиновой шиной

- с внутренней амортизацией (см. Рисунок 8б)
- жесткие цельнометаллические (см. Рисунок 8б)

Каждый из этих трех видов катков может представлять собой: одинарный, двойной (см. Рисунки 8а и 8б), а при больших нагрузках на катки - тройной.

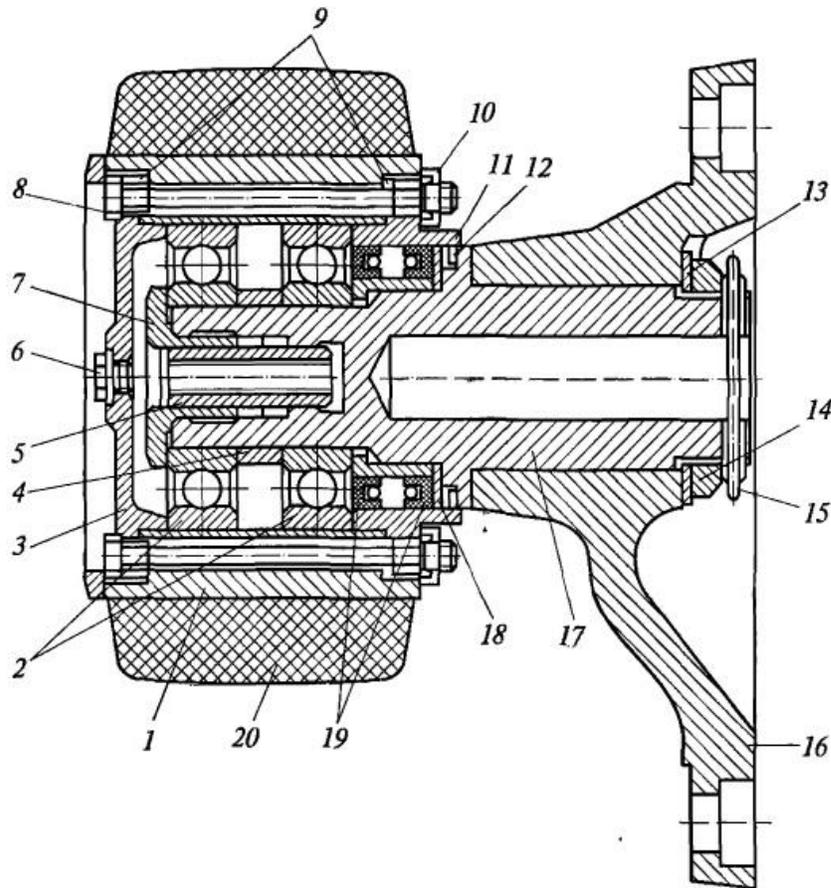
Вдобавок ко всему в некоторых гусеничных движителях опорные катки могут быть выполнены с пневматическими шинами либо с шинами, которые обладают эластичным наполнителем (см. Рисунок 8а).

Хусаинов А.Ш., Селифонов В.В. определили, что: «опорные катки могут быть малого диаметра – «500...600» и большого «700...800 мм и более». Те гусеничные движители, в которых опорные катки малого диаметра состоят из поддерживающих катков» [16].

Петренко А.М. пришел к разборчивому выводу, что: «На тихоходных гусеничных автомобилях идет использование жестких опорных катков. Динамическую нагрузку на гусеницу и каток могут снизить катки с наружной резиновой шиной и уменьшение шума при осуществлении движения автомобиля. Но большое количество теплоты, которое выделяется в резине по причине большого внутреннего трения при ее деформации, может привести к расслаиванию шины или же ее отслаиванию от обода катка» [15].

Таким образом, исходя из рассуждений разных авторов я предполагаю, что когда на каток направлены большие нагрузки и у него высокая скорость движения, то катки для большей устойчивости должны быть с внутренней амортизацией. Резина в таких катках будет направлена на работу в сдвиг и вся занятая работой поверхность будет намного больше в сравнении с наружными шинами.

Поддерживающий каток



1 — ступица; 2 — подшипники; 3 — крышка; 4 — втулка; 5 — стопорный палец; 6 — пробка; 7 — грибок; 8 — болт; 9 — прокладка; 10, 14 — гайки; 11 — крышка лабиринта; 12 — кольцо; 13, 18 — шайбы; 15 — шплинт; 16 — кронштейн; 17 — ось; 19 — манжеты; 20 — шина

Рисунок 9 - Поддерживающий каток

Чтобы осуществить значительную поддержку для верхней свободной ветви гусеничной цепи нужно использовать поддерживающие катки. Работая с этими катками можно понять, что это намного легче, чем работа с опорными, объяснить это можно тем, что поддерживающие катки имеют меньше нагруженности, всего лишь часть веса гусеницы. На Рисунке 9 изображена конструкция поддерживающего катка совместно с кронштейном крепления его к корпусу машины.

В гусеничных движителях, которые ставятся на снегоходы, установлены снегоочистители, которые служат для очистки беговых дорожек от снега.

При осуществлении движения по снежной целине, может произойти намерзание снега, при исключительных метеорологических условиях, на беговых дорожках гусениц, данный факт может привести к их чрезмерному натяжению, иными словами происходит распор гусениц, и в последствии это может привести к резкому снижению динамических характеристик машины. Данный распор также приводит к спаданию гусеницы и разрушению резиновой ошиповки опорных катков [14].

Специальная звездочка, которая поджата с помощью пружины к беговой дорожке, при движении должна обеспечить скалывание льда с той же беговой дорожки верхней ветки гусеницы. Преследуя цель по улучшению сколки льда, требуется убедиться в том, что зубья звездочки выполняют переменную ширину. Звездочки могут быть переведены в нерабочее положение, лишь при отсутствии льда на гусенице.

Специальное приспособление, имеющее вид изогнутой лопатки, и закрепленное на корпусе машины, а также установленное между венцами колеса будет производить самоочистку направляющего колеса от грязи и снега.

Таким образом, подводя итоги по исследованию состояния вопроса (Раздел 1), я отталкиваясь от полученных данных при изучении всех основных методов и условий касаясь повышения проходимости полноприводных автомобилей, пришел к выводу. Лучшим способом повышения проходимости конкретно автомобиля ВАЗ-2121 является изменение колесной конструкции. Именно поэтому я изучил все сведения о транспортных средствах, которые имеют гусеничный движитель.

## **Раздел 2 Теоретическая часть**

### **2.1 История создания гусеничных ходов. Их производство в РФ.**

Первым русским изобретателем принято считать обычного крестьянина Блинова Федора Абрамовича. Он в 1877 году изобрел на гусеничном ходу вагон. Это изобретение представляло собой конструкцию: «на рессорах были прикреплены две тележки в нижней части рамы, такие тележки могли поворачиваться совместно с осями опорных колес в горизонтальной плоскости» [11].

Бесконечные рельсы вагона состояли из замкнутых железных лент, которые в свою очередь состоят из отдельных звеньев. Сам вагон имел опорные колеса в количестве четырех штук, опорные колеса и четыре ведущих звездочки.

На следующий год, с целью внедрения гусеничного хода в обычную жизнь купец, подал ходатайство в Департамент торговли и мануфактур, в котором содержалось прошение о выдачи крестьянину Блинову привилегий, которая и была получена им спустя год, то есть в 1879 году. В вводной части была информация: «Привилегия, выданная из Департамента торговли и мануфактур в 1879 году крестьянину Федору Блинову, на особые устройства вагона с бесконечными рельсами для перевозки грузов по шоссейным и проселочным дорогам...» [14].

В США изобретателями Бэст и Хольт был создан трактор с гусеничным ходом, который также представлял собой средство с навешанными на него бульдозерным оборудованием. Данное изобретение является прообразом современного бульдозера. Интересным фактом является то, что название их компании «Caterpillar», перевод, которой означает «гусеница».

Во Франции впервые изобретение гусеничного движителя, который является прообразом современного, создан д'Эрманов в 1713 году. Данный изобретательный проект имел образ: тележка, для перевоза тяжелых грузов, которая перекачивается на бесконечных лентах, состоящих из деревянных катков, чьи концы шарнирно соединены планками. В 1818 году француз Дюбоше изобрел гусеничный движитель, в виде устройства экипажей с подвижными рельсовыми путями.

«Помимо гусеницы как части гусеничного движителя для автотранспортной техники и задолго до изобретения гусеничных амфибий гусеница также применялась в качестве движителя для водного транспорта. такая гусеница представляла из себя конвейер с веслами. Она была изобретена в 1782 году изобретателем по имени Десбланкс. В США она была запатентована в 1839 году Уильямом Левенуорфом» [15].

Некоторые типы гусеницы имеют различную квалификацию видов [13]:

а) По материалу изготовления:

- металлическая;
- резинометаллическая;
- резиновые.

б) По типу используемого шарнира:

- с параллельным шарниром;
- с последовательным шарниром.

в) По типу смазки шарнира:

- сухая (или с открытым металлическим шарниром);
- закрытая;
- с жидкой смазкой;
- с резинометаллическим шарниром;
- с игольчато-подшипниковым шарниром;

г) По типу траков:

- литые;
- штампованные;
- сварные;

Недостатки гусеничного движителя:

- Быстрый износ трущихся деталей (проушины, пальцы)
- Поломки траков при неравномерной нагрузке
- Попадания снега и камней между гусеницами и катками

В ходе исследования были рассмотрены: объем и динамика внутреннего производства, внешнеторговый оборот, конкурентная среда, потребление, ценообразование. Также рассмотрена структура парка карьерных экскаваторов в РФ и проведен анализ рынка сервисных услуг и насыщенности рынка УРФО.

Крупную гусеничную технику в зависимости от функционала можно классифицировать на два сегмента: карьерная (экскаваторы, тяжелые бульдозеры), дорожно-строительная (экскаваторы гидравлические и средние бульдозеры) [16].

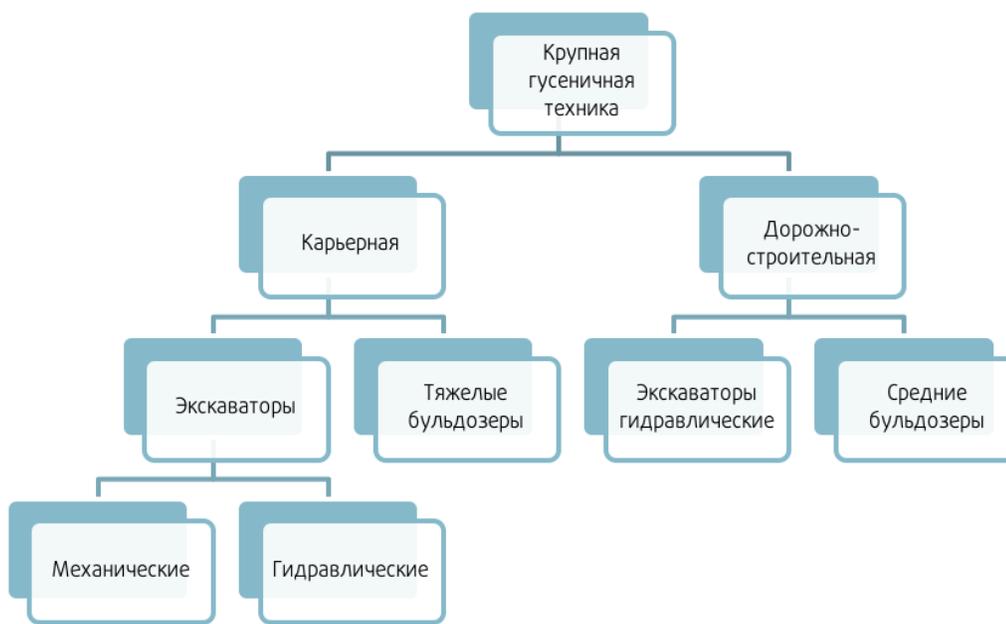


Рисунок 10 - Структура парка карьерных экскаваторов в РФ

По состоянию на 2015 г. наибольшая доля рынка принадлежала дорожно-строительной технике – 93%, в то время как на карьерную технику приходится 7%

Рынок сервиса всей техники можно разделить помимо отечественной и импортной, на новую и б/у. Сервис новой техники, как правило, осуществляют официальные дилеры оборудования, при этом б/у техника пользуется наибольшим спросом, что обусловлено ценой сервисных услуг и сокращением времени простоя техники. Средняя цена на новые экскаваторы превышает цену на экскаваторы б/у примерно в 5 раз.

На основе выручки компаний за 2013-2014 гг. были составлены 2 рейтинга – компании, осуществляющие продажу запчастей и ремонт экскаваторов/продажу запчастей для экскаваторов. Так, на основании полученных данных был сделан вывод о том, что у большинства предприятий, осуществляющих производство и продажу запчастей (не предлагающих

услуги ремонта), выручка выше, чем у компаний, осуществляющих в комплексе поставку запчастей и ремонт экскаваторов.

На территории УРФО действует порядка 12 предприятий, осуществляющих сервис и ремонт экскаваторов, среди которых собственное литейное производство имеется лишь у компании «БЗГО-Вирго». При этом экскаваторное оборудование чаще ремонтируется у подрядчиков.

Таким образом, рынок колесной и гусеничной техники демонстрировал положительную динамику, в частности, за счет роста потребительского спроса. Однако, доля импортной техники по-прежнему превалирует.

## **2.2 Классификация гусеничных движителей**

Основными преимуществами гусеничного движителя можно считать: малое удельное давление на грунт, защищённость от пробоев и проколов, боестойкость (большинство типов пуль стрелкового оружия, подрыв противопехотных мин не способны причинить вреда).

Давайте более подробно рассмотрим классификацию движителей на примере Рисунка 3.

По схеме конструкции движитель может подразделяться на [12]:

- схема с кормовым размещением ведущего колеса (М) (см. Рисунок 3а и Рисунок 3б)
- схема с носовым размещением ведущего колеса (см. Рисунок 3в и Рисунок 3г)
- схема с поддерживающими роликами (катками) (см. Рисунок 3а и Рисунок 3в)
- схема без поддерживающих роликов (см. Рисунок 3б и Рисунок 3г)
- схема с приподнятыми направляющими колёсами (см. Рисунок 3а, Рисунок 3б и Рисунок 3в)

– схема с опущенным направляющим колесом (см. Рисунок 3г)

К наиболее общепризнанным недостаткам гусеничного движителя следует отнести: большая масса движителя, шумность работы и возникающие вибрации в ходе движения, повышенный износ в шарнирных соединениях траков, следовательно, малый запас ресурса гусеничных лент по сравнению с колёсным движителем [13].

Далее представляется необходимым рассмотреть указанные компоновочные схемы с точки зрения целесообразности применения их на объектах ВиВТ.

Схема с кормовым расположением ведущего колеса окончательно утвердилась в СССР в результате анализа использования танков в боевой обстановке. Она доминирует на всех современных танках и БМП (БМД). Дело в том, что в боевой обстановке эти машины обращены носовой частью в сторону противника. Повреждение ведущего колеса приводит к окончательной потере подвижности машины в бою. В то время как при повреждении направляющего колеса имеется возможность соединить остатки гусеничной ленты вокруг опорного катка и продолжить движение (конечно это ухудшает возможность машины преодолевать препятствие типа «уступ», но при этом сохраняется возможность применения машины по прямому назначению) [2].

Такая схема кроме всего способствует уменьшению потерь энергии на преодоления сил трения в нагруженных шарнирах траков, так как под нагрузкой находится практически только часть ветви гусеницы от заднего опорного катка до ведущего колеса. Вместе с тем необходимо заметить, что верхняя ветвь гусеничной цепи, находясь не под нагрузкой, имеет тенденцию к колебаниям, при этом при прослабленном натяжении ленты, например, при движении по грязи или песку, эти колебания могут достигь значительных величин, что приводит к ударам по надгусеничной полке бронекорпуса.

Значительные динамические нагрузки при колебаниях могут привести к разрушению гусеничных лент, особенно при больших износах пальцев и проушин траков. Для исключения этого явления применяются поддерживающие ролики [16]. Кроме того, эти ролики способствуют созданию равномерной по величине толкающей силы при движении машины на плаву за счёт гусеничного движителя.

Обычно опорные катки группировались попарно в балансирные тележки, что способствовало лучшему «поглощению» неровностей рельефа. Однако эксплуатация танков по раскисшим грунтам, особенно по глине, показала, что маленькие в диаметре катки при погружении движителя в грунт забивались глиной и имели тенденцию к блокировке. А это, в свою очередь, приводило к существенным затратам мощности на прокатывание катков по тракам. Это стало основной причиной для перехода к применению опорных катков увеличенного диаметра.

Далее необходимо рассмотреть схему движителя с расположением ведущего колеса в носовой части машины. Такая схема позволяет разместить агрегаты трансмиссии под отделением управления, что обеспечивает значительное увеличение полезного объёма грузового отсека и снижение загрузочной высоты пола, вплоть до днища машины, и понижение центра тяжести, обеспечивая прохождение косогоров большей крутизны и снижение центра плавучести.

Но при этом возрастают затраты мощности на преодоление сил трения в шарнирах гусеничной ленты, так как вся её верхняя ветвь работает под нагрузкой. При этом снижается амплитуда колебаний верхней ветви, что, при наличии опорных катков большого диаметра и сравнительно не большой высоте гусеничного обвода, позволяет избавиться от применения поддерживающих роликов, этим можно снизить общую массу движителя и увеличить плавучесть машины.

Заметим, что на БМП-1 при максимальной скорости движения поддерживающие ролики вращаются с частотой 9000 оборотов в минуту. Это предъявляет высокие требования к смазке подшипников ступиц поддерживающих роликов и к качеству сальников. Для смазки применяется только жидкое масло. А это усложняет работы по обслуживанию.

Схема с приподнятыми направляющими колёсами обеспечивает преодоление уступа значительной величины при движении задним ходом. Это позволяет, например, вывести машину из-под огня противника, не подставляя под обстрел борт или выйти из укрытия без утыкания в стенку.

Схема с опущенными направляющими колёсами обеспечивает снижение удельного давления на грунт без увеличения длины кузова. При этом направляющее колесо используется в качестве опорного катка. Такая схема движителя применяется на лёгких гусеничных транспортёрах-тягачах Заволжского завода гусеничных тягачей «Корпорации «Русские машины».

Несколько слов в плане обеспечения надёжности движителя и работоспособности следует уделить рассмотрению движителя с шахматным расположением опорных катков (см. Рисунок 3г)

Гусеничные движители, применяемые в современных машинах, могут быть [12]:

- с приподнятыми или несущими направляющими колесами;
- с передним или задним расположением ведущих колес;
- с поддерживающими катками или без них;
- с различным типом шарнира гусеницы: с резинометаллическими шарнирами, с открытым шарниром, с игольчатыми подшипниками.

## 2.3 Наглядное ознакомление с деталями гусеничного движителя

Перед тем, как начать расчетную часть для разработки данного проекта мы решили, что нужно ознакомиться отдельным деталям гусеничного движителя, которые в обязательном порядке идут в использование при разработке. [17]

Первым делом, рассмотрим уже собранную конструкцию гусеничного движителя (приложение В). На Рисунке 11 изображена конструкция гусеничного движителя. Благодаря создаваемому углу, который располагается между плоскостью дороги и ведомым натяжным катком, улучшается проходимость. Вдобавок данный угол может быть устроен и у переднего опорного катка. В данной конструкции всего будет четыре опорных и всего два натяжных катка. Плавность хода зависит от подвески автомобиля, а также от катков, которые вращаются в опорной раме, благодаря роликам с подшипниками встроенных в нее.



### Рисунок 11 - Гусеничный движитель в сборе

Вторым, мы рассмотрим уже отдельно гусеницу данного движителя (см. Рисунок 12), она выполняет роль рельс, по которым перемещаются катки. Вращается она с помощью ведущих звезд, которые собирают пазы гусеничной ленты, этим самым перемещая ее.

Сама по себе она представляет резино-металлическую ленту, которая должна обладать низким износом. Подбор данного элемента представляет собой сравнение ее разновидностей, иными словами существуют: металлические, резиновые, резино-металлические. Каждый из видов имеет свои плюсы и минусы (которые рассмотрены мною выше). Согласно данному отбору мой выбор был остановлен именно на данном виде ленты.



Рисунок 12 –Гусеничная лента

Третьим, мы рассмотрим ведущую звезду (см. Рисунок 13) (приложение Г), всего их в разрабатываемом движителе две. Ведущая звезда выполняет роль шестеренки, которая с помощью своих зубьев перемещает гусеничную ленту, тем самым приводя автомобиль в движение.

Сама по себе конструкция ведущей звезды представляет собой сваренную собственноручно, иными словами для этой детали потребуется лишь закупка стального материала. Однако ведущая звезда есть в доступном получении (покупка), однако для моей конструкции размеры продаваемых ведущих звезд не подходили.

В общей конструкции эта деталь закрепляется с помощью болтов и гаек к ступичному переходнику, который в свою очередь жестко закреплен на усиленной ступице автомобиля, в моей работе этим автомобилем является ВАЗ-2121.



Рисунок 13 - Ведущая звезда

Четвертым, мы рассмотрим опорные катки (см. Рисунок 14), которые выполняют роль движителей, на них приходит вся нагрузка движителя, а также служит для нормального функционирования ходовой части, то есть повышение маневренности, улучшение проходимости и защита от проскальзывания.

Весь основной вес машины приходит на опорную раму, а вместе с опорной рамой уже приходит на опорные катки. Исходя из данного факта подбор катков является необходимым, так как их изношенность влияет на достойное движение автомобиля с гусеничным движителем.

Материал опорных катков представляет собой высокоуглеродистую, тугоплавкую сталь.



Рисунок 14 - Опорные катки

Пятым, мы рассмотрим опорную раму (см. Рисунок 15) (приложение Ж), которая выполняет роль опорной конструкции, ее цель заключается в связывание всех объектов гусеничного движителя.

Опорная рама, также, как и опорные катки сделана из высокоуглеродистой тугоплавкой стали. Опорная рама представляет собой цельную сваренную конструкцию, в которой закреплены ролики с подшипниками – с помощью сварки.

Каждый из объектов, который связан в опорной раме имеет свой способ закрепления: ведущие звезды – вставленные в трубку, расположенную в верхней части опорной рамы, которая подсоединена к ступичному узлу с помощью болтов, ведущие звезды для более устойчивой конструкции связанны

трубками, которые приварены к ним с внутренней стороны, затем одна из ведущих звезд закрепляется с помощью болтов и гаек к ступичному переходнику (приложение Д), который в свою очередь жестко закреплен на усиленной ступице (приложение Е) автомобиля.

В свою опорные катки, крепятся к роликам с подшипниками, которые находятся в нижней части опорной рамы, с помощью болтов и шайб.

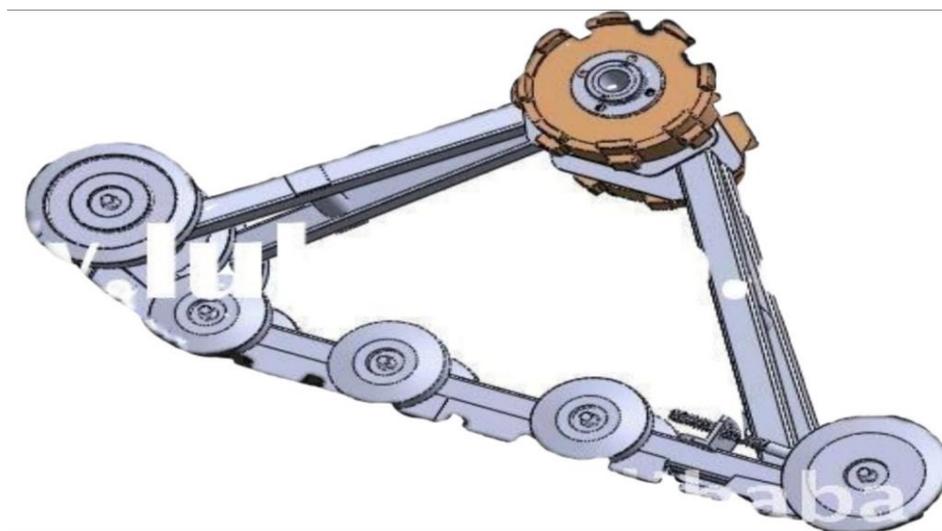


Рисунок 15 –Опорная рама разрабатываемого движителя

Таким образом, по данному разделу исходит изучение транспортных средств, которые имеют гусеничный движитель, а также строение самого гусеничного движителя, то есть мы сформировали свою задачу: определили элементы(детали), которые будут входить в нашу конструкцию, а также наглядное изображение того, как будет выглядеть конструкция гусеничного движителя. Вдобавок в полной мере изучили историю создания гусеничного движителя и разобрали все их классификации, что является важным для исключения всех возможных недоработок, которые могли привести к неисправной работе, данной конструкции.

## **Раздел 3 Расчётно-технологическая часть**

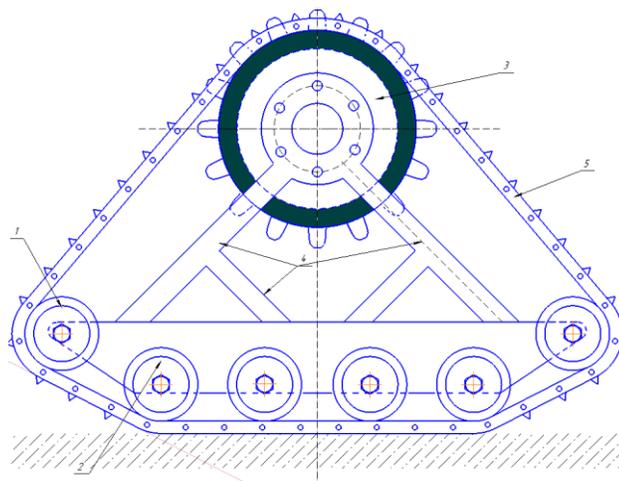
### **3.1 Разработка собственной конструкции гусеничного хода для автомобиля категории М1**

Повышение проходимости колесного вида транспорта в условиях трудной проходимости, то есть по грязи, болоту и заснеженной поверхности, можно осуществить при помощи разработки гусеничного вездехода на базе колесного автомобиля, категории М1 (приложение А). Разрабатываемая конструкция будет иметь огромное преимущество, так как удельное давление на грунт будет намного ниже, чем у колесного автомобиля. Большое удельное давление, существенно влияет на проходимость, из-за него при совершении движения по мягкой почве колеса будут сильнее погружаться в грунт. По этой причине, автомобиль может не двигаться, это благодаря сопротивлению качения, которое очень значительно на мягком грунте. Разрабатываемая конструкция универсальна, то есть может устанавливаться на любой автомобиль категории М1 (транспортные средства для перевозки пассажиров, имеющие помимо места водителя, не более 8 мест для сидения), без изменения конструкции, на ступичный узел лишь с добавлением ступичного переходника. Но можно усилить ступицу, что позволит конструкции прослужить большее количество времени.

Рисунок 16 показывает нам конструкцию разрабатываемого гусеничного движителя. Угол, находящийся между плоскостью дороги и ведомым натяжным катком (см. п.1 Рисунка 16), помогает увеличить проходимость транспортного средства за счет более легкого въезда на препятствия. Также этот угол может быть у переднего опорного катка (см. п.2 Рисунка 16). Всего в данном движителе будут четыре опорных катка и два натяжных. Плавность хода зависит от подвески автомобиля, а также от катков, которые вращаются в

опорной раме (см. п.4 Рисунка 16), благодаря роликам с подшипниками встроенных в нее.

Простыми словами, когда вращается ступица автомобиля, с ней вращается ведущая звезда (см. п.3 Рисунка 16). Ведущая звезда собирает пазы гусеничной ленты, вращая ее. Катки, словно по рельсам, передвигаются по гусеничной ленте, из-за встроенных в опорную раму роликов с подшипниками. Опорная рама (см. п.4 Рисунка 16) в это время неподвижна. Гусеничная лента (см. п.5 Рисунка 16), в свою очередь, перемещается по грунту.



1 — ведомый натяжной ролик; 2 — опорные ролики; 3 — ведущее колесо; 4 — Опорная рама; 5 — движители

Рисунок 16 -Гусеничный ход для автомобиля категории М1

Плюсы данной конструкции:

- Существенно повышается уровень комфорта во время движения по бездорожью, разница между колёсами и гусеничным ходом ощущается сразу.
- Повышается скорость машины при передвижении по заснеженной, болотистой или песчаной местности. Показатели достигают 80 км/ч.

- Проходимость транспортного средства также увеличивается и данный параметр можно сравнить с показателями проходимости трактора «Беларусь». Единственное ограничение заключается в величине дорожного просвета, который для «Нивы» составляет 30 см.

Также существуют и недостатки:

- Комплект гусениц стоит дорого, а при изготовлении самодельной конструкции не обойтись без базовых навыков и дополнительного оборудования.
- Косогоры, холмы и местность с резкими перепадами высот могут стать проблемой для системы подпрессоривания и трансмиссии, поскольку автомобиль такого размера требует большей площади гусеничного модуля.
- Переехать упавший ствол дерева или подобное препятствие тоже не всегда получится.

Исходя из этого, появилась задача на изучение разработки гусеничного вездехода на базе автомобиля ВАЗ-2121.

### 3.2 Конструкторские расчёты разрабатываемого движителя

Расчет тяговых и динамических характеристик автомобиля ВАЗ 2121 с гусеничным движителем (приложение 3).

Для начала расчета мне были необходимы данные об автомобиле ВАЗ-2121 (см. Таблицу 1) и технические характеристики гусеничного движителя.

Таблица 1- Исходные данные

Марка автомобиля	ВАЗ – 2121
Тип привода	Полноприводный.
Масса в снаряженном состоянии, т, кг	1610
Количество человек n, чел.	5

Продолжение таблицы 1

Мощность двигателя $N_e$ , кВт	75
Номинальные обороты $n$ , об/мин	5400
Максимальная скорость $V_{max}$ , км/ч	120
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0.92
Передаточные числа:	
коробки передач $U_1$	3,667
$U_2$	1,95
$U_3$	1,36
$U_4$	1,0
$U_5$	0,82
главной передачи	4,1
Габаритные размеры:	
длина, м	3,74
ширина В, м	1,84
высота Н, м	2,02
Тип и размер гусениц	Колесные гусеницы 1000/320/667 мм
Коэф. перераспределения веса на ведущие колеса $\lambda$	1
Коэф. деформации гусеницы $\Delta$	0,14-0,2
Коэф. сопротивления воздуха $K$ , $H \cdot c^2/m^2$	0,2-0,35
Коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x$	0.58
Условия эксплуатации:	
Горизонтальный участок дороги с асфальтобетонным покрытием: коэф. сопротивления качению, $f$ коэф. сцепления, $\varphi$	0,014-0,018 0,7-0,8

ТТХ гусеничного двигателя:

- Ширина гусеницы — 320 мм.
- Габариты: 1000/320/667 мм.
- Высота до оси колеса – 470 мм.
- Катки на балансирах.
- Всесезонность.
- Вес – 87 кг — один двигатель.
- Площадь контакта с грунтом — 1,28м<sup>2</sup>.

- Давление на грунт —  $0.117 \text{ кг/см}^2$ .
- Количество траков в гусенице – 40 шт.

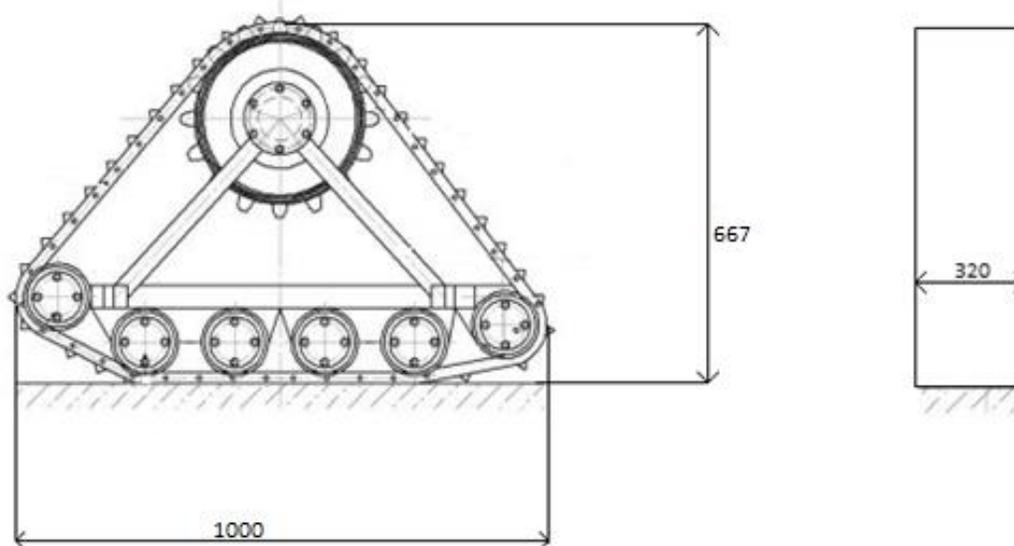


Рисунок 17 - Габариты гусеницы

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ И МОМЕНТА ДВИЖИТЕЛЯ

«Определение полной массы автомобиля:» [19]

$$M_a = M_0 + M_{\text{ч}} * (n) + M_6 \quad (1)$$

« $M_0$  – снаряженная масса автомобиля» [19]

« $M_{\text{ч}}$  – масса одного человека (75кг.)» [19]

« $M_6$  – масса багажа на одного человека (10 кг.)» [19]

« $n$  – количество пассажиров, включая водителя» [19]

$$M_a = 1610 + 75 * 5 + 50 = 2035 \text{ кг.}$$

«Определение периметра обвода, м:» [20]

$$S_{\text{обв}} = S_1 + S_{1Н} + S_{1Н} + S_{1ОК} + S_{ОП} + S_{2ОК} + S_{2Н} + S_2, \quad (2)$$

где: « $S_1$  – длина охвата, направляющего(ведущего) колеса» [20]; « $S_{1Н}$  и  $S_{1Н}'$  – длина передней наклонной ветви обвода» [20]; « $S_{1ОК}$  – длина охвата переднего опорного катка» [20]; « $S_{ОП}$  – длина опорной ветви» [20]; « $S_{2ОК}$  – длина охвата заднего опорного катка» [20]; « $S_{2Н}$  – длина задней наклонной ветви обвода» [20]; « $S_2$  – длина охвата, ведущего(направляющего) колеса» [20];

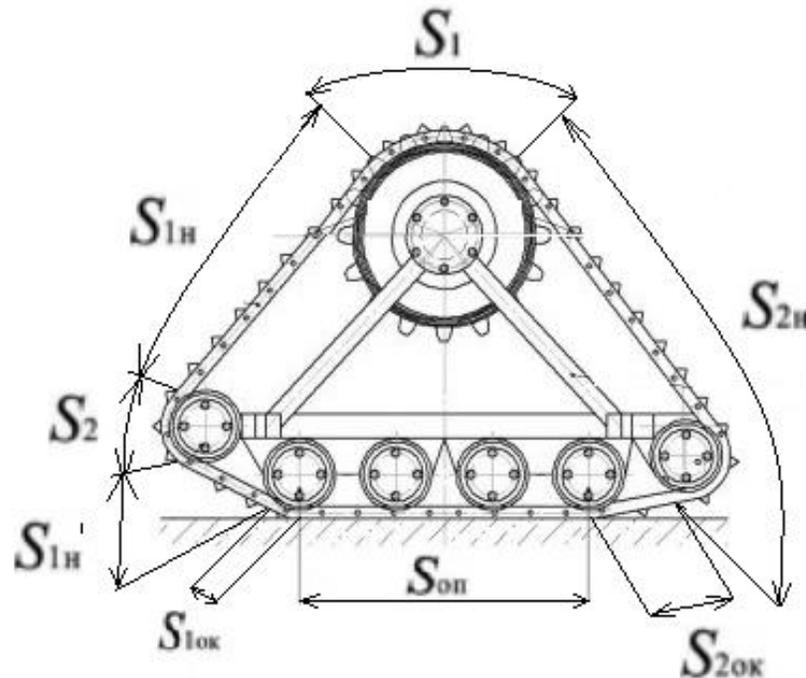


Рисунок 18 - Длины для расчета периметра обвода

$$1) S_1 = (\pi - \gamma_1 j) R_1, \text{ где } j - \text{«ход опорного катка» [20] (3)}$$

$$S_1 = (3,14 - 0,3 * 0,08) * 0,016 = 0,0464 \text{ (м)}$$

$$2) S_{1Н} + S_{1Н}' = \sqrt{OA_1 j^2 - (R_2 - R_1)^2}, \text{ где } OA_1 = \sqrt{L_1 j^2 - H_{k1} j^2} \quad (4)$$

$$S_{1Н} + S_{1Н}' = 0,114 \text{ (м)}$$

$$3) S_{1ОК} = \gamma_1 j R_2 = 0,00085 \text{ (м)} \quad (5)$$

$$4) S_{ОП} = L_{ок(1)} j - L_{ок(n)} j, \text{ где } L_{ок(1)} \text{ и } L_{ок(n)} - \text{«расстояние от «О» до осей 1-го и n-го опорных катков» [20] (6)}$$

$$S_{\text{оп}} = 0,064 \text{ (м)}$$

$$5) S_{2\text{ок}} = \gamma_2 j R_2 = 0,0003 \text{ (м)} \quad (7)$$

$$6) S_{2\text{н}} = \sqrt{OA_2 j^2 - (R_2 - R_1)^2}, \text{ где } OA_2 = \sqrt{L_2 j^2 - H_{k2} j^2} \quad (8)$$

$$S_{2\text{н}} = 0,115 \text{ (м)}$$

$$7) S_2 = (\pi - \gamma_2 j) R_2 = 0,00755 \text{ (м)} \quad (9)$$

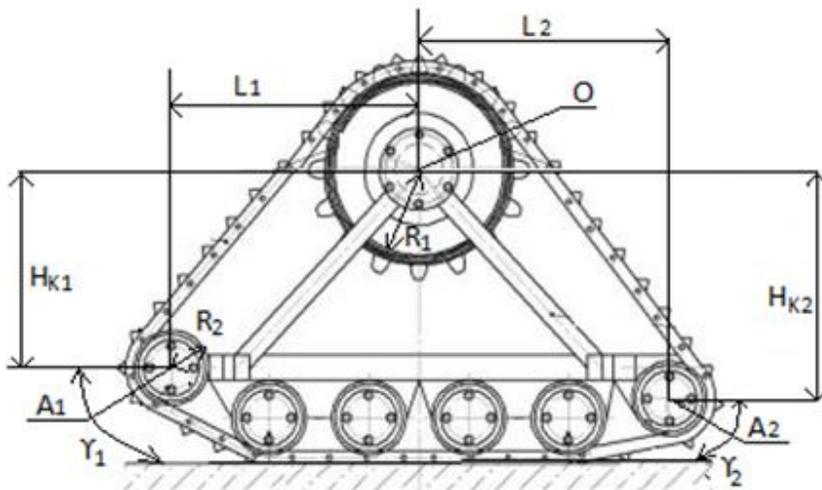


Рисунок 19 - Расстояния и углы, для расчета длин

$$S_{\text{обв}} = 0,0464 + 0,114 + 0,00085 + 0,064 + 0,0003 + 0,115 + 0,00755 = 0,3481 \text{ (м)}$$

«Определение коэффициента обтекаемости:» [19]

$$k = \frac{C_x \times \rho}{2} \quad (10)$$

« $C_x$  - коэффициент аэродинамического сопротивления» [19]

« $\rho = 1.293$  – плотность воздуха в нормальных условиях» [21]

$$k = \frac{0.58 \times 1.293}{2} = 0.375$$

«Расчет лобовой площади автомобиля:» [19]

$$F = 0.8 * B_r * H_r(11)$$
$$F = 0.8 * 1.84 * 2,02 = 2,973 \text{ м}^2$$

«Расчет коэффициента сопротивления качению при малой скорости.» [19]

$$f = f_0 * \left(1 + \frac{v^2}{2000}\right), \quad (12)$$
$$f = 0.014 * \left(1 + \frac{33,33^2}{2000}\right) = 0,0218$$

«Определение внешней скоростной характеристики двигателя:» [19]

Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля по формуле мощностного баланса с учетом КПД трансмиссии:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{тр}} (G_a * \psi_v * V_{max} + \frac{c_x}{2} * \rho * F * V_{max}^3) \quad (13)$$

« $\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.» [19]

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости» [23].

$$\psi_v = f = 0.0218$$

$G_a = m_a * g$  – полный вес автомобиля, Н

$\rho = 1.293$  – плотность воздуха в нормальных условиях (760 мм.рт.ст.)

$$N_v = \frac{1}{0.92} * (2035 * 9.81 * 0.0218 * 33,33 + 0.375 * 2,204 * 33.33^3) =$$

$$= 49029 \text{ Вт} \approx 49,029 \text{ кВт}$$

«Максимальная мощность двигателя в зависимости от его типа:» [19]

$$N_{\max} = \frac{N_V}{a*\lambda + b*\lambda^2 - c*\lambda^3} (14)$$

$a = b = c = 1$  – эмпирические коэффициенты для карбюраторного двигателя.

« $\lambda = \omega_V / \omega_N$  – отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте вращения коленчатого вала при максимальной мощности» [22].

«Принимаем  $\lambda = 1.11$ » [22]

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

$$N_{\max} = \frac{49029}{1*1.11 + 1*1.11^2 - 1*1.11^3} = 50314 \text{ Вт} \approx 50,314 \text{ кВт}$$

«Эффективная мощность двигателя:» [19]

$$N_e = N_{\max} * [a * \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right) + b * \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - c * \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3] (15)$$

« $\omega_e$  – текущее значение частоты вращения коленчатого вала» [19]

« $N_e$  – текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт» [19]

«Эффективный момент двигателя:» [19]

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} (16)$$

«Принимаем минимальную частоту вращения коленчатого вала:» [19]

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

Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов частоты, эффективной мощности и эффективного момента, для построения графика внешнескоростной характеристики движителя (см. Рисунок 20)

$\omega_e,$ $c^{-1}$	100	153	206	259	312	365	418	471	524	577	630
$N_e,$ кВт	10,13	16,19	22,43	28,59	34,42	39,69	44,15	47,55	49,65	50,21	48,97
$M_e,$ Нм	101,3	105,8 2	108,8 9	110,3 9	110,3 2	108,7 4	105,6 2	100,9 6	94,75	87,02	77,73

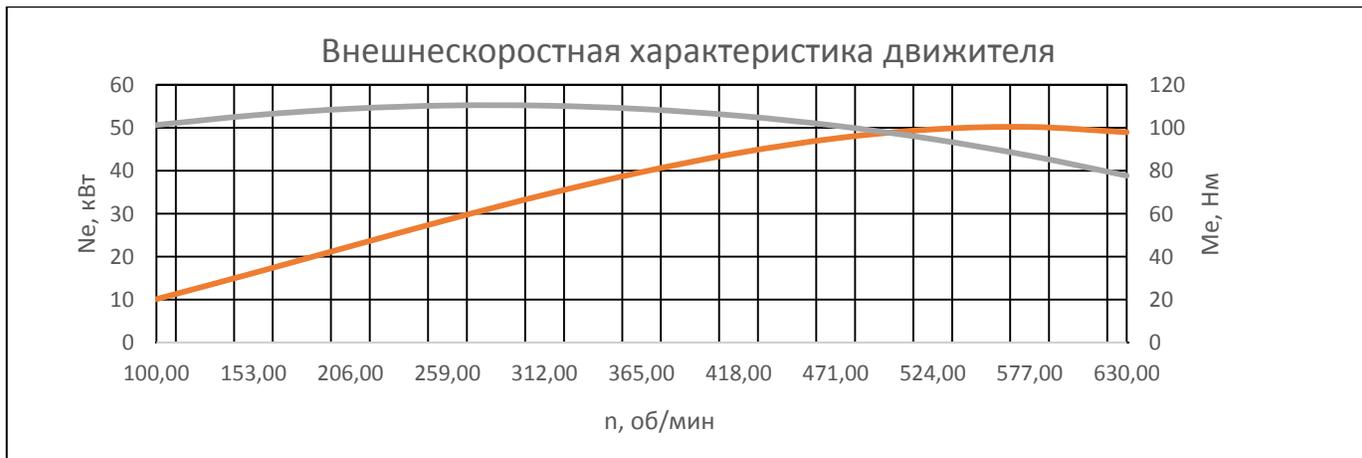


Рисунок 20 - Внешнескоростная характеристика движителя

«В соответствии с принятыми передаточными числами произведем расчет скорости автомобиля на разных передачах:» [19]

$$V = \frac{S_{обв} \times \omega_B}{U_0 \times U_k} \quad (19)$$

Результаты сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов для построения графика скорости автомобиля на различных передачах (см. Рисунок 21)

n, об/мин	Скорость на передаче, м/с				
	I	II	III	IV	V
955	1,23	2,5	3,56	4,94	6,17
1461	1,89	3,82	5,44	7,56	9,44
1967	2,54	5,15	7,33	10,17	12,72
2473	3,2	6,47	9,21	12,79	15,99
2979	3,85	7,8	11,1	15,41	19,26
3486	4,51	9,12	12,98	18,03	22,53
3992	5,16	10,45	14,87	20,64	25,8
4498	5,81	11,77	16,75	23,26	29,07
5004	6,47	13,1	18,64	25,88	32,35
5510	7,12	14,42	20,53	28,49	35,62
6016	7,78	15,75	22,41	31,11	38,89

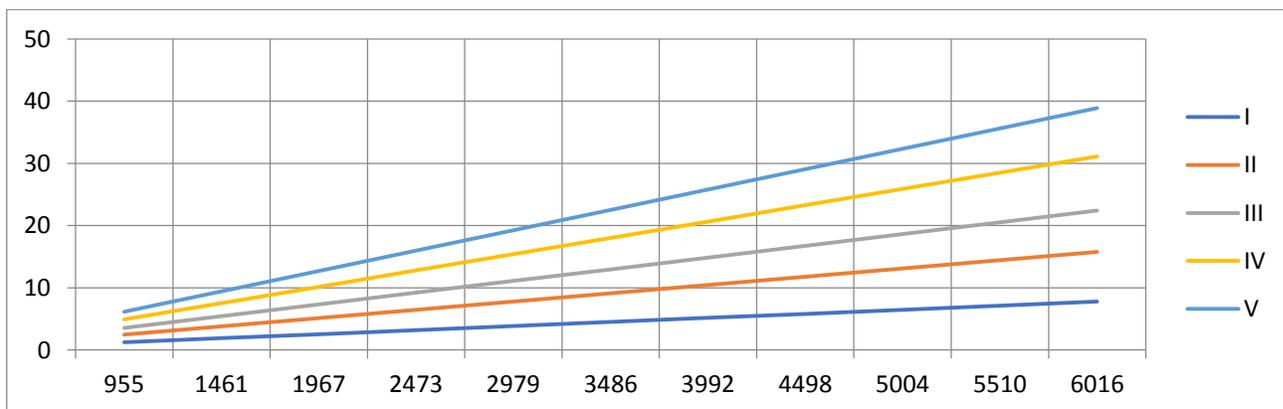


Рисунок 21 - Скорость автомобиля на разных передачах

## АНАЛИЗ ТЯГОВОЙ ДИНАМИКИ

«Тяговый баланс автомобиля:» [19]

«Сила тяги на ведущих колесах автомобилей, в зависимости от скорости автомобиля, для каждой передачи:» [19]

$$P_T = \frac{U_k \times U_0 \times M_e \times \eta_{TP}}{S_{обв}} \quad (20)$$

«При движении автомобиль приобретает силу сопротивления воздуха, которую определяют по формуле:» [19]

$$P_B = \frac{1}{2} \times C_x \times \rho \times F \times V^2$$

(21)

«Сила сопротивления качению автомобиля:» [19]

$$P_D = G_a \times \psi, \text{ где } \psi = f$$

(22)

«Суммарная сила сопротивления движению автомобиля:» [19]

$$P_{\Sigma} = P_B + P_D$$

(23)

Результаты расчетов сведем в таблицу 4 и 5.

Таблица 4 – Результаты расчетов для построения графика силового баланса (см. Рисунок 22)

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на Vпередаче, Н		
	I	II	III	IV	V	P <sub>B</sub>	P <sub>D</sub>	P <sub>Σ</sub>
955	10715,78	5292,145	3719,082	2678,94	1971,74	31,46	196,14	227,6
1461	11200,04	5531,308	3887,155	2800,01	2060,87	73,65	201,05	274,7
1967	11521,35	5689,99	3998,67	2880,34	2119,88	133,73	208,04	341,7 7
2473	11679,7	5768,193	4053,627	2919,92	2149,1	211,32	217,08	428,4
2979	11675,09	5765,915	4052,026	2918,77	2148,2	306,59	228,17	534,7 6
3479	11507,52	5683,157	3993,868	2876,88	2117,35	419,53	241,32	660,8 5
3996	11176,98	5519,919	3879,152	2794,25	2056,54	550,15	256,53	806,6 8
4498	10683,49	5276,201	3707,878	2670,87	1965,78	698,44	273,8	972,2 4

5004	10027,04	4952,003	3480,046	2506,76	1844,91	864,94	293,19	1158,13
------	----------	----------	----------	---------	---------	--------	--------	---------

Продолжение таблицы 4

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на V передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	P <sub>B</sub>	P <sub>Д</sub>	P <sub>Σ</sub>
5510	9207,631	4547,325	3195,656	2301,91	1694,24	1048,64	314,58	1363,22
6016	8225,261	4062,167	2854,709	2056,32	1513,46	1250,02	338,02	1588,04

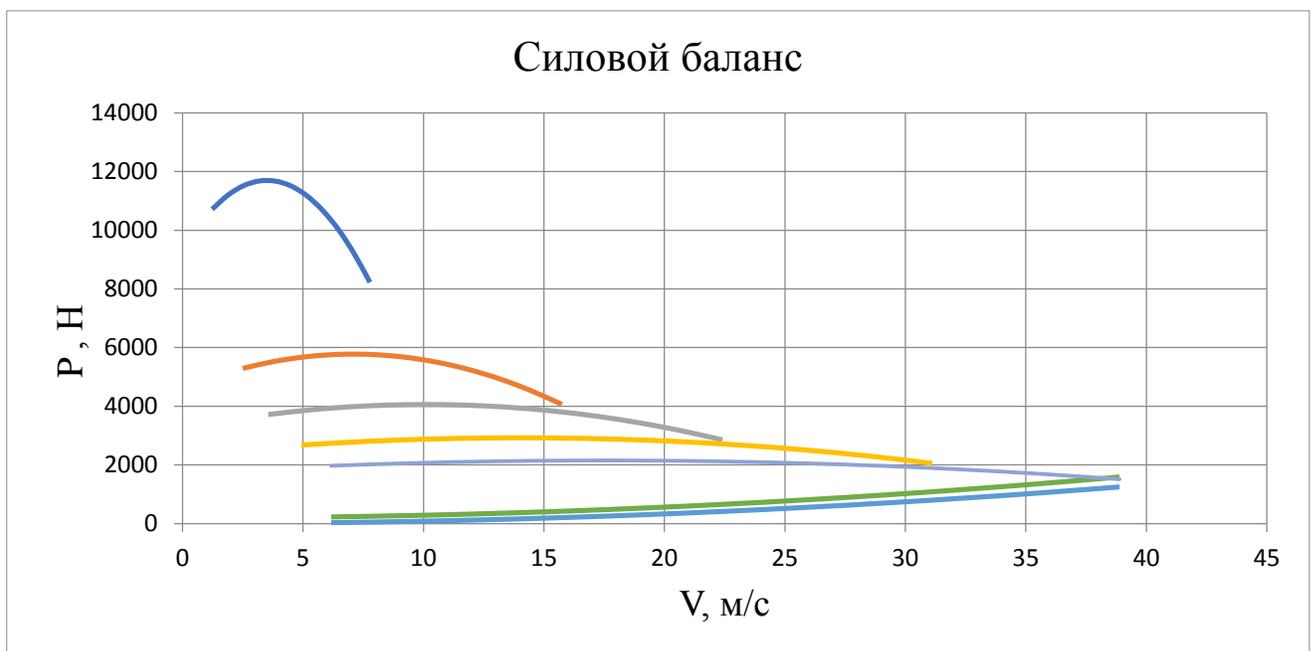


Рисунок22 - Силовой баланс автомобиля

Таблица 5 - Результаты расчетов для построения графика силового баланса

I		II		III		IV		V	
V, м/с	P <sub>B</sub>								
1,26	1,22	2,28	4,38	3,13	8,27	4,21	15,14	5,14	22,28
1,79	2,64	3,34	9,41	4,59	17,76	6,17	29,66	7,54	47,91

2,33	4,51	4,37	16,09	6,01	30,39	10,17	57,84	9,86	81,96
2,76	6,83	5,36	24,27	7,37	45,83	12,79	99,31	12,11	123,72

Продолжение таблицы 5

I		II		III		IV		V	
V, м/с	P <sub>B</sub>								
3,24	9,53	6,35	33,98	8,72	64,13	15,41	148,66	14,32	172,94
3,87	12,67	7,31	45,02	10,04	84,99	18,03	189,94	16,51	229,34
4,41	16,15	8,26	57,53	11,35	108,56	20,64	285,92	18,64	292,71
4,88	20,01	9,19	71,27	12,63	134,51	23,26	384,69	20,75	362,84
5,38	24,27	10,12	86,41	13,91	159,97	25,88	447,38	22,85	439,83
5,86	28,8	11,04	102,72	15,17	194,01	28,49	546,35	24,91	523,07
6,35	33,83	11,95	120,39	16,42	227,14	31,11	610,34	26,96	612,66

«Динамические характеристики автомобиля:» [19]

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

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (24)$$

Результаты расчетов динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты расчетов для построения графика динамического фактора (см. Рисунок 23)

n, об/мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	0,668	0,3296	0,2312	0,1658	0,121	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
1461	0,6981	0,3441	0,2408	0,1716	0,1239	0,025	0,025	0,025	0,025	0,026
1967	0,718	0,3534	0,2465	0,1743	0,1238	0,025	0,025	0,025	0,026	0,027
2473	0,7277	0,3575	0,2484	0,1736	0,1208	0,025	0,025	0,026	0,027	0,028
2979	0,7271	0,3564	0,2463	0,1697	0,1148	0,025	0,025	0,026	0,028	0,029
3486	0,7164	0,35	0,2403	0,1626	0,1059	0,025	0,026	0,027	0,029	0,031
3992	0,6955	0,3385	0,2305	0,1523	0,0939	0,025	0,026	0,027	0,03	0,033
4498	0,6643	0,3218	0,2167	0,1386	0,079	0,025	0,026	0,028	0,031	0,035

5004	0,623	0,2999	0,1991	0,1218	0,0611	0,025	0,027	0,029	0,033	0,037
5510	0,5715	0,2728	0,1775	0,1017	0,03	0,025	0,027	0,03	0,035	0,04

Продолжение таблицы 6

n, об/мин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
6016	0,5097	0,2405	0,1521	0,0783	0	0,025	0,028	0,031	0,036	0,043

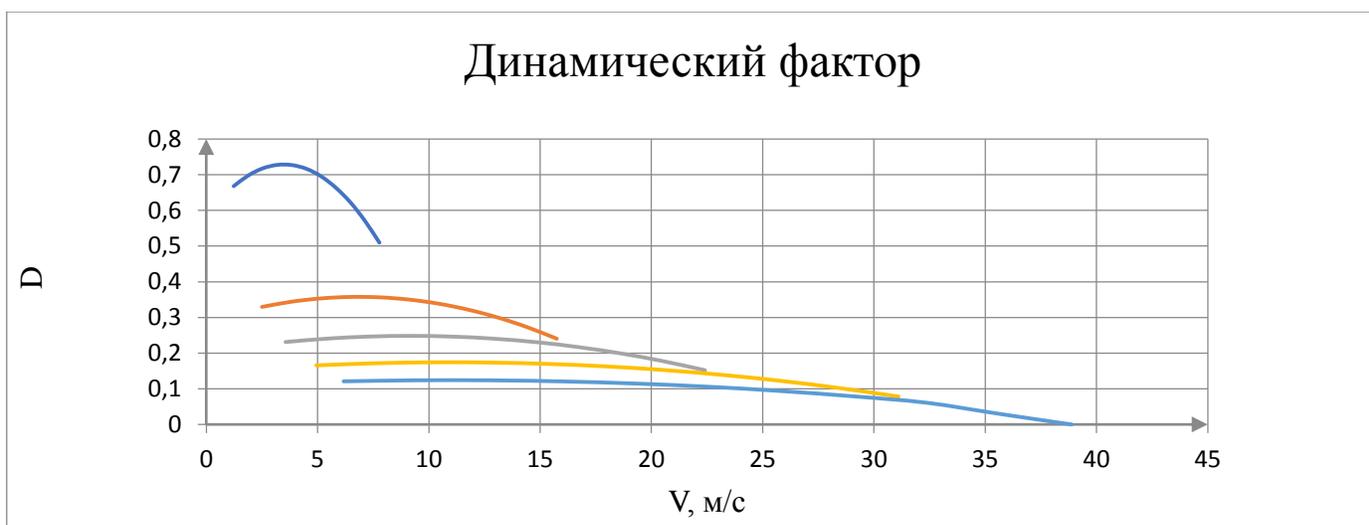


Рисунок23 - Динамический фактор автомобиля

Анализ динамики разгона.

«Разгон автомобиля:» [19]

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствия буксования ведущих колесных гусениц.» [23].

«Ускорение находят:» [19]

$$J = \frac{(D-f) \times g}{\delta_{вп}}, \text{ где} \quad (25)$$

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \times \eta_{тр} \times U_{тр} + I_k) \times g}{G_a \times r_k^2}, \text{ где} \quad (26)$$

$I_M$  – момент инерции вращающихся деталей движителя;

$$U_{тр} = U_0 * U_k \text{ – передаточное число трансмиссии;} \quad (27)$$

$I_k$  – суммарный момент инерции ведущих колесных гусениц.

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

[19]

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 * U_k^2); \text{ где} \quad (28)$$

$U_k$  – передаточное число коробки передач на данной передаче

$\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс гусеницы

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс движителя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0.03 - 0.05 \quad (29)$$

Результаты расчетов на каждой передаче коэффициентов учета вращающихся масс:

I передача -  $\delta_{вр} = 1.89$

II передача -  $\delta_{вр} = 1.255$

III передача -  $\delta_{вр} = 1.15$

IV передача -  $\delta_{вр} = 1.10$

V передачи -  $\delta_{вр} = 1.084$

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений  $1/j$  сведены в таблицу 7.

Таблица 7 - Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений 1/j для построения графиков ускорения (см. Рисунок 24) и обратных ускорения 1/j (см. Рисунок 25)

n, об/мин	Ускорение на передачи м/с <sup>2</sup> :					Величина, обратная ускорению на передаче, с <sup>2</sup> /м:				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	3,339	2,384	1,761	1,256	0,569	0,299	0,419	0,568	0,796	1,119
1461	3,495	2,498	1,842	1,308	0,579	0,286	0,4	0,543	0,765	1,087
1967	3,598	2,57	1,891	1,332	0,563	0,278	0,389	0,529	0,751	1,085
2473	3,649	2,602	1,907	1,326	0,521	0,274	0,384	0,524	0,754	1,112
2979	3,645	2,594	1,889	1,291	0,454	0,274	0,386	0,529	0,775	1,172
3486	3,59	2,544	1,838	1,228	0,36	0,279	0,393	0,544	0,814	1,279
3992	3,481	2,454	1,755	1,136	0,241	0,287	0,407	0,57	0,88	1,456
4498	3,32	2,323	1,637	1,014	0,095	0,301	0,43	0,611	0,986	1,761
5004	3,105	2,152	1,487	0,865	0,076	0,322	0,465	0,672	1,156	2,347
5510	2,838	1,94	1,303	0,686	0,014	0,352	0,515	0,767	1,458	3,846
6016	2,517	1,688	1,087	0,478	0	0,397	0,592	0,92	2,092	8

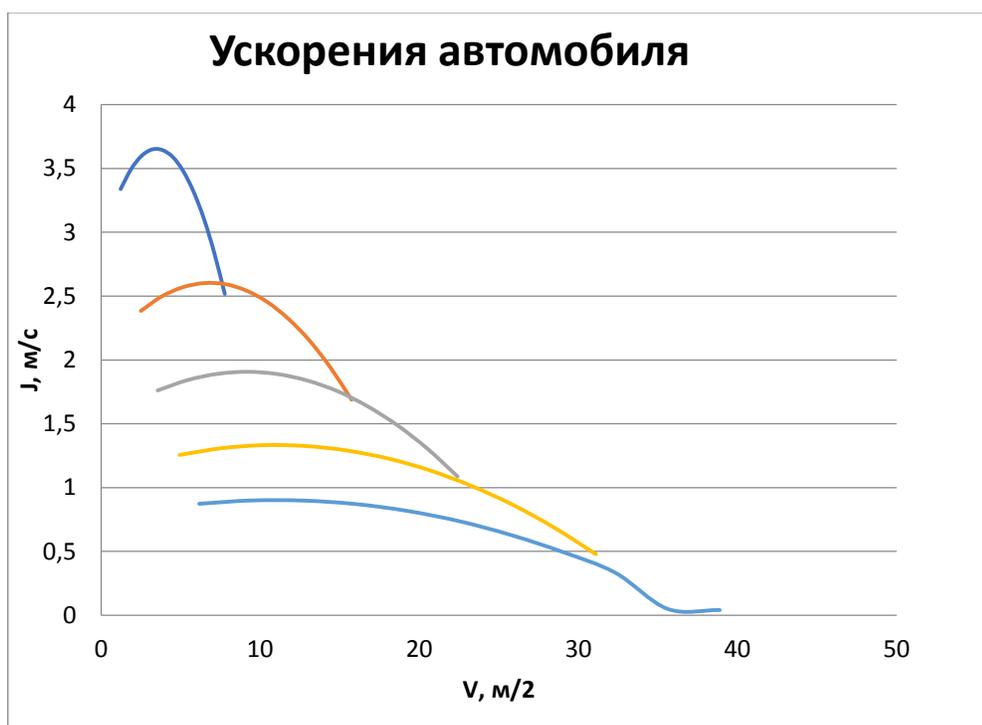


Рисунок24 - Ускорение автомобиля

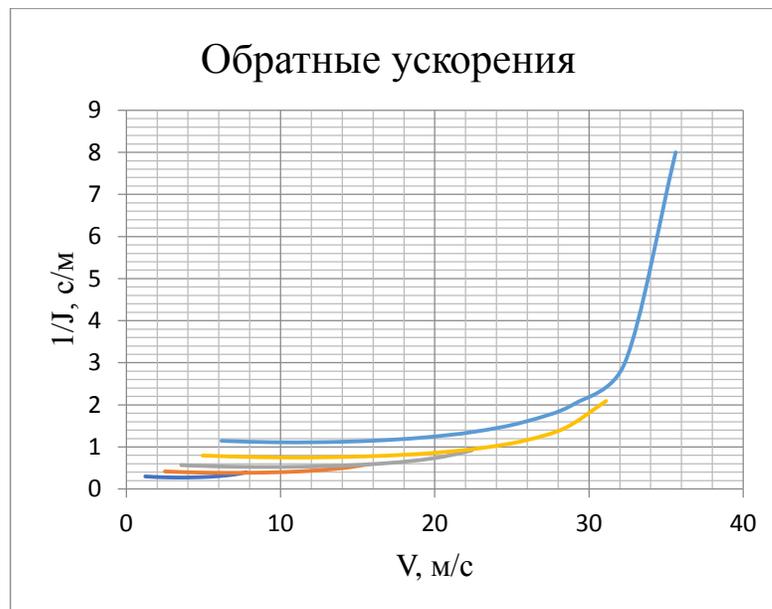


Рисунок25 - Обратное ускорению (1/j)

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

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \times dV \approx \left( \frac{1}{j_{cp}} \right)_2 \times (V_2 - V_1) \quad (30)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов для построения графиков времени разгона (см. Рисунок 26), пути разгона (см. Рисунок 27) и пути торможения (см. Рисунок 28)

V	t	1/J	ΔS	S
0	0	0	0	0
1,4	1,472	0,32	1,0304	1,0304
6	3,122	0,33	6,105	7,1354
11	5,122	0,4	17	23,105
16	7,672	0,51	34,425	51,425
21	9,792	0,53	39,22	73,645
25	13,092	0,66	75,9	115,12
30	18,542	1,09	149,875	225,775
35	25,042	1,3	211,25	361,125
40	58,958	2,1	1271,85	1483,1

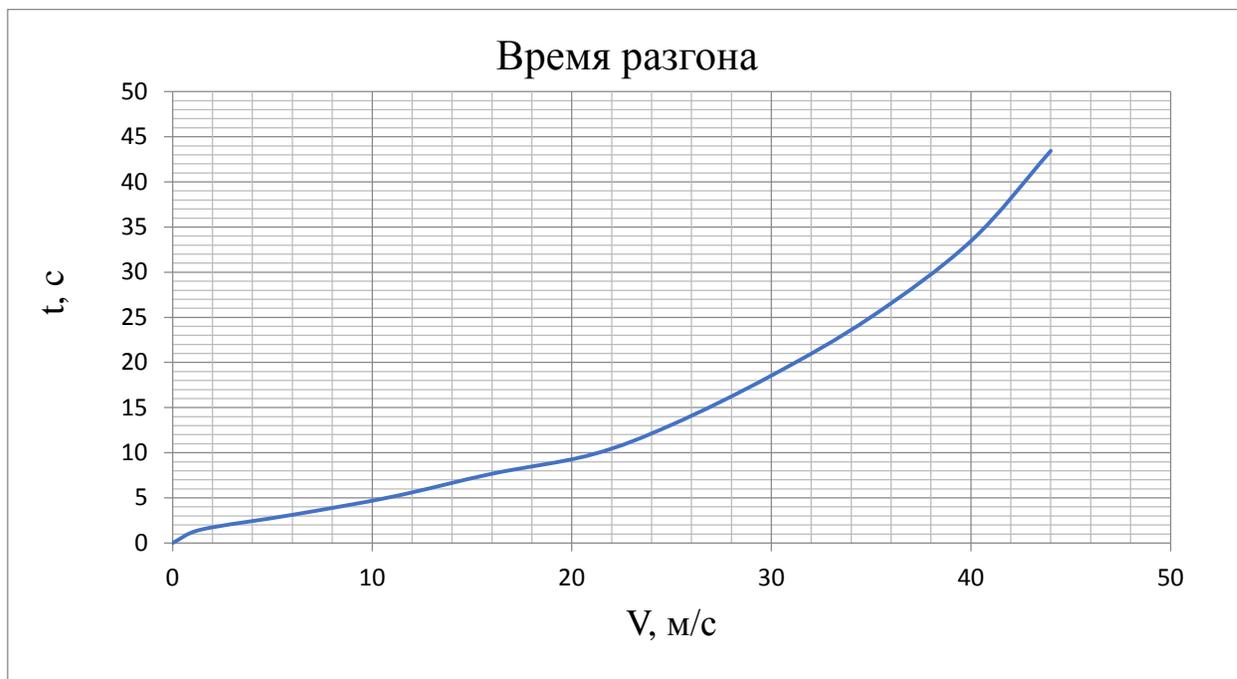


Рисунок26 - Время разгона

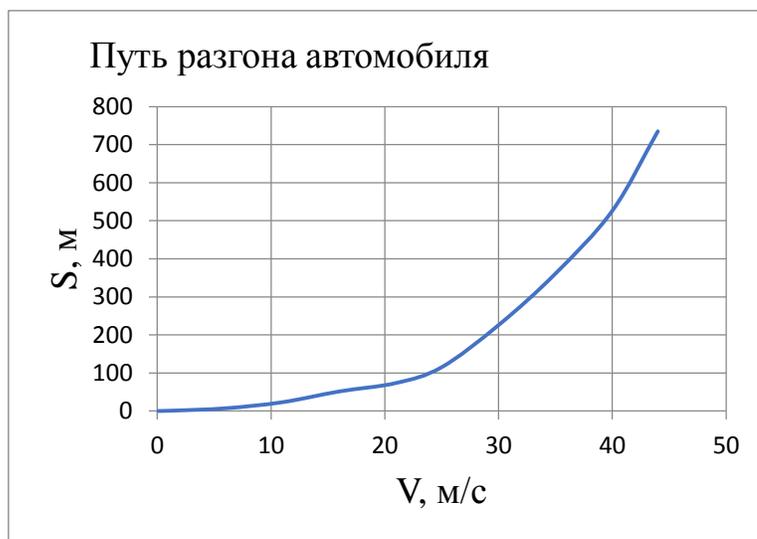


Рисунок27 - Путь разгона автомобиля

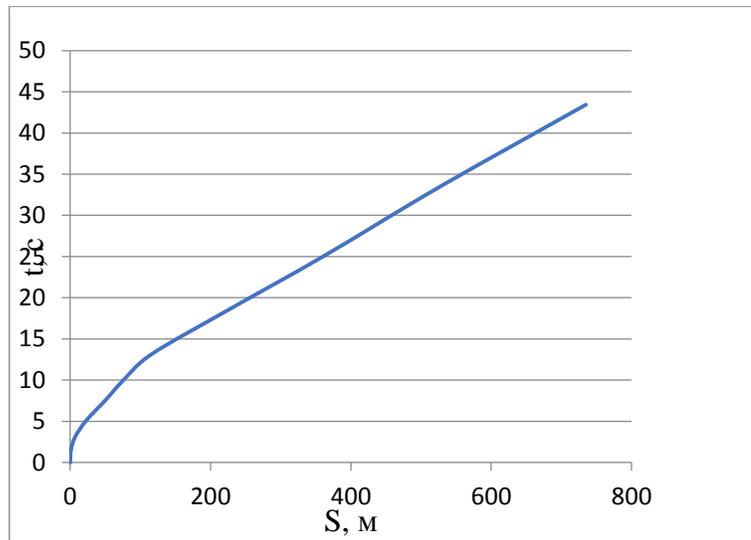


Рисунок28 - Путь торможения автомобиля

Мощностной баланс автомобиля.

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{\pi} + N_B + N_{и}, \text{ где} \quad (31)$$

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

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

$N_f = P_{\pi} * V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению;

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

$N_B = P_B * V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха;

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

$N_d = P_d * V = N_f + N_{\pi}$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги.

Результаты расчетов сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – результаты расчетов для построения графиков мощностного баланса (см. Рисунок 29 и Рисунок 30)

V max	6,17	9,44	12,72	15,99	19,26	22,53	25,8	29,07	32,35	35,62	38,89
Ne	14,38	23	31,85	40,59	48,88	56,37	62,7	67,53	70,51	71,3	69,54
Nt	13,23	21,16	29,3	37,34	44,97	51,86	57,68	62,13	64,87	65,6	63,98
Nв	0,1941 08	0,695 256	1,701 046	3,379 01	5,904 92	9,452 011	14,19 387	20,30 37	27,98 081	37,35 256	48,61 328
Nд	1,2101 84	1,897 912	2,646 269	3,471 11	4,394 55	5,436 94	6,618 474	7,959 37	9,484 697	11,20 534	13,14 56
Nв+Nд	1,4042 92	2,593 168	4,347 314	6,850 12	10,29 95	14,88 895	20,81 234	28,26 3	37,46 551	48,55 79	61,75 888
(Nв+Nд) /Nt	0,1061 45	0,122 55	0,148 373	0,183 45	0,229 03	0,287 099	0,360 824	0,454 9	0,577 547	0,740 212	0,965 284

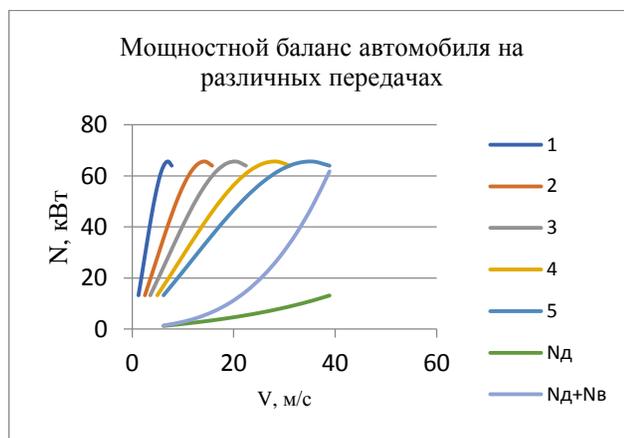


Рисунок 29 - Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

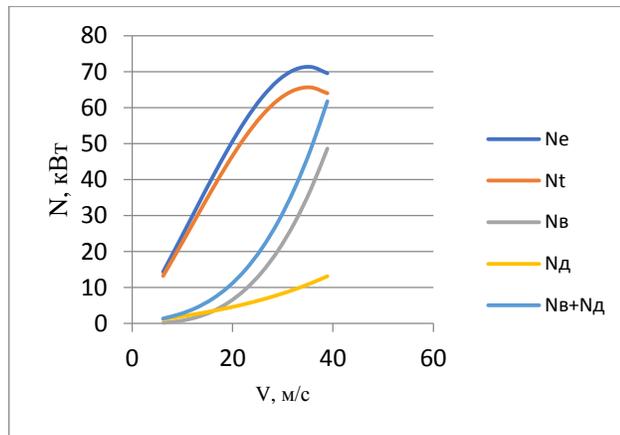


Рисунок 30 - Мощностной баланс автомобиля

«ТОПЛИВНО–ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
АВТОМОБИЛЯ:» [19]

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

«Путевой расход топлива:» [19]

$$q_{п} = \frac{k_{ск} \times k_{и} \times (P_{д} + P_{в}) \times g_{emin} \times 1.1}{36000 \times \rho_{т} \times \eta_{тр}}, \text{ где} \quad (32)$$

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

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

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

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

Расчитанные данные сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчетов для построения графика топливно – экономической характеристики автомобиля (см. Рисунок 31)

V	12,72	15,99	19,26	22,53	25,8	29,07	32,35
$k_{и}$	1,35	1,3	1,2	1,12	1	0,98	0,8
И	0,148373	0,183452	0,22903	0,2871	0,36082	0,454901	0,577547
$k_{ск}$	1,1	0,95	0,88	0,8	0,79	0,8	0,9
$\omega_e/\omega_N$	0,362676	0,455986	0,549296	0,64261	0,73592	0,829225	0,922535
$g_n$	7,850888	8,184174	8,735369	9,15945	9,85795	11,79093	12,89877

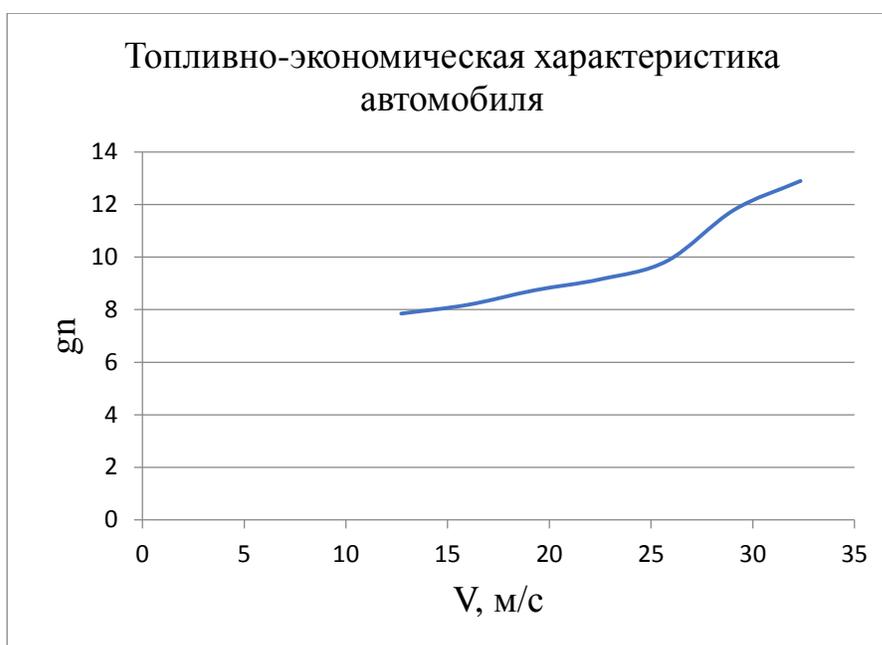


Рисунок 31 - Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Таким образом приходя к выводу по конструкторским расчетам разрабатываемого изделия, мы можем сказать с уверенностью, что автомобиль с гусеничным движителем будет иметь большую проходимость, по сравнению с автомобилем без него, хоть и будет иметь скорость чуть ниже.

## Раздел 4 Обеспечение безопасности на рабочем месте

Данная модернизация включает в себя: гусеницу, катки, балансирующую тележку с встроенными в нее роликами с подшипниками, ведущую звезду и ступичный адаптер.

Для сборки гусеничного хода на автомобиль ВАЗ-2121 применяется поточная форма производства с применением конвейерной линии. Балдин К. В. предполагает, что: «Конвейером называют машину, осуществляющую перемещение объектов труда. Участок установки подвески конвейерной линии имеет специализированные инструменты и приспособления специфичные для данной работы» [24]. При этом геометрия конвейерной линии обеспечивает оптимальный уровень удобства выполнения работниками своих обязанностей.

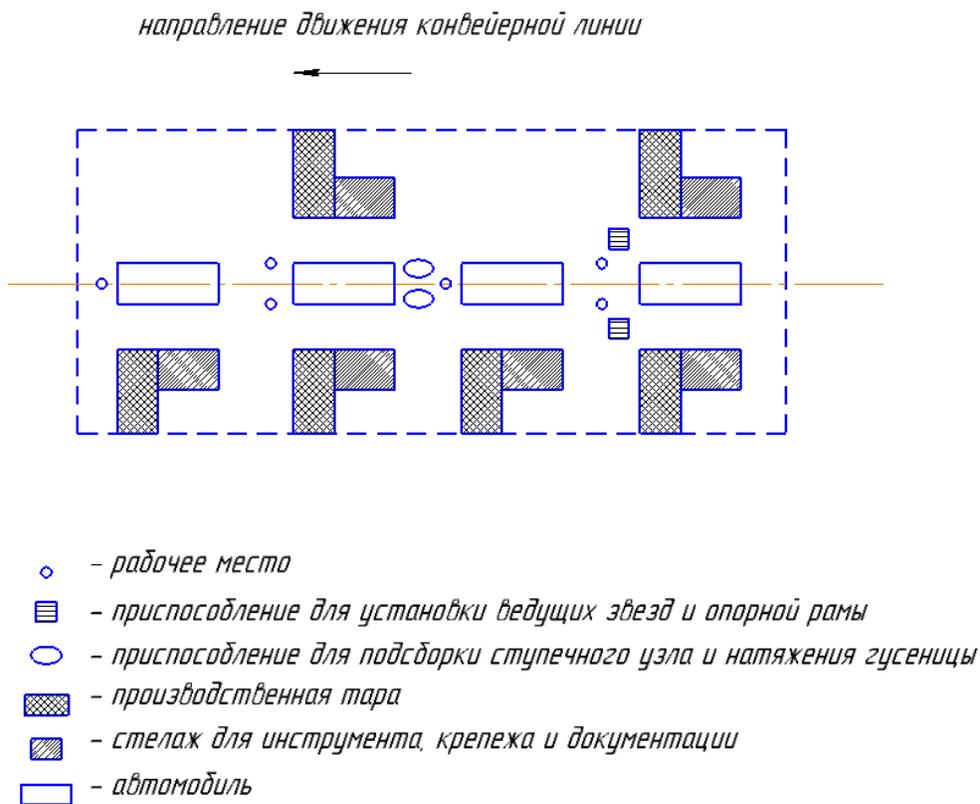


Рисунок 32 – Схема участка сборки гусеничного движителя

«Опасные факторы производства представляют собой частые факторы окружающей среды и ее деятельности, которые могут быть вызваны либо связаны с трудовой деятельностью человека. Данные опасные факторы могут быть причиной для возникновения травм у работников, а вредные факторы могут стать причиной того, что у работников могут появиться и развиваться профессиональные заболевания» [23]. «Вредные и опасные производственные факторы могут быть разделены на: химические, физические, психофизиологические, биологические» [23]

Таблица 11 – Идентификация возможных производственных рисков участка монтажа гусеничного движителя

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	«Опасный и /или вредный производственный фактор»	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
Монтаж гусеничного движителя (весь процесс)	Травмирование	Движущийся транспорт, подвижные элементы конвейерной линии и специальных приспособлений
Монтаж гусеничного движителя (весь процесс)	Высокий уровень шума	Гайковерты, конвейерная линия
Монтаж гусеничного движителя (весь процесс)	Высокий уровень температуры воздуха	Система вентиляции и кондиционирования (ее неисправность, недостаточная производительность)

Физические опасные производственный факторы составляют наибольший риск для работников на участке монтажа. Таким факторами для данного участка являются: цеховой транспорт; движущиеся детали конвейерной линии и приспособлений [25].

Самыми выраженными психофизиологическими вредными факторами на таком участке – шум, который может быть вызван работой гайковертов и конвейерной линией. Вдобавок в подобных помещениях вполне возможны отклонения от изначального температурного режима.

Таблица 12 – Организационно-технические методы и технические средства устранения и снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Средства снижения фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
Травмирование	Специальные ограждения, козухи дорожная разметка, инструктаж по охране труда	Спец.одежда
Высокий уровень шума	Звукоизоляционное покрытие, акустические барьеры, глушители	Специальные наушники, беруши
Высокий уровень температуры воздуха	Система вентиляции и кондиционирования	-

Я придерживаюсь мнения, что важным моментом охраны труда и безопасности на предприятии является планирование комплекса мероприятий и их своевременная реализация в процессе управления тем или иным субъектом деятельности. Кадровая безопасность является неотъемлемой частью охраны труда, она заключается в развитии навыков рабочей силы и эффективном ей управлении. Уровень кадровой безопасности в основном зависит от кадрового состава, а также от квалификации персонала.

Л. А. Михайлов в своих исследованиях пишет: «Обеспечение безопасности включает проведение мероприятий, обеспечении функционирования систем идентификации, контроля доступа, видеонаблюдения, проведение патентных исследований. Функция анализа включает оценку и формирование экспертного заключения. Эти функции являются минимальным набором, который необходим для обеспечения безопасности предприятия.»[25].

Своевременный инструктаж персонала по охране труда представляет собой основное мероприятие, которое непосредственно направлено на снижение травматизма в производстве [26]. Вовремя проведенный инструктаж с

использованием мероприятий, к примеру установка препятствий, которые позволят определить зоны для движения погрузчиков и персонала, обозначение зон движения для них, и вдобавок установить специальные кожухи и ограждения для обеспечения изоляции персонала от движущихся деталей станков и приспособлений могут позволить сохранение здоровья работников [25]. Для того, чтобы снизить воздействие шума на рабочий персонал требуется использовать специальные звукоизоляционные покрытия, технические средства подавления шумов. Однако кроме всего прочего персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты: специальная одежда и обувь; берушами; очками.

Таким образом, можно сделать вывод по данному разделу о том, что организационная форма и конфигурация, которые были выбраны могут позволить в полной мере выполнить поставленные задачи производства, а мероприятия, которые были предложены для улучшения условий труда, могут позволить получить большую производственную безопасность, а также сократить время простоев, которые вызваны несчастными случаями.

## **Раздел 5 Технико-экономическое обоснование проекта**

Технико-экономическая оценка проекта – это очень важный этап при разработке проекта, ведь на других этапах рассматривается оценка функций и технических решений, а на данном этапе мы рассматриваем анализ целесообразности с экономической точки зрения [27].

Технико-экономические расчеты показали, что гусеничные движители обходятся намного дешевле, чем приобретение новой гусеничной техники. Применение их может оказать незаменимую помощь для служб МЧС и Скорой медицинской помощи в отдаленных районах, куда колесная техника добраться не может. Гусеницы для автомобилей можно использовать в разных целях, будь то работа или отдых, развлечения, например: охота, рыбалка, туризм, сельское хозяйство, строительство, поиск и спасение в непроходимых местах, научно-исследовательские ситуации, и многое другое. Автомобили, оборудованные гусеничными движителями, превосходно ведут себя на различных покрытиях.

Давайте более подробно рассмотрим технико-экономические расчеты для разработки гусеничного вездехода и возможность его внедрения в массовое производство.

### **5.1 Себестоимость модернизированной конструкции**

Под себестоимостью понимают сумму всех затрат на производство и сбыт одной единицы продукции. Понятие себестоимости также может быть применимо и к сфере реализации услуг.

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

Исходные данные были получены из источников открытого доступа (интернет). Для данной работы годовую программу выпуска модернизированных изделий примем в количестве 1 000 единиц в год.

«Затраты на покупные изделия» [28]

$$\Pi_i = \Pi_i * n_i * (1 + K_{ТЗ}/100), \quad (33)$$

где, « $\Pi_i$  – оптовая цена покупных комплектующих изделий  $i$ -го вида, руб.» [22]

« $n_i$  – количество покупных изделий  $i$ -го вида, шт.» [29]

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

Расчет затрат на покупные изделия представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет расходов на покупные комплектующие проекта

Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт., руб	Сумма, руб
Гусеничная лента	1	18000	18000
Ведущая звезда	2	1600	3200
Катки	12	400	4800
Опорная рама	1	6000	6000
ИТОГО:			32000
«Транспортно-заготовительные расходы»		3%	960
ВСЕГО:			32960

«Основная заработная плата»: [30]

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (34)$$

где: « $Z_T$  –тарифная заработная плата, руб., которая рассчитывается по формуле»: [28]

$$З_T = C_P \cdot T \quad (35)$$

где: « $C_P$  – часовая тарифная ставка, руб.»; [28]

« $T$  – трудоемкость выполнения операции, час»; [28]

« $K_{ПРЕМ}$  – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %». [28]

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы производственного персонала

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Сборочные	4	0,23	100	29, 90
Контрольные	5	0,03	120	4, 68
ИТОГО:				34, 58
Премияльные доплаты	25%			8 ,65
Основная заработная плата				43, 23

«Дополнительная заработная плата»: [30]

$$З_{ДОП} = З_О \cdot K_{ВЫП} , \quad (36)$$

где, « $K_{ВЫП}$  – коэффициент доплат или выплат, не связанных с работой на производстве, %». [28]

Принимаем  $K_{ВЫП}$  равным 25%

$$З_{ДОП} = 43,23 \cdot 0,25 = 10,81 \text{ руб.}$$

«Страховые взносы»: [30]

$$C_{C.B.} = (Z_O + Z_{ДОП}) \cdot K_C, \quad (37)$$

где: « $K_C$  – коэффициент страховых взносов, %». [30]

Примем  $K_C$  равным 30%

$$C_{C.B.} = (43,23 + 10,81) \cdot 0,3 = 16,21 \text{ руб.}$$

«Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»: [30]

$$C_{C.ОБОР} = Z_O \cdot E_{C.ОБОР}, \quad (38)$$

где: « $E_{C.ОБОР}$  – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %». [28]

Примем  $E_{C.ОБОР}$  равным 200%

$$C_{C.ОБОР} = 43,23 \cdot 2 = 86,46 \text{ руб.}$$

«Цеховые расходы»: [30]

$$C_{ЦЕХ} = Z_O \cdot E_{ЦЕХ}, \quad (39)$$

где: « $E_{ЦЕХ}$  – коэффициент цеховых расходов, %». [28]

Примем  $E_{ЦЕХ}$  равным 180%

$$C_{ЦЕХ} = 43,23 \cdot 1,8 = 77,81 \text{ руб.}$$

«Расходы на инструмент и оснастку»: [30]

$$C_{ИНСТ} = Z_O \cdot E_{ИНСТР}, \quad (40)$$

где: « $E_{ИНСТ}$  – коэффициент расходов на инструмент и оснастку, %». [30]

Примем  $E_{ИНСТ}$  равным 3%

$$C_{ИНСТ} = 43,23 * 0,03 = 1,3 \text{ руб.}$$

«Цеховая себестоимость»: [30]

$$C_{ЦЕХ.С/С} = П_{И} + З_{О} + З_{ДОП} + C_{СОЦ.НАЧ} + C_{С.ОБОР} + C_{ЦЕХ} + C_{ИНСТР}, \quad (41)$$

$$C_{ЦЕХ.С/С} = 32\,960 + 43,23 + 10,81 + 16,21 + 86,46 + 77,81 + 1,3 = 33\,195,82$$

руб.

«Общезаводские расходы»: [30]

$$C_{ОБ.ЗАВ} = З_{О} \cdot E_{ОБ.ЗАВ}, \quad (42)$$

где: « $E_{ОБ.ЗАВ}$  – коэффициент общезаводских расходов, %». [30]

Примем  $E_{ОБ.ЗАВ}$  равным 130%

$$C_{ОБ.ЗАВ} = 43,23 * 1,3 = 56,2 \text{ руб.}$$

«Общезаводская себестоимость»: [30]

$$C_{ОБ.ЗАВ.С/С} = C_{ЦЕХ.С/С} + C_{ОБ.ЗАВ}, \quad (43)$$

$$C_{ОБ.ЗАВ.С/С} = 33\,195,82 + 56,2 = 33\,252,02 \text{ руб.}$$

«Коммерческие расходы»: [30]

$$C_{КОМ} = C_{ОБ.ЗАВ.С/С} \cdot E_{КОМ}, \quad (44)$$

где: « $E_{КОМ}$  – коэффициент коммерческих расходов, %». [30]

Примем  $E_{КОМ}$  равным 5%

$$C_{КОМ} = 33252,02 * 0,05 = 1\ 662,6 \text{ руб.}$$

«Полная себестоимость»: [30]

$$C_{ПОЛ} = C_{ОБ.ЗАВ.С/С} + C_{КОМ}, \quad (45)$$

$$C_{ПОЛ} = 33252,02 + 1662,6 = 34\ 914,62 \text{ руб.}$$

«Отпускная цена для базового и проектируемого изделия»: [30]

$$Ц_{ОТП.Б} = C_{ПОЛ} \cdot (1 + K_{РЕНТ}), \quad (46)$$

где:  $K_{РЕНТ}$  – «коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %».

[30]

Принимаем  $K_{РЕНТ}$  равным 12 % с учетом НДС.

$$Ц_{ОТП.Б} = 34\ 914,62 * (1 + 0,12) = 39\ 104,37 \text{ руб.}$$

$$Ц_{ОТП.П} = Ц_{ОТП.Б}, \quad (47)$$

## 5.2 Точка безубыточности производства гусеничного движителя

Для определения объема продаж, при котором организация будет способна покрыть все свои расходы, без получения прибыли используя аналитический и графический методы определения критического объема производства.

Математическая формула безубыточности производства основана на том факте, что в структуре полных затрат доля условно-постоянных расходов (расходов на содержание управления, общецеховых, общезаводских, коммерческих и т. д.) при изменении объемов производства либо остается

постоянной, либо изменяется незначительно [31]. При этом маржинальная прибыль (прибыль от всего объема производства) увеличивается. Доля же переменных затрат (затраты на сырье, материалы, полуфабрикаты, заработную плату рабочих и т. д.) изменяется пропорционально изменению объема производства продукции.

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

Для данной работе годовую программу выпуска модернизированных изделий ( $V_{год}$ ) примем в количестве 1000 единиц в год. В году 247 рабочих дней, один гусеничный движитель делается примерно четыре часа. В одном дне две рабочие смены. Плюс работа в выходные и праздничные дни.

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

$$V_{кр} = \frac{Z_{пост.уд.} * V_{max}}{C_{отп} - Z_{пер.уд.}}, \quad (48)$$

где,  $V_{max} = V_{год}$  – «максимальный объем выпуска изделия, шт.»; [28]

« $C_{отп}$  – отпускная цена изделия, руб.»; [28]

« $Z_{пост.уд.}$  – постоянные удельные издержки на изготовление единицы изделия, руб.»; [28]

« $Z_{пер.уд.}$  – переменные удельные издержки на изготовление единицы изделия, руб.» [28]

«Определение переменных затрат на изготовление единицы продукции»:  
[28]

$Z_{ПЕР.УД.Б.} = ПИ + Z_0 + Z_{ДОП.} + C_{С.В.} = 32000 + 43,23 + 10,81 + 16,21 = 32\,070,25$  руб.

$$Z_{ПЕР.УД.П.} = 32960 + 43,23 + 10,81 + 16,21 = 33\,030,25 \text{ руб.} \quad (49)$$

«Определение переменных издержек»: [28]

$$Z_{ПЕР} = Z_{ПЕР.УД.} \cdot V_{ГОД}, \quad (50)$$

$$Z_{ПЕР.Б.} = 32\,070,25 * 1\,000 = 32\,070\,250 \text{ руб.}$$

$$Z_{ПЕР.П.} = 33\,030,25 * 1\,000 = 33\,030\,250 \text{ руб.}$$

«Амортизационные отчисления»: [28]

$$A_{М.УД.} = (C_{С.ОБОР} + C_{ИНСТ}) \cdot H_A / 100, \quad (51)$$

где: « $H_A$  – доля амортизационных отчислений, %», [28] принимаем  $H_A = 13\%$ .

$$A_{М.УД.} = (86,46 + 1,3) * 13 / 100 = 11,41 \text{ руб.}$$

«Определение постоянных издержек на производство»: [28]

$$Z_{ПОСТ.УД.} = (C_{С.ОБОР} + C_{ИНСТ}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{ЦЕХ} + C_{ОБ.ЗАВ} + C_{КОМ} + A_{М.УД.}, \quad (52)$$

$$Z_{ПОСТ.УД.Б.} = (86,46 + 1,3) * (100 - 13) / 100 + 77,81 + 56,2 + 1\,614,6 + 11,41 = 1\,836,37 \text{ руб.}$$

$$Z_{ПОСТ.УД.П.} = (86,46 + 1,3) * 0,87 + 77,81 + 56,2 + 1\,662,6 + 11,41 = 1\,884,37 \text{ руб.}$$

«Постоянные издержки на годовую программу выпуска изделия»: [28]

$$Z_{\text{ПОСТ.Б.}} = Z_{\text{ПОСТ.УД.Б.}} \cdot V_{\text{ГОД}}, \quad (53)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.Б.}} = 1\,836,37 * 1\,000 = 1\,836\,370$$

$$Z_{\text{ПОСТ.П.}} = 1\,884,37 * 1\,000 = 1\,884\,370$$

«Полная себестоимость годовой программы выпуска»: [28]

$$C_{\text{ПОЛ.Г.}} = C_{\text{ПОЛ.}} * V_{\text{ГОД}} \quad (54)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г.}} = 33\,906,621 * 1\,000 = 33\,906\,621 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г.}} = 34\,914,62 * 1\,000 = 34\,914\,620 \text{ руб.}$$

«Расчет выручки от реализации изделия»: [28]

$$\text{Выручка} = C_{\text{ОПТ}} \cdot V_{\text{ГОД}}, \quad (55)$$

$$\text{Выручка} = 39\,104,37 * 1\,000 = 39\,104\,370 \text{ руб.}$$

«Расчет маржинального дохода»: [30]

$$D_{\text{МАРЖ}} = \text{Выручка} - Z_{\text{ПЕР}}, \quad (56)$$

$$D_{\text{МАРЖ}} = 39\,104\,370 - 32\,070\,250 = 7\,034\,120 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{МАРЖ}} = 39\,104\,370 - 33\,030\,250 = 6\,074\,120 \text{ руб.}$$

«Расчет критического объема продаж»: [28]

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{Z_{\text{ПОСТ}}}{C_{\text{ОПТ}} - Z_{\text{ПЕР.УД}}}, \quad (57)$$

$$A_{\text{КРИТ}} = 1\,884\,370 / (39\,104,37 - 33\,030,25) = 310,23 \approx 310 \text{ шт.}$$

Графический метод определения критической точки объема производства проектируемого двигателя представлен на Рисунке 33.

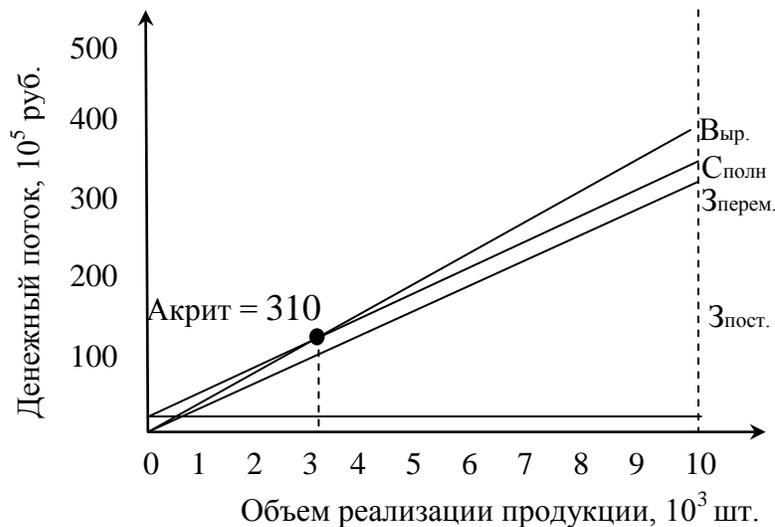


Рисунок 33 - Графический метод нахождения точки безубыточности

### 5.3 Коммерческая эффективность модернизации колес

В данной части раздела будет определены такие показатели как чистый доход, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индексы доходности и срок окупаемости. Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет.

Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом нарастающим итогом на:

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (58)$$

где:  $V_{MAX}$  — «максимальный объем продукции, шт.»; [28]

« $A_{КРИТД}$  — критический объем продаж, шт.»; [27]

« $n$  – количество лет, с учетом предпроизводственной подготовки» [28]

$$\Delta = (1\,000 - 310) / (6-1) = 138 \text{ шт.}$$

«Выручка от продаж»: [28]

$$\text{Выручка}_i = C_{\text{ОПТ}} \cdot V_{\text{ПРОД}_i}, \quad (59)$$

где: « $V_{\text{ПРОД}_i}$  – объем продаж в  $i$ -м году, шт». [28]

«Объем продаж»:

$$V_{\text{ПРОД}_i} = V_{\text{КРИТ}} + \Delta, \quad (60)$$

Для второго года и последующих лет  $V_{\text{КРИТ}}$  заменяется объемом продаж предыдущего года.

$$V_{\text{ПРОД}_1} = 310 + 138 = 448 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}_2} = 448 + 138 = 586 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}_3} = 586 + 138 = 724 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}_4} = 724 + 138 = 862 \text{ шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}_5} = 862 + 138 = 1\,000 \text{ шт.}$$

«Выручка»: [28]

$$\text{Выручка}_1 = 39\,104,37 * 448 = 17\,518\,757,76 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка}_2 = 39\,104,37 * 586 = 22\,915\,160,82 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка}_3 = 39\,104,37 * 724 = 28\,311\,563,88 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка}_4 = 39\,104,37 * 862 = 33\,707\,966,94 \text{ руб.}$$

$$\text{Выручка}_5 = 39\,104,37 * 1\,000 = 39\,104\,370 \text{ руб.}$$

«Переменные затраты по годам»: [28]

$$Z_{\text{ПЕР}i} = Z_{\text{ПЕР.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД}i}, \quad (61)$$

$$Z_{\text{перБ1}} = 32\,070,25 * 448 = 14\,367\,472 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перБ2}} = 32\,070,25 * 586 = 18\,793\,166,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перБ3}} = 32\,070,25 * 724 = 23\,218\,861 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перБ4}} = 32\,070,25 * 862 = 27\,644\,555,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перБ5}} = 32\,070,25 * 1\,000 = 32\,070\,250 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перП1}} = 33\,030,25 * 448 = 14\,797\,552 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перП2}} = 33\,030,25 * 586 = 19\,355\,726,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перП3}} = 33\,030,25 * 724 = 23\,913\,901 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перП4}} = 33\,030,25 * 862 = 28\,472\,075,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{перП5}} = 33\,030,25 * 1\,000 = 33\,030\,250 \text{ руб.}$$

«Постоянные затраты по годам»: [28]

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{max}}, \quad (62)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.Б}} = 1\,836,37 * 1\,000 = 1\,836\,370 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.П}} = 1\,884,37 * 1\,000 = 1\,884\,370 \text{ руб.}$$

«Амортизация»: [28]

$$A_M = A_{M.УД} \cdot V_{\text{max}}, \quad (63)$$

$$A_M = 11,41 * 1\,000 = 11\,410 \text{ руб.}$$

«Полная себестоимость по годам»: [28]

$$C_{\text{пол.}i} = Z_{\text{пер.}i} + Z_{\text{пост.}i}, \quad (64)$$

$$C_{\text{пол.Б1}} = 14\,367\,472 + 1\,836\,370 = 16\,203\,842$$

$$C_{\text{пол.Б2}} = 18\,793\,166,5 + 1\,836\,370 = 20\,629\,536,5$$

$$C_{\text{пол.Б3}} = 23\,218\,861 + 1\,836\,370 = 25\,055\,231$$

$$C_{\text{пол.Б4}} = 27\,644\,555,5 + 1\,836\,370 = 29\,480\,925,5$$

$$C_{\text{пол.Б5}} = 32\,070\,250 + 1\,836\,370 = 33\,906\,620$$

$$C_{\text{пол.П1}} = 14\,797\,552 + 1\,884\,370 = 16\,681\,922$$

$$C_{\text{пол.П2}} = 19\,355\,726,5 + 1\,884\,370 = 21\,240\,096,5$$

$$C_{\text{пол.П3}} = 23\,913\,901 + 1\,884\,370 = 25\,798\,271$$

$$C_{\text{пол.П4}} = 28\,472\,075,5 + 1\,884\,370 = 30\,356\,445,5$$

$$C_{\text{пол.П5}} = 33\,030\,250 + 1\,884\,370 = 34\,914\,620$$

$$\sum C_{\text{пол.П}} = 128\,991\,355$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам»: [28]

$$\text{Пр}_{\text{обл.}i} = B_i - C_{\text{пол.}i} \quad (65)$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.Б1}} = 17\,518\,757,76 - 16\,203\,842 = 1\,314\,915,76 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.Б2}} = 22\,915\,160,82 - 20\,629\,536,5 = 2\,285\,624,32 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.Б3}} = 28\,311\,563,88 - 25\,055\,231 = 3\,256\,332,88 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.Б4}} = 33\,707\,966,94 - 29\,480\,925,5 = 4\,227\,041,44 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.Б5}} = 39\,104\,370 - 33\,906\,620 = 5\,197\,750 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.П1}} = 17\,518\,757,76 - 16\,681\,922 = 836\,835,76 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.П2}} = 22\,915\,160,82 - 21\,240\,096,5 = 1\,675\,064,32 \text{ руб.}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл.П3}} = 28\,311\,563,88 - 25\,798\,271 = 2\,513\,292,88 \text{ руб.}$$

$Пр_{обл.П4} = 33\,707\,966,94 - 30\,356\,445,5 = 3\,351\,521,44$  руб.

$Пр_{обл.П5} = 39\,104\,370 - 34\,914\,620 = 4\,189\,750$  руб.

«Налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам»: [30]

$$H_{ПРi} = П_{р.ОБЛi} \cdot 0,2, \quad (66)$$

$H_{ПР.Б1} = 1\,314\,915,76 \cdot 0,2 = 262\,983,15$  руб.

$H_{ПР.Б2} = 2\,285\,624,32 \cdot 0,2 = 457\,124,86$  руб.

$H_{ПР.Б3} = 3\,256\,332,88 \cdot 0,2 = 651\,266,58$  руб.

$H_{ПР.Б4} = 4\,227\,041,44 \cdot 0,2 = 845\,408,29$  руб.

$H_{ПР.Б5} = 5\,197\,750 \cdot 0,2 = 1\,039\,550$  руб.

$H_{ПР.П1} = 836\,835,76 \cdot 0,2 = 167\,367,15$  руб.

$H_{ПР.П2} = 1\,675\,064,32 \cdot 0,2 = 335\,012,86$  руб.

$H_{ПР.П3} = 2\,513\,292,88 \cdot 0,2 = 502\,658,58$  руб.

$H_{ПР.П4} = 3\,351\,521,44 \cdot 0,2 = 670\,304,29$  руб.

$H_{ПР.П5} = 4\,189\,750 \cdot 0,2 = 837\,950$  руб.

«Прибыль чистая по годам»: [28]

$$П_{р.Чi} = П_{р.ОБЛi} - H_{ПРi}, \quad (67)$$

$Пр_{ч1Б} = 1\,314\,915,76 - 262\,983,15 = 1\,051\,932,61$  руб.

$Пр_{ч2Б} = 2\,285\,624,32 - 457\,124,86 = 1\,828\,499,46$  руб.

$Пр_{ч3Б} = 3\,256\,332,88 - 651\,266,58 = 2\,605\,066,3$  руб.

$Пр_{ч4Б} = 4\,227\,041,44 - 845\,408,29 = 3\,381\,633,15$  руб.

$Пр_{ч5Б} = 5\,197\,750 - 1\,039\,550 = 4\,158\,200$  руб.

$Пр_{ч1П} = 836\,835,76 - 167\,367,15 = 669\,468,61$  руб.

$Пр_{ч2П} = 1\,675\,064,32 - 335\,012,86 = 1\,340\,051,46$  руб.

$$Pr_{\text{ч3П}} = 2\,513\,292,88 - 502\,658,58 = 2\,010\,634,3 \text{ руб.}$$

$$Pr_{\text{ч4П}} = 3\,351\,521,44 - 670\,304,29 = 2\,681\,217,15 \text{ руб.}$$

$$Pr_{\text{ч5П}} = 4\,189\,750 - 837\,950 = 3\,351\,800 \text{ руб.}$$

#### **5.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности деталей проектируемого двигателя**

Создание данного проекта приведет к тому, что будет полное отсутствие частых автомобильных проблем таких, как: прокол и сдутие шин.

Таким образом это уменьшит обращение клиентов в сервисы ТО в гарантийный период. Рассчитаем прибыль, получаемую в результате внедрения данного проекта:

$$Pr_{\text{ож.д.}i} = (C_{\text{опт}} * D_2 / D_1 - C_{\text{опт}}) * V_{\Gamma} \quad (68)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – «долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия» [28]

$$D_1 = 800000; D_2 = 1100000$$

Отпускная цена колеса  $C_{\text{опт}} = 6300$  руб.

$$Pr_{\text{ож.д.}1} = (6300 * 1\,100\,000 / 800\,000 - 6300) * 448 = 1\,058\,400 \text{ руб.}$$

$$Pr_{\text{ож.д.}2} = (6300 * 1\,100\,000 / 800\,000 - 6300) * 586 = 1\,384\,425 \text{ руб.}$$

$$Pr_{\text{ож.д.}3} = (6300 * 1\,100\,000 / 800\,000 - 6300) * 724 = 1\,710\,450 \text{ руб.}$$

$$Pr_{\text{ож.д.}4} = (6300 * 1\,100\,000 / 800\,000 - 6\,300) * 862 = 2\,036\,475 \text{ руб.}$$

$$Pr_{\text{ож.д.}5} = (6300 * 1\,100\,000 / 800\,000 - 6\,300) * 1\,000 = 2\,362\,500 \text{ руб.}$$

Ожидаемая прибыль от повышения надежности разрабатываемого проекта: [28]

$$\text{Прож.н.} = (\text{Н}_{\text{рем.б.}} * \text{З}_{\text{рем.б.}} - \text{Н}_{\text{рем.п.}} * \text{З}_{\text{рем.п.}}) + (\text{Т}_{\text{прост.б.}} - \text{Т}_{\text{прост.п.}}) * \text{Ц}_{\text{опт}}, \quad (69)$$

где  $\text{Н}_{\text{рем.б}}$  и  $\text{Н}_{\text{рем.п}}$  - «количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий» [28]

$\text{З}_{\text{рем.б}}$  и  $\text{З}_{\text{рем.п}}$  - «затраты на ремонт базового и проектируемого изделий» [27]

$\text{Т}_{\text{прост.б}}$  и  $\text{Т}_{\text{прост.п}}$  - «количество часов простоя техники в ремонте за год по базовому и проектируемому вариантам» [28]

$$\text{Прож.н.} = (70 * 1\ 100 - 40 * 1\ 100) + (140 - 80) * 6300 = 411\ 000 \text{ руб.}$$

«Общественно значимая экономия»: [28]

$$\text{Эобщ}_i = \text{Прож.л}_i + \text{Прож.н}_i \quad (70)$$

$$\text{Эобщ}_1 = 1\ 058\ 400 + 411\ 000 = 1\ 469\ 400 \text{ руб.}$$

$$\text{Эобщ}_2 = 1\ 384\ 425 + 411\ 000 = 1\ 795\ 425 \text{ руб.}$$

$$\text{Эобщ}_3 = 1\ 710\ 450 + 411\ 000 = 2\ 121\ 450 \text{ руб.}$$

$$\text{Эобщ}_4 = 2\ 036\ 475 + 411\ 000 = 2\ 447\ 475 \text{ руб.}$$

$$\text{Эобщ}_5 = 2\ 362\ 500 + 411\ 000 = 2\ 773\ 500 \text{ руб.}$$

«Текущий чистый доход»: [28]

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр.ч.п} - \text{Пр.ч.б} + \text{А}_M + \text{Эобщ}_i \quad (71)$$

$$\text{ЧД}_1 = 669\ 468,61 - 1\ 051\ 932,61 + 11\ 410 + 1\ 469\ 400 = 1\ 098\ 346 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_2 = 1\ 340\ 051,46 - 1\ 828\ 499,46 + 11\ 410 + 1\ 795\ 425 = 1\ 318\ 387 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_3 = 2\,010\,634,3 - 2\,605\,066,3 + 11\,410 + 2\,121\,450 = 1\,538\,428 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_4 = 2\,681\,217,15 - 3\,381\,633,15 + 11\,410 + 2\,447\,475 = 1\,758\,469 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_5 = 3\,351\,800 - 4\,158\,200 + 11\,410 + 2\,773\,500 = 1\,978\,510 \text{ руб.}$$

Для расчета срока окупаемости проекта, нам нужно вложить единовременные инвестиции, которые представляют собой: оснастку, какое-либо доп. оборудование, какие-либо инструменты. Так как, на заводах, которые изготавливают автомобильные средства, уже есть все нужные инструменты и оборудование, нужно вложиться только оснастку. В данной работе стоимость оснастки будет 60 000 руб. Из этого следует, что срок окупаемости проекта, будет иметь формулу: [28]

$$T_{OK} = \frac{Z_K}{\Pi_{р.ч}}, \quad (72)$$

Где, « $Z_K$ —размер капитальных вложений в проект» [30];

$$Z_K = Z_{ед} + Z_{тек.год} \quad (73)$$

где, « $Z_{ед}$  – единовременные инвестиции» [30];

« $Z_{тек.год}$  – инвестиции за текущий (первый) год» [30].

$$Z_K = 60\,000 + 60\,000 = 120\,000 \text{ руб.}$$

$$T_{OK} = 120\,000 / 669\,468,61 = 0,18 \text{ года}$$

Так как, срок окупаемости меньше года, то дисконтирование денежного потока нам не требуется.

На основании полученных данных построим график зависимости прибыли от объема продаж (см. Рисунок 34)

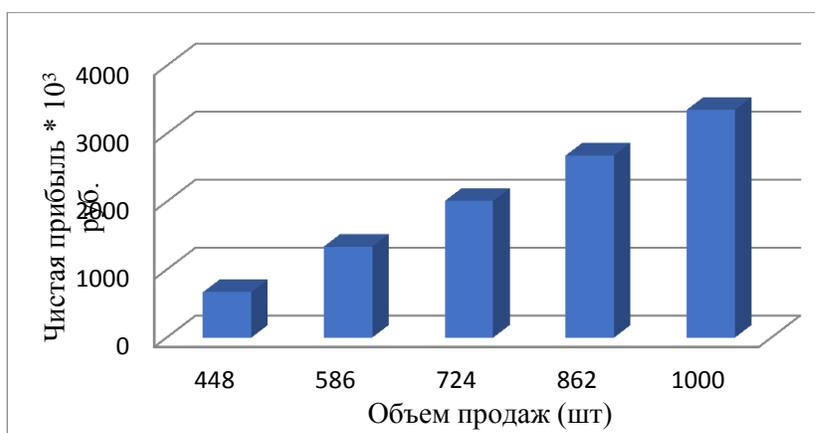


Рисунок 34 - График зависимости прибыли от объема продаж

### 5.5 Вывод

На основании проведенного технико-экономического анализа предлагаемого варианта модернизации можно с уверенностью утверждать о коммерческой эффективности разработанной конструкции гусеничного движителя [31]. В новой конструкции цена комплектующих изделий выше чем в базовом, но при этом она имеет лучшую надежность и долговечность.

Среди основных показателей, определяющих коммерческую эффективность проекта, стоит выделить срок окупаемости проекта продолжительностью 0,18 года, то есть менее года, поэтому данный проект является менее рискованным.

Все значения, рассчитанные в экономической части данного проекта, доказывают экономическую целесообразность данной модернизации. А также требуемые единовременные инвестиции в виде оснастки. После нахождения всех значений мы строим таблицу показателей экономической эффективности (приложение И).

## **Заключение**

Целью данного дипломного проекта являлось разработка проекта гусеничного вездехода на базе автомобиля ВАЗ-2121. Для решения поставленных задач был предложен вариант модернизации колес актуальный для массового производства и соответствующий современному уровню развития техники.

В первом разделе я познакомился с основными методами по повышению проходимости автомобиля, изучил разные условия по использованию полноприводных автомобилей, а также познакомился со всеми основными требованиями, которые предъявляются к гусеничным движителям, вдобавок закрепил знания общей информацией о машинах с гусеничными движителями.

Второй раздел затрагивает историю по созданию гусеничных движителей и в целом, данная глава включает в себя все теоретические знания о гусеничных движителях, а также я рассмотрел наглядно все детали, используемые в данной работе.

Третий раздел является конструкторским, то есть я полностью прохожу и описываю этапы по разработки предлагаемой конструкции.

Выводом данной работы можно считать, что данная конструкция действительно может привести к повышению проходимости автомобиля ВАЗ-2121, однако данная разработка представляет собой (на экономическом уровне) значительно дорогой если данную работу производить в больших объемах, к примеру, на продажу. При этом если эту конструкцию разрабатывать в собственном гараже и только для личных целей, эта работа будет менее затратной.

Таким образом, цели и задачи, которые были поставлены мной в начале работы были достигнуты. Работу считаю выполненной.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Агейкин Я.С., Вольская Н.С., Чичекин И.В. Проходимость автомобиля – МГИУ.: Машиностроение, 2017. – 276 с.
2. Бронштейн Я.И. Проходимость Автомобиля - Букинистическое издание. М.: 2015. – 310 с.
3. А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 2016.-240 с.
4. Платунов В.Ф. Полноприводные автомобили – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2017. – 312 с.
5. Краткий автомобильный справочник. – 9-е изд. – М.: Транспорт, 2016. – 464 с.
6. Гжиров, Р.И. Краткий справочник конструктора: справочник /Р.И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, 2017. – 464 с.
7. Technical sciences / Mobilo L. V./ National University of water and environmental engineering / Том 1, № 81 (2018); 154-158
8. Walczak, Jim. "4WD vs 2WD: The Differences Between 4×4 And 4×2". about.com. Retrieved 7 August 2016.
9. Hyde, Charles K. (2017). Arsenal of Democracy: The American Automobile Industry in World War II. Wayne State University Press. pp. 147–148. ISBN 9780814339527.
10. Surface Vehicle Recommended Practice - J1952 - All-Wheel Drive System Classification". SAE International. October 2018.
11. Павлов, В.В. Теория движения многоцелевых гусеничных и колесных машин: учебник дл явузов / В.В. Павлов, В.В. Кувшинов. – Чебоксары: Изд-во ООО «Чебоксарская типография №1», 2019. – 422 с.

12. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М.: Машиностроение, 2017. 448 с.

13. Integrated Publishing, Inc [Электронный курс] / Basic Machines - Intro to machines and motion theories. URL:<http://enginemechanics.tpub.com/14037/css/Classification-Of-Engines-96.htm> (дата обращения: 18.06.2020)

14. Анурьев В.Н. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах: т. 3 – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: машиностроение, 2016. – 557 с.

15. Петренко, А.М. Разработка конструкций многоцелевых гусеничных и колесных машин в курсовом проектировании: учеб. пособие. Ч. 1 / А.М. Петренко. – М.: МАДИ, 2017. – 46 с.

16. Хусаинов А.Ш. Селифонов В.В. ТЕОРИЯ АВТОМОБИЛЯ. У.: 2015, 55-63 с.

17. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. - 4-е изд., перераб. и доп. - М: Высшая школа, 2016.-416 с.

18. А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 2017.-240 с.

19. Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля. Тольятти: ТолПИ, 2015. – 40с.

20. Павлов, В.В. Тяговый расчёт многоцелевых гусеничных и колесных машин с ГМТ: метод. указания к расчётной лабораторной работе для студентов, изучающих курс «Теория движения» / В.В. Павлов. – М.: МАДИ, 2018. – 30 с.

21. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. – м.: Высш. шк., 2016. – 208с.

22. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2016. – 478с.:ил.

23. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебник / В. О. Евсеев [и др.]; под ред. Е. И. Холостовой, О. Г. Прохоровой. - Москва: Дашков и К°, 2018. - 456 с.

24. Балдин К. В. Управление рисками [Электронный ресурс]: учеб. пособие / К. В. Балдин, С. Н. Воробьев. - Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. - 511 с.

25. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / Л. А. Михайлов [и др.]; под ред. Л. А. Михайлова. - 2-е изд.; гриф УМО. - Санкт-Петербург: Питер, 2018. - 460 с.: ил. - (Учебники для вузов). - Библиогр.: с. 456-460.

26. Экономическое обоснование дипломных проектов технологического профиля: метод. указания / Сост. Л.Г. Кухтинова, Л.А. Прошкина. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. – 50 с.

27. Ипатов, М.И. Организация и планирование машиностроительного производства: Учеб. для машиностр. спец. вузов / 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., 2017. - 367 с.

28. Глущенко, В.Ф. Экономика предприятия. Часть 4. Организация производства. Учеб. пособие / В.Ф. Глущенко, Г.А. Краюхин, А.И. Михайлушкин и др.: СПбГИЭУ. – СПб: СПбГИЭУ, 2015. – 101 с.

29. Грузинов, В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия: Учеб. пос. для вузов. 2-е изд., доп. / В.П. Грузинов, В.Д. Грибов – М.: Финансы и статистика, 2016. – 207 с.

30. Крылов С. И. Финансовый анализ: учебное пособие для СПО / С.И. Крылов; под редакцией Н.Н. Ильшевой. – 2-е изд. – Саратов, Екатеринбург: Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. – 161 с. – ISBN 978-5-4488-0456-4, 978-5-7996-2816-1. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/87894.html> (дата обращения: 18.05.2020).

31. Методические рекомендации, по оценке эффективности инвестиционных проектов. (Утверждены Госстроем, Министерством экономики, Министерством финансов и Госкомпромом РФ №ВК 477 от 21 июня 1999 г.)

# Приложения

## Приложение А Спецификация к проекту

Формат Зона	Лист	Собозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Формат Зона	Лист	Собозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						<i>Стандартные изделия</i>					
А4		Л.ДА.220.02.00.000 ПЗ	Пояснительная записка	1	103 стр.	6			Болт М4х8 ГОСТ 15589-70	48	
А1		Л.ДА.220.02.00.000 СБ	Сборочный чертеж	1		7			Гайка М4	48	
А1		Л.ДА.220.02.00.000 СВ	Общий вид автомобиля ВАЗ-2121 с гусеничным двигателем	1		8			Шайба 4	48	
А1		Л.ДА.220.02.00.000 ЭК	Показатели экономической эффективности	1		9			Шайба 4Г	48	
А1		Л.ДА.220.02.00.000 ТД	Графики тягово-динамического расчета	1		10			Болт М6х12 ГОСТ 15589-70	24	
						11			Болт М6х10 ГОСТ Р 50792-95	16	
						12			Гайка М6-6НLF ГОСТ Р 50272-92	16	
<i>Сборочные единицы</i>						<i>Прочие изделия</i>					
А1	1	Л.ДА.220.02.00.000 СБ	Двигатель гусеничный	1		13			Ролик с подшипниками	24	
<i>Детали</i>						14			Гусеничная лента	4	
А3	2	Л.ДА.220.02.00.002	Ведущая звезда	2		15			Каток	48	
А3	3	Л.ДА.220.02.00.003	Переходник ступенчатый	1		16			Крепек к раме автомобиля	4	
А3	4	Л.ДА.220.02.00.004	Ступица усиленная	1		17			Шворный шарнир	4	
А1	5	Л.ДА.220.02.00.005	Рама опорная	1		18			Зуб ведущей звезды	28	
<b>Л.ДА.220.02.00.000 С1</b>						<b>Л.ДА.220.02.00.000 С1</b>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Самойленко НА					Разраб.	Самойленко НА				
Прое.	Уварова ЛА.					Прое.	Уварова ЛА.				
Нконтр.						Нконтр.					
Утв.						Утв.					
Копировал					Копировал						
Формат А4					Формат А4						
ТГУ КафАиТ гр.АТ-1502					ТГУ КафАиТ гр.АТ-1502						

Рисунок 35 – Спецификация к проекту разрабатываемого двигателя

## Приложение Б

### Чертеж общего вида автомобиля ВАЗ-2121 с гусеничным движителем

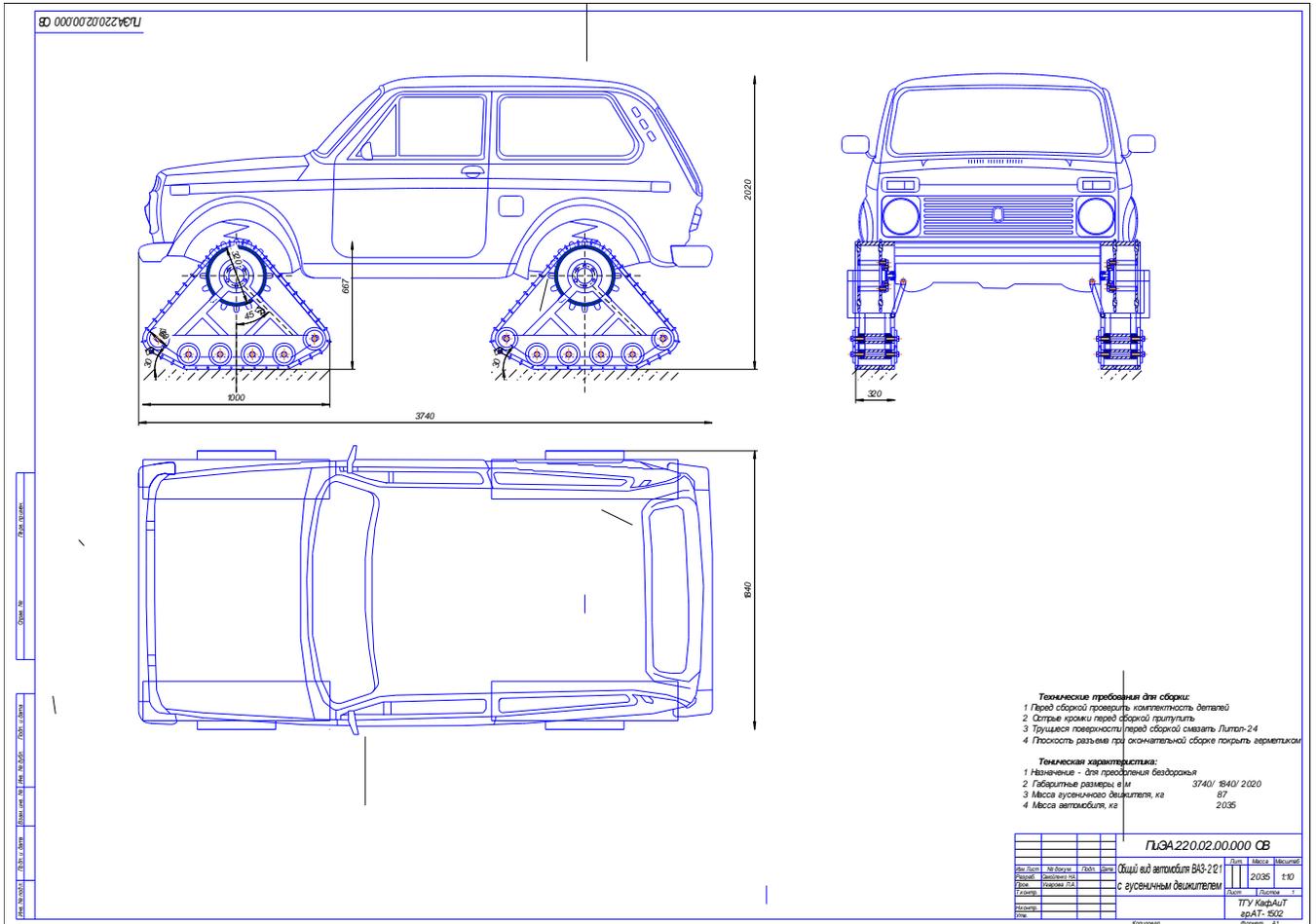


Рисунок 36 - Гусеничный вездеход на базе автомобиля ВАЗ-2121



# Приложение Г

## Чертеж ведущей звезды

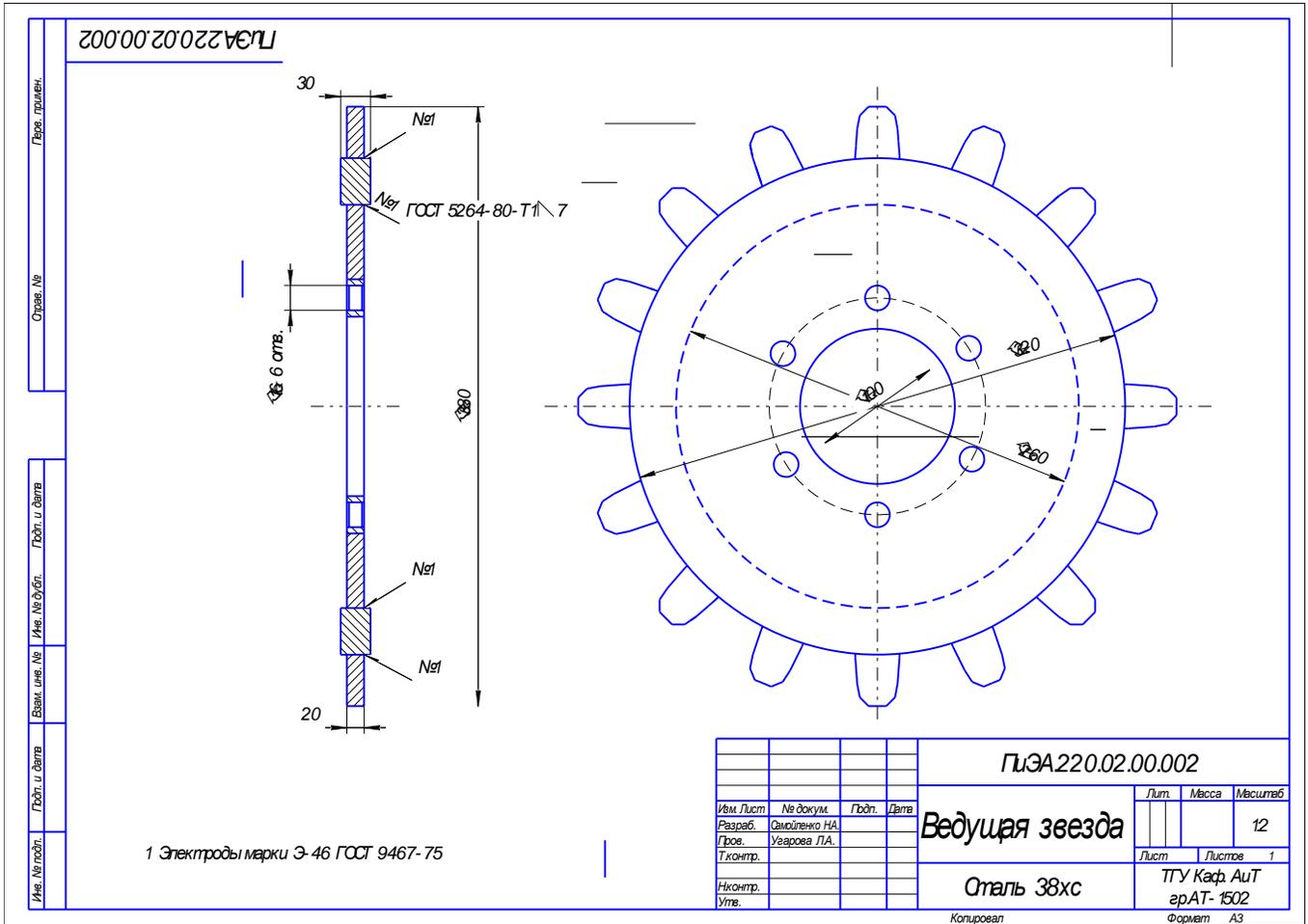


Рисунок 38 - Ведущая звезда



# Приложение Е

## Чертеж усиленной ступицы

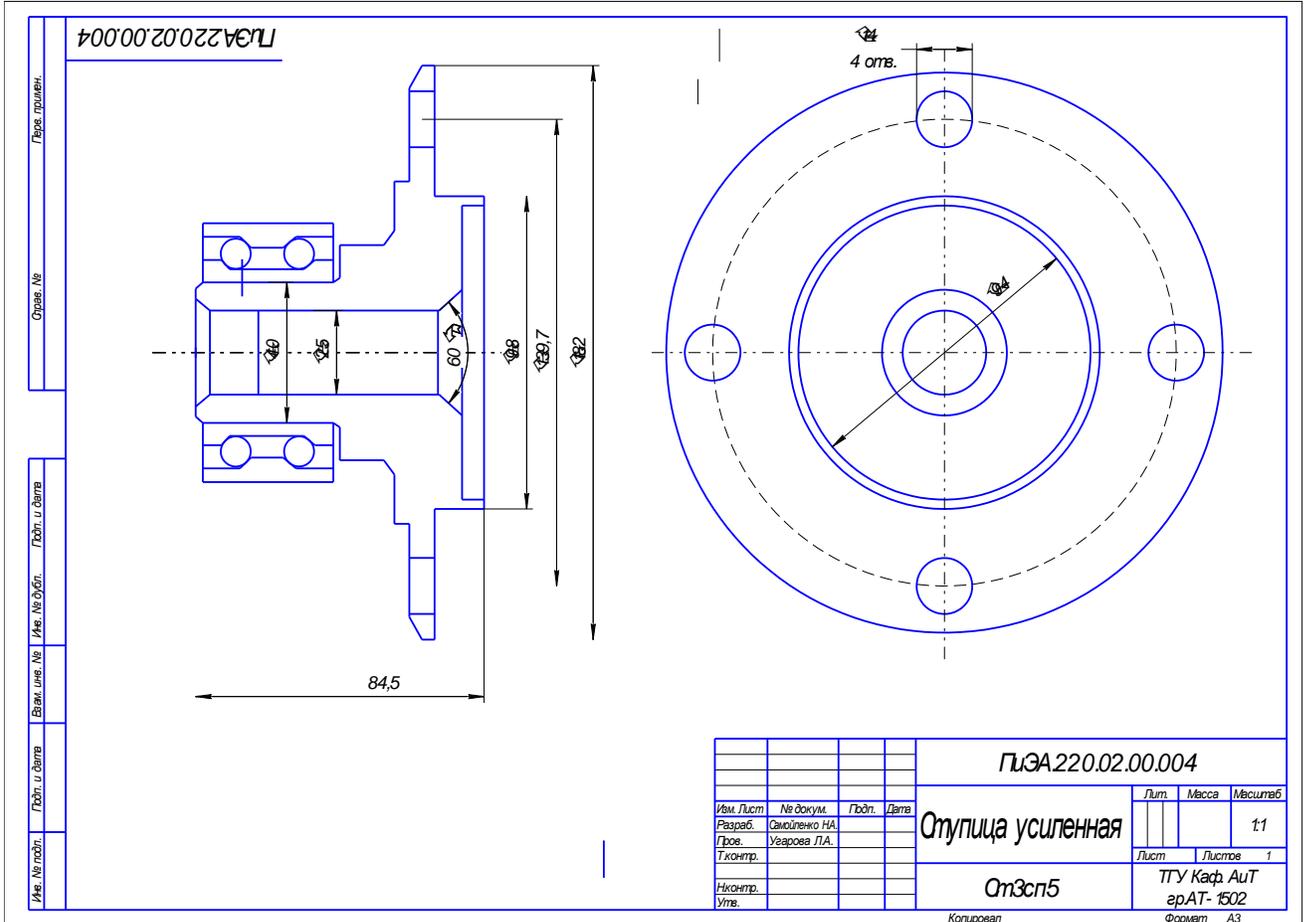


Рисунок 40 – Усиленная ступица ВА3-2121



# Приложение И

## Графики тягово-динамического расчета

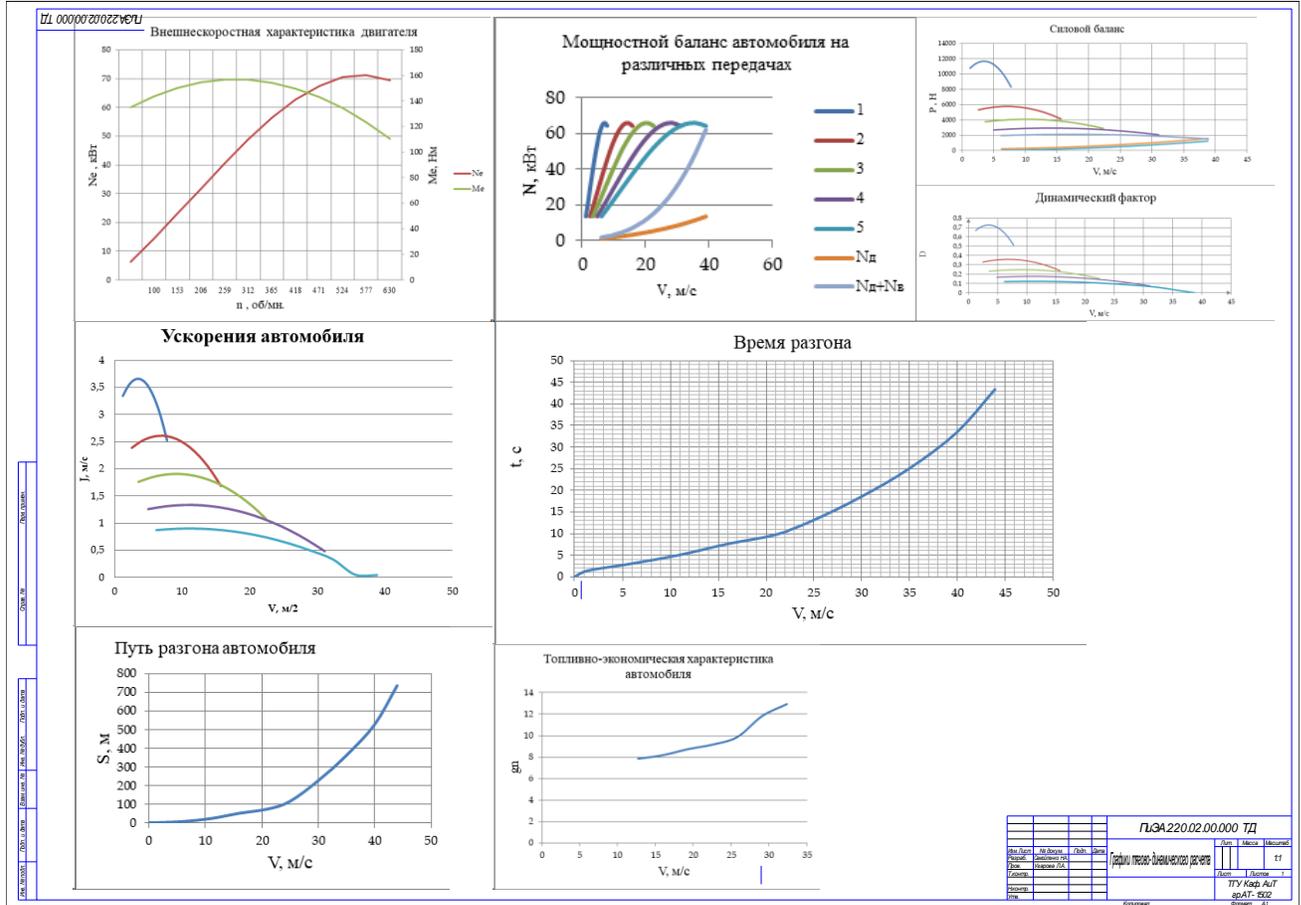


Рисунок 42 - Графики тягово-динамического расчета

## Приложение К

### Показатели экономической эффективности

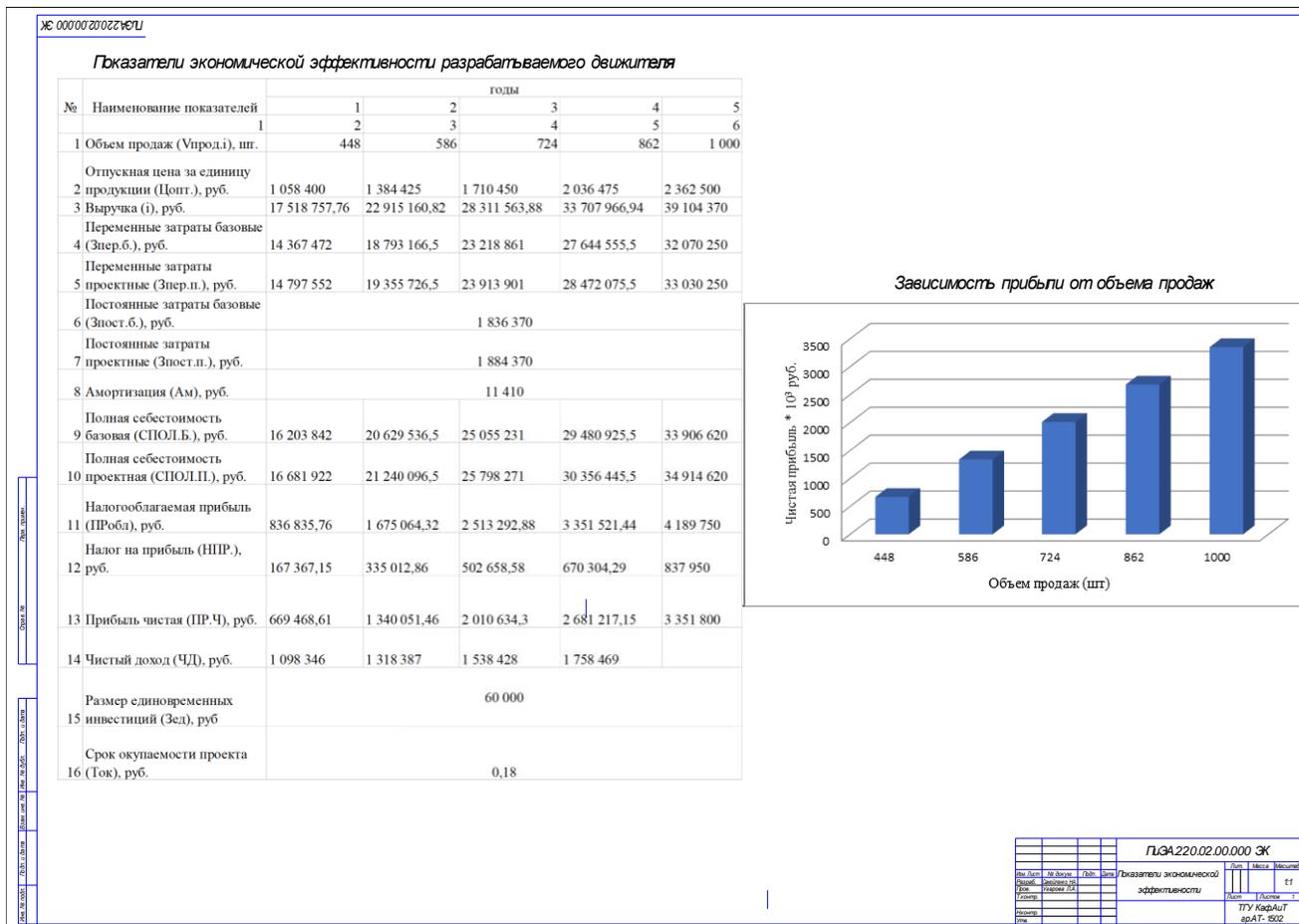


Рисунок 43 – Показатели экономической эффективности