

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 гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-3151
«Хантер»

Студент

С.С. Толмачёв

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

ст. преподаватель О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер». Актуальность темы обусловлена ростом числа транспортных средств, которые предназначены для работы в тяжелых дорожных условиях. В связи с этим, необходимо разработать специфический вид гусеничного движителя для транспортного средства повышенной проходимости, предназначенный для дооснащения серийных автомобилей.

Структура дипломной работы представляет собой пять глав, оглавление, введение, заключение, список литературы, включающий иностранные источники и приложения. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Ключевым значением проекта является разработка конструкции гусеничного движителя для автомобиля повышенной проходимости. Целью работы является разработка конструкции гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер» с возможностью быстрого монтажа. Это позволит существенно расширить эксплуатационные возможности данного автомобиля.

Дипломная работа логически может быть разбита на следующие связанные между собой главы.

В первой главе дипломного проекта был произведен анализ истории появления гусеничных движителей и их применение на легковых автомобилях. Выявлены и проанализированы образцы, применяемые на иностранной технике.

Во второй главе дипломного проекта был выполнен тяговый расчет транспортного средства, которое взято в качестве базового. Выполненный тяговый расчет подтверждает возможность использования его в дорожных условиях с предлагаемыми доработками. Выполнен расчет отдельных узлов

и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции гусеничных движителей.

В третьей главе дипломного проекта был произведен анализ гусеничных движителей и выполнен расчет элементов конструкции. В соответствии с конструкцией устройства была разработана карта монтажа гусеничного движителя на автомобиль.

В четвертой главе были произведены расчетные работы по безопасности жизнедеятельности. Выявлены опасные и вредные производственные факторы и предложены пути их нейтрализации.

В пятой главе дипломного проекта выполнен расчет себестоимости проведения работ по изготовлению и сборке гусеничных движителей для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер».

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на девяти листах графической части.

Abstract

The theme of the final qualification work: "Development of a caterpillar mover for the UAZ-3151 "Hunter" car. The relevance of the topic is due to the increase in the number of vehicles that are designed to work in difficult road conditions. In this regard, it is necessary to develop a specific type of caterpillar mover for a cross-country vehicle, designed to retrofit serial vehicles.

The structure of the thesis consists of five chapters, a table of contents, an introduction, a conclusion, a list of references, including foreign sources and applications. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

In the first chapter of the graduation project, an analysis is made of the history of the appearance of caterpillar propellers and their use in passenger cars. Samples used on foreign equipment have been identified and analyzed.

In the second chapter of the graduation project, a traction calculation of the vehicle is performed, which is taken as the base one. The performed traction calculation confirms the possibility of using it in road conditions with the proposed modifications.

In the third chapter of the graduation project, the analysis of caterpillar propellers was made and the calculation of structural elements was performed. In accordance with the design of the device, a map was developed for mounting the caterpillar mover on the car.

In the fourth chapter, calculated work on life safety is carried out. Dangerous and harmful production factors are revealed and ways of their neutralization are offered.

In the fifth chapter of the graduation project, the cost of manufacturing and assembling caterpillar propellers for the UAZ-3151 "Hunter" vehicle is calculated.

The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on nine sheets of the graphic part.

Содержание

Введение	7
1 Техническое обоснование объекта проектирования	11
1.1 Методы повышения проходимости транспортных средств	11
1.2 Тяговые и опорно-сцепные параметры проходимости	16
1.3 Способы повышения тяговых и опорно-сцепных параметров проходимости	23
1.4 Общие сведения о машинах с гусеничными движителями	26
2 Тяговый расчет проектируемого транспортного средства	28
2.1 Исходные данные	28
2.2 Определение параметров автомобиля	28
2.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя	30
2.4 Определение передаточного числа главной передачи	33
2.5 Определение передаточных чисел коробки передач	33
2.6 Тяговый баланс автомобиля	34
2.7 Время и путь разгона автомобиля	54
2.8 Мощностной баланс автомобиля	57
2.9 Топливо-экономическая характеристика транспортного средства ...	58
3 Разработка конструкции ходовой системы повышенной проходимости для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер»	61
3.1 Современные методы повышения проходимости колёсных автомобилей	61
3.2 Обзор конструкций гусеничных движителей	67
3.3 Разработка структурной схемы гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-2151 «Хантер»	73
3.4 Конструкторские расчёты разрабатываемого гусеничного движителя	75
4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования	80
4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса	

сборочных работ)	80
4.2 Идентификация профессиональных рисков	80
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	85
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	88
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	90
5 Экономический раздел дипломного проекта	92
5.1 Анализ объекта дипломного проектирования	92
5.2 Исходные данные для расчета	92
5.3 Расчет затрат на материалы	93
5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты	94
5.5 Расчет затрат на заработную плату	95
Заключение	98
Список используемых источников	100
Приложение А Графики тягового расчета	103

Введение

Целью выпускной квалификационной работы является максимально полное раскрытие студентом практических знаний, полученных в процессе обучения и возможности применения полученных знаний для решения практических задач. Актуальность темы дипломного проекта определяется спектром задач, стоящих перед экономикой и промышленностью. В настоящее время на рынке транспортных средств остро стоит вопрос о применении транспортных средств повышенной проходимости и разработке устройств, способных значительно повысить проходимость транспортного средства без значительной доработки трансмиссии и подвески автомобиля.

Тема дипломного проекта «Разработка гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер»». В рамках выпускной квалификационной работы проведена разработка конструкции гусеничного движителя, применяемого на автомобиле УАЗ. Данное устройство отвечает вопросу актуальности выполнения дипломного проекта и способно повысить проходимость транспортного средства, не подвергая его трансмиссию и ходовую часть значительным доработкам.

Для описания предполагаемых работ, рассмотрим объект дипломного проектирования с точки зрения декомпозиции на составные части.

«Автомобиль состоит из трех основных частей: двигателя, шасси и кузова.

Шасси составляет основу автомобиля и состоит из трансмиссии, ходовой части и механизмов управления.» [1]

«Ходовая система (часть) автомобиля – это комплекс узлов, предназначенный для перемещения автомобиля по дороге. Механизмы ходовой части позволяют водителю и пассажирам двигаться с определенной степенью комфорта и безопасности.

Ходовая часть автомобиля состоит из основных узлов: рама (для современных легковых автомобилей – несущий кузов), балки мостов,

подвески колес (передняя и задняя), колёса и шины. Каждый из этих элементов выполняя определенные функции, в итоге, позволяет людям в автомобиле в малой степени испытывать разнообразные механические колебания, передвигаться в авто в комфортных условиях, а средства активной и пассивной безопасности обеспечивают относительную сохранность здоровья и жизни людей в аварийных ситуациях.» [2].

«Для такой страны, как наша, с продолжительными снежными зимами на значительной части ее территории, с обширными пространствами, еще не имеющими даже грунтовых дорог, наконец, с пустынными и степными массивами в южных районах транспорт повышенной проходимости играет огромную роль. Автомобили для эксплуатации на грунтовых дорогах или шоссе создавать значительно проще, чем внедорожные. Трудность в том, что болотистая почва, снег, песок по своим физическим свойствам, в частности способности воспринимать вертикальную нагрузку и сопротивляться приложенному к грунту тяговому усилию, очень разнообразны. Скорее всего нет возможности создать универсальную для всех грунтов машину, которая двигалась бы посредством сцепления движителя с почвой.» [21]

Основным конструктивным фактором, отвечающим за проходимость транспортного средства, является конструкция его ходовой части.

«Проходимость автомобиля является эксплуатационным свойством, имеющим важное значение для любых автомобилей, особенно работающих в условиях бездорожья. Проходимость в таких условиях эксплуатации определяет среднюю скорость движения и оказывает существенное влияние на производительность автомобиля.

Проходимость автомобиля оценивается габаритными, тяговыми и опорно-сцепными параметрами, а также комплексным фактором проходимости.

Одним из основных способов повышения проходимых качеств автомобилей в условиях отсутствия дорог является применение

полугусеничного и гусеничного ходов (полугусеничных и гусеничных движителей).» [3]

«Гусеница – замкнутая сплошная лента или цепь из шарнирно-соединённых звеньев, применяемая в гусеничном ходу. На внутренней поверхности гусеницы имеются впадины или выступы, с которыми взаимодействуют ведущие колёса машины. Внешняя поверхность гусеницы снабжена выступами (шпорами), которые обеспечивают сцепление с грунтом. Гусеницы могут быть металлическими, резино-металлическими и резиновыми. Наибольшее распространение получили металлические гусеницы с разборными или неразборными звеньями. Для повышения износостойкости и срока службы гусеницы их звенья, а также соединительные элементы (пальцы, втулки) изготавливают из специальной высокомарганцовистой стали и подвергают термической обработке.» [1]

Гусеница обеспечивает движение транспортного средства в условиях бездорожья в первую очередь за счет своей гибкости и эластичности. Важным свойством гусеницы, как движителя, является способность выдерживать значительные нагрузки как в продольном, так и в поперечном направлении, при этом обладая свойством самоочистки от грязи и снега. Также гусеница обеспечивает сцепление с дорожным покрытием большее, чем колесные движители. В первую очередь это достигается за счет многократно большего пятна контакта. Также транспортные средства на гусеничном ходу имеют лучшее соотношение мощности и расхода топлива за счет малых механических потерь на перематывание гусеницы. Благодаря большому пятну контакта на нестабильных грунтах транспортное средство не проваливается, поскольку в этом случае удельное давление движителя на грунт ниже, чем в случае с колесным движителем.

Таким образом, цель дипломного проекта может быть сформулирована следующим образом. Целью дипломного проекта будет повышение проходимости автомобиля УАЗ-3151 «Хантер» путем разработки

гусеничного движителя и технологии для быстрой замены колесного движителя на гусеничный.

Достижение поставленной цели требует решения ряда взаимосвязанных задач в рамках выпускной квалификационной работы:

- выполнить анализ факторов, влияющих на проходимость транспортных средств и оценить влияние каждого из них;
- произвести анализ факторов, оказывающих влияние на проходимость транспортных средств вне дорог общего пользования;
- выявить возможные способы увеличения проходимости транспортных средств;
- произвести анализ различных типов движителей для транспортных средств повышенной проходимости, включая гусеничные;
- произвести тяговый расчет автомобиля, взятого в качестве базового;
- разработать конструкцию быстромонтируемых гусеничных движителей для автомобиля повышенной проходимости;
- выполнить расчет прочностных и силовых характеристик узлов и деталей разработанной конструкции;
- произвести разработку технологического процесса сборки гусеничного движителя;
- в рамках технологического процесса произвести разработку технологическую карту;
- произвести разработку безопасности производства работ и произвести анализ опасных и вредных производственных факторов;
- выполнить расчет себестоимости изготовления гусеничного движителя;

Выполнение поставленных задач будет являться основанием для того, чтобы считать выпускную квалификационную работу завершённой.

1 Техническое обоснование объекта проектирования

1.1 Методы повышения проходимости транспортных средств

В дипломном проекте рассматриваются

«Рассмотрим геометрические показатели, характеризующие проходимость автомобиля в вертикальной плоскости.

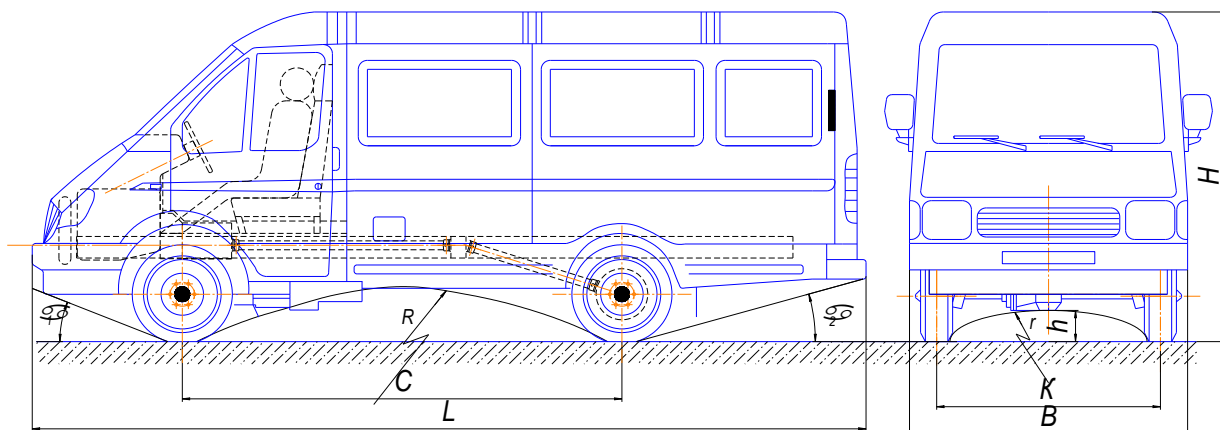
Просвет – это расстояние h между нижней точкой автомобиля и плоскостью дороги (рисунок 1), которое характеризует возможность движения автомобиля без задевания сосредоточенных препятствий (камней, пней и т.п.).

Значение дорожного просвета зависит от типа автомобиля, типа главной передачи и условий эксплуатации. Так, например, для грузовых автомобилей ограниченной проходимости (колесная формула 4x2) дорожный просвет составляет 245...290 мм, а для автомобилей повышенной и высокой проходимости (4x4, 6x4, 6x6) - 315...400 мм.» [4]

«Увеличение дорожного просвета может быть достигнуто увеличением диаметра колес автомобиля, а также уменьшением размеров главной передачи. Однако увеличение диаметра колес приводит к повышению центра тяжести автомобиля, в результате может ухудшиться его устойчивость. Тип главной передачи существенно влияет на дорожный просвет. Среди одинарных главных передач наименьшие размеры имеет червячная лавная передача. Причем при верхнем расположении червяка значительно увеличивается дорожный просвет под ведущим мостом автомобиля.» [7]

Геометрическая проходимость является наиболее популярным и наиболее простым с конструкторской точки зрения методом повышения проходимости транспортного средства. Достигается прежде всего за счет увеличения дорожного просвета. Однако, применение этого метода

ограничено требованиями безопасности, поскольку центр тяжести также смещается вверх, что снижает устойчивость автомобиля.



α_1 - угол въезда; α_2 - угол съезда; R - продольный радиус проходимости; C - база автомобиля; h - дорожный просвет; K - колея; r - радиус поперечной проходимости
Рисунок 1 – Основные геометрические параметры, влияющие на профильную проходимость автомобиля

«Коническая и гипоидная главные передачи имеют небольшие габаритные размеры. Однако при одинаковом передаточном их числе гипоидная передача может быть выполнена с меньшим числом зубьев и, следовательно, меньших размеров. При этом при верхнем гипоидном смещении значительно увеличивается дорожный просвет автомобиля.

Из всех одинарных главных передач наименьший дорожный просвет обеспечивает цилиндрическая главная передача, которая размещается в общем картере с коробкой передач и сцеплением.

Среди двойных главных передач наибольший дорожный просвет автомобилю обеспечивает разнесенная главная передача с одинарными планетарными колесными редукторами, в которой конические шестерни находятся в центре ведущего моста, а цилиндрические шестерни - в колесных редукторах.» [10]

«Передний α_1 и задний α_2 углы проходимости, а также передний l_n и задний l_3 , свесы характеризуют проходимость автомобиля по неровным дорогам при въезде на препятствие или при съезде с него, например, в случаях наезда на бугор, переезда через канавы и т.п. Для определения углов α_1 и α_2 проводят касательные к внешним окружностям шин передних и задних колес и к наиболее удаленным точкам передней и задней частей автомобиля.

Продольный R и поперечный r радиусы проходимости определяют очертания препятствия, которое, не задевая, может преодолеть автомобиль. Радиусы проходимости равны радиусам окружностей, проведенных касательно к внешним окружностям шин и наиболее низкой точке автомобиля, в пределах базы B или колеи K . Чем меньше продольный и поперечный радиусы проходимости, тем лучше проходимость автомобиля. Уменьшая, например, базу автомобиля, можно уменьшить радиус R .» [3]

В таблице 1 приведены радиусы R продольной проходимости для некоторых типов транспортных средств.

Таблица 1 – Радиусы R продольной проходимости для некоторых типов автомобилей

Тип привода	Марки автомобилей	Значение, м
2 x 1	Легковые	3,2...8,3
2 x 1	Грузовые	2,7...5,5
2 x 2, 3 x 2, 3 x 3	Грузовые	1,9...3,6

Расстояние от низших точек автомобиля до поверхности дороги у большинства легковых автомобилей составляет 180-250 мм, а у грузовых – 250-325 мм (таблица 2).

Для увеличения дорожного просвета в целях повышения проходимости, возникает возможность применять разнесенную главную передачу, которая позволяет разделить крутящий момент, и тем самым,

разгрузить дифференциал и полуоси от повышенного момента, увеличивая проходимость.

«Различна способность автомобилей преодолевать глубокие канавы с крутыми стенками. Так, при ширине канавы более $0,8 \dots 0,9$ диаметра колеса, двух- и трехосные автомобили не смогут ее преодолеть.» [12]

Таблица 2 – Средние величины основных геометрических показателей проходимости автомобилей

Дорожный просвет (в мм)	Марки автомобилей	Радиус продольной проходимости в метрах	Угол в градусах	
			передний	задний
150-220	Легковые	3-8	20-30	15-20
250-350	Грузовые	2,5-6	40-60	25-45
220-300	Автобусы	4-9	10-40	6-20

«Четырехосные же автомобили преодолевают такие препятствия и даже большие без затруднений (рисунок 2). Профильная проходимость и величина дорожного просвета в значительной степени определяются диаметром колеса. Чем больше диаметр колеса, тем большие неровности – канавы, бугры, уступы может преодолеть автомобиль.» [4]

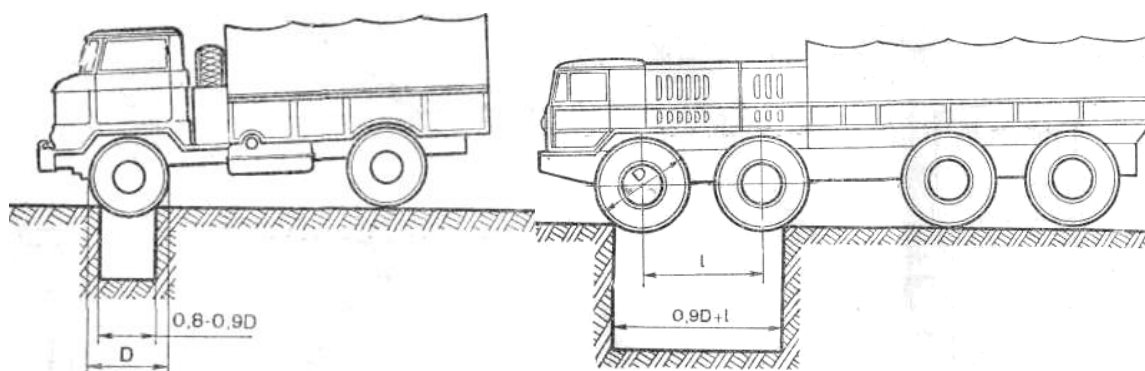


Рисунок 2 – Способность автомобиля к преодолению препятствий в зависимости от компоновочной схемы шасси

«К оценке проходимости относятся и такие измерителя, как вес автомобиля и его распределение по осям, высота центра тяжести, габариты, высота расположения механизмов, ограничивающих глубину преодолеваемого брода, возможность преодоления препятствий: вертикальных стенок, рвов и т.п.» [5]

«Приведенными выше измерителями свойство проходимости автомобиля не исчерпывается полностью, но уже в достаточной мере определяет его.

Свойство автомобиля поворачиваться на минимальной площади называют маневренностью. Это свойство характеризует проходимость автомобиля в горизонтальной плоскости.

Показатели маневренности автомобиля следующие (рисунок 3): минимальный радиус поворота наружного переднего колеса R_n , ширина полосы движения A , которую занимает автомобиль при повороте и максимальный выход отдельных частей автомобиля за пределы траекторий движения наружного переднего и внутреннего заднего колес (расстояния a и b).» [20]

Максимальную ширину полосы движения (в метрах) определяют по формуле:

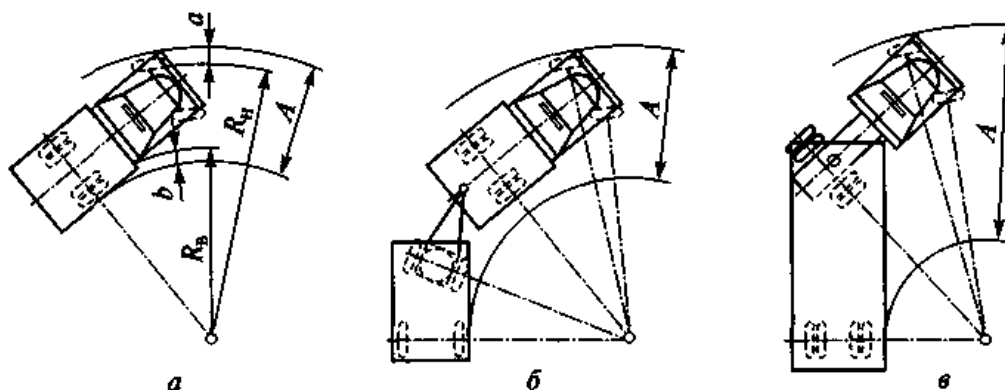
$$A \ll R_H - R_B + a + b, \quad (1)$$

где R_B - минимальный радиус поворота внутреннего заднего колеса, м.

«Наименьший радиус поворота приблизительно составляет удвоенную длину базы автомобиля: $R_{\text{MIN}} \approx 2L$ и обычно выражается в метрах.

Наиболее маневренны одиночные автомобили со всеми управляемыми колесами. При буксировке прицепов маневренность автомобиля несколько ухудшается, так как при поворотах автопоезда прицеп и полуприцеп смещаются к центру поворота (рисунки 3.3, б и в), и ширина полосы движения увеличивается. Ширина полосы движения автопоезда

растет с увеличением числа буксируемых прицепов, базы прицепа и длины дышла.» [22]



а - одиночного автомобиля; б - тягача с прицепом; в - тягача с полуприцепом

Рисунок 3 – Показатели маневренности

У всех автомобилей предельный угол поворота направляющих колес равен приблизительно 30° .

1.2 Тяговые и опорно-сцепные параметры проходимости

«Тяговыми показателями проходимости автомобиля являются максимальная сила тяги и динамический фактор, а опорно-сцепными – сцепной вес, давление колес на дорогу и коэффициент сцепления.

Для увеличения силы тяги и динамического фактора в трансмиссию автомобиля высокой проходимости вводят дополнительную коробку передач (демультипликатор). Увеличить динамический фактор можно также снижением массы автомобиля, однако это связано с уменьшением массы перевозимого груза.

Сцепной вес автомобиля можно повысить, увеличивая число ведущих колес или смещая центр тяжести в сторону ведущего моста.

Максимальный динамический фактор D для указанных автомобилей находится в пределах $0,25...0,35$. Для грузовых автомобилей со всеми ведущими колесами отношение $G_{в.к}/G_a = 1$, а $D_{max} = 0,6...0,8$.» [19]

«Основным показателем проходимости автомобиля по дорогам с мягким покрытием (по неплотному грунту, снегу, песку и т. п.) является давление колес на дорогу, которое определяют по формуле:

$$P_{уд} = G_K / F_K, \quad (2)$$

где G_K - вес автомобиля, воспринимаемый колесом, Н;

F_K - площадь контакта шины с дорогой, м²» [10]

«При движении автомобиля по мягкому влажному грунту возможно буксование ведущих колес вследствие скольжения или срезания грунта. Понижение давления колес на дорогу в этом случае может снизить проходимость автомобиля, так как чем меньше давление, тем хуже ведущее колесо выдавливает влагу в контакте шины с опорной поверхностью и раньше начинает буксовать. Поэтому для повышения проходимости автомобиля по мягким влажным грунтам необходимо увеличивать давление ведущих колес на дорогу. Вместе с тем для предотвращения их буксования из-за срезания грунта желательно уменьшить давление в шинах. Максимальную силу тяги в этом случае определяют по формуле:» [11]

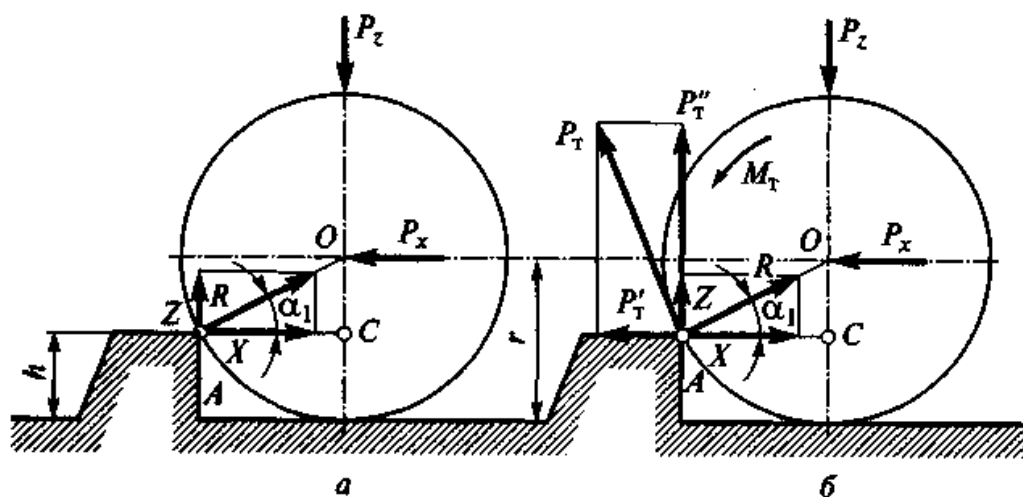
$$P_{Т.МАХ} = \sigma \cdot F_K, \quad (3)$$

где σ - напряжение среза в грунте, Па.

«Когда напряжения среза больше напряжения, которое может выдержать грунт, происходит срезание грунта и колесо пробуксовывает, образуя глубокую колею.

Противоречивые требования к величине давления при движении автомобиля по мягким влажным грунтам могут быть частично удовлетворены, если использовать шины, имеющие протектор с большими выступами (грунтозацепами). До погружения грунтозацепов в грунт из-за малой площади контакта шины с опорной поверхностью давление колеса

большое, в результате чего влага хорошо выдавливается из области контакта. По мере погружения колеса в грунт увеличивается площадь срезаемого фунта, что снижает напряжение среза.» [1]



а - ведомое колесо; б - ведущее колесо

Рисунок 4 – Схемы сил, действующих на передние колеса при преодолении ими вертикального препятствия

«Ведомые колеса значительно хуже преодолевают вертикальные препятствия, чем ведущие. На рисунке 4, а показана схема сил, действующих на ведомое переднее колесо автомобиля при преодолении им вертикального препятствия высотой h » [3].

«На колесо действуют следующие силы: толкающая сила P_x , воспринимаемая передним колесом от рамы автомобиля, и реакции R препятствия.

Из условий равновесия колеса имеем $Z = P_z$; $X = P_x$. Силы, действующие на колесо, связаны между собой равенствами» [1]

$$Z = X \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = P_x \cdot \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (4)$$

$$P_x = P_z \cdot \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (5)$$

Определим значение $\operatorname{tg} \alpha_1$ и P_x из треугольника АОС:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{OC}{AC} = \frac{r-h}{\sqrt{2rh-h^2}}, \quad (6)$$

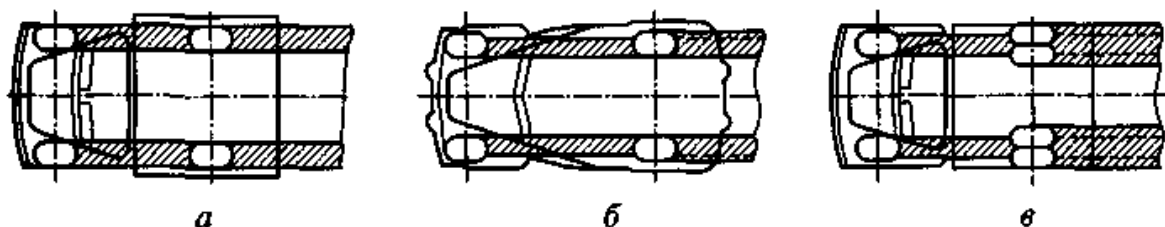
следовательно:

$$P_x = \frac{P_z}{\operatorname{tg} \alpha_1} = P_z \frac{\sqrt{2rh-h^2}}{r-h}. \quad (7)$$

«Из полученной формулы видно, что при $h = r$ сила P_x становится бесконечно большой, т. е. при наезде ведомых передних колес на препятствие высотой $h = r$ автомобиль не сможет его преодолеть даже при весьма большой силе тяги на ведущих колесах.

На ведущее переднее колесо, кроме сил P_x и P_z , действует также тяговый момент M_T , вследствие чего появляется сила тяги P_T (рисунок 4, б)».

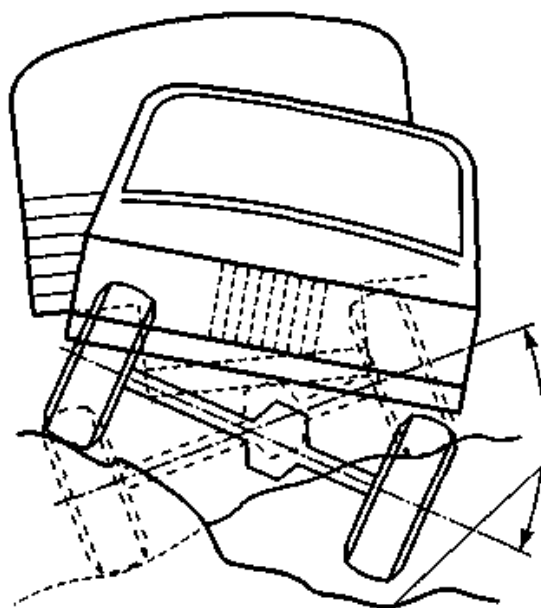
[3]



а - колеи совпадают; б - колеи не совпадают; в - сдвоенные задние колеса образуют более широкие колеи

Рисунок 5 – Различные взаимные положения колеи передних и задних колес

«Движение автомобилей типов 3 х 2 и 3 х 3 по пересеченной местности без отрыва колес от грунта может быть ограничено максимально допустимым перекосом их осей (рисунок 6), который зависит от типа подвески. При независимой и балансирной подвесках допустимый перекоос больше. Это способствует повышению проходимости.» [10]



Угол перекоса осей

Рисунок 6 – Положение осей при движении по пересеченной местности

«Рассмотрим влияние дифференциала на проходимость автомобиля. При пробуксовке одного из ведущих колес, например левого, дифференциал распределяет крутящий момент между колесами следующим образом:

$$M_{II} = 0,5(M_{д} - M'_{ТР}); M_{I} = 0,5(M_{д} + M'_{ТР}). \quad (8)$$

где $M_{д}$ – крутящий момент на ведомой шестерне главной передачи;
 $M'_{ТР}$ – момент рения в дифференциале возникающий из-за относительного движения его деталей.» [10]

«Часто на скользких дорогах с обледенелым дорожным покрытием, а также на дорогах с глинистым грунтом, черноземом происходит буксование ведущих колес. Колеса буксуют в том случае, когда тяговое усилие, необходимое для движения автомобиля в данных дорожных условиях, превосходит максимально возможное значение реакции между ведущими колесами и дорогой.

Условия движения без буксования определяются следующим выражением» [3]:

$$G_B \cdot \varphi > P, \quad (9)$$

«где G_B – вес автомобиля, приходящийся на ведущие колеса;

φ – коэффициент сцепления шин с дорогой;

P – тяговое усилие, необходимое для движения автомобиля в данных условиях.» [10]

«В большинстве случаев движение автомобиля по слабым грунтам происходит с частичной пробуксовкой ведущих колес, т.е. колесо, проскальзывая по грунту, сдвигает его верхний слой в зоне контакта с частичным или полным разрушением.

Для сравнения проходимости автомобилей в части их предрасположения к буксованию ведущих колес используется следующая зависимость:» [2]

$$D_{СЦ} = P_{СЦ} - P_B/G, \quad (10)$$

где $D_{СЦ}$ – сцепной фактор автомобиля;

$P_{СЦ}$ – сила сцепления с дорогой;

P_B – сила приходящийся на ведущие колеса;

G – полный вес автомобиля.

«Следует отметить, когда значение $D_{СЦ}$ больше, то автомобиль меньше предрасположен к буксованию колес и застреваниям и хорошо преодолевает подъемы на скользкой дороге.» [10]

«Большая часть слабых грунтов лежит на твердом основании (размокший верхний слой, пашня, снежный покров, неглубокие заболоченные участки). Поэтому погружение колес, работающих с пробуксовкой в неуплотняемом грунте, по величине близко к толщине его слабого слоя. Если грунт, лежащий на твердом основании, поддается уплотнению, глубина колеи может быть существенно меньше толщины слоя

слабого грунта. Величина сопротивления движению зависит не только от глубины погружения колес и других элементов ходовой части автомобиля в грунт, а также от его плотности, липкости, пластичности или рассыпчатости. Глубина погружения колес в грунт зависит, в первую очередь, от соотношения несущей способности грунта (способности грунта воспринимать вертикальную нагрузку) и удельной вертикальной нагрузки под колесами (удельного давления)» [3].

«С точки зрения проходимости автомобиля трение в дифференциале является полезным, так как оно позволяет передавать больший крутящий момент на небуксующее колесо и меньший - на буксующее, а это способствует прекращению буксования. Дифференциал с малым внутренним трением распределяет крутящий момент по полуосям поровну, причем реализация крутящего момента ограничивается буксованием того ведущего колеса, которое находится на грунте с меньшим коэффициентом сцепления. Поэтому при установке дифференциала резко ухудшается проходимость автомобиля, так как величина силы тяги на ведущих колесах определяется колесом, которое имеет меньшее сцепление с дорогой. Вследствие этого сила тяги может оказаться недостаточной для преодоления автомобилем сопротивления движению. Трение в типовом дифференциале невелико, вследствие чего суммарная сила тяги увеличивается всего лишь на 4...6%.

Преимуществом самоблокирующихся дифференциалов с муфтами свободного хода является возможность обеспечения максимальной силы тяги (выключение дифференциала) при любом соотношении коэффициентов сцепления между дорогой и правым и левым колесами автомобиля. Самоблокирующийся дифференциал улучшает проходимость автомобиля при движении по скользким грунтам, так как действует автоматически, и при качении одного из ведущих колес по дороге с малым коэффициентом сцепления позволяет преодолевать этот участок без потери автомобилем кинетической энергии.» [1]

1.3 Способы повышения тяговых и опорно-цепных параметров проходимости

Проходимость автомобиля – это показатель, являющий собой совокупность ряда факторов. Наиболее значимыми следует считать конструкционные и эксплуатационные факторы.

«Ведущее колесо преодолевает вертикальное препятствие лучше, чем ведомое. Это происходит потому, что ведущее колесо стремится преодолеть вертикальное препятствие, а ведомое колесо только упирается в него.

Исследованиями установлено, что для переднего ведомого колеса высота преодолеваемого вертикального препятствия $h_k = 2/3 r_k$. При высоте препятствия $h_{пр} = r_k$ переднее ведомое колесо не может преодолеть его даже при очень большой толкающей силе P_x .» [3].

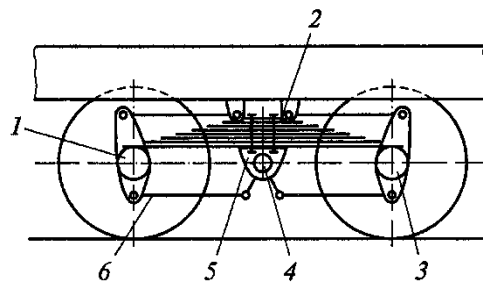
«Обычно колеи передних и задних колес не совпадают у автомобилей с передними односкатными и задними двухскатными колесами. Несовпадение колеи возможно и у автомобилей со всеми односкатными колесами. Для таких автомобилей разница в ширине колеи передних и задних колес не должна превышать 25...30% ширины шины, иначе проходимость существенно ухудшится» [1].

«При движении по пересеченной местности автомобилей с колесными формулами 6x4 и 6x6 исключение отрыва колес от грунта обеспечивает балансирная (рисунок 7) или независимая подвеска. При использовании таких подвесок колеса лучше приспособляются к неровностям поверхности, и проходимость автомобиля повышается.

Применение гидropередач и раздаточных коробок с понижающими передачами существенно повышает проходимость автомобиля особенно по мягким и влажным грунтам. Благодаря их применению достигается минимальная скорость движения (0,5...1,5 км/ч) и ее плавное изменение. Это обеспечивает непрерывное движение в тяжелых дорожных условиях, что

очень важно, так как автомобиль часто останавливается в момент переключения передач.» [3].

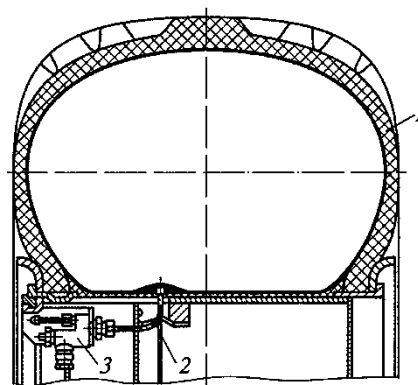
«Конический симметричный дифференциал уменьшает проходимость автомобиля, так как распределяет поровну между ведущими колесами крутящий момент, а тяговая сила на них определяется колесом с меньшим сцеплением. Это дифференциал малого трения. При использовании конического дифференциала суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает за счет трения на 4...6%» [3].



1, 3 - ведущие мосты; 2 - рессора; 4 - ось; 5 - ступица; 6 - штанга

Рисунок 7 - Схема балансирующей подвески колес автомобиля

«Червячный и кулачковый дифференциалы увеличивают проходимость автомобиля. Они являются дифференциалами повышенного трения. В случае их применения суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает на 10...15%» [3].

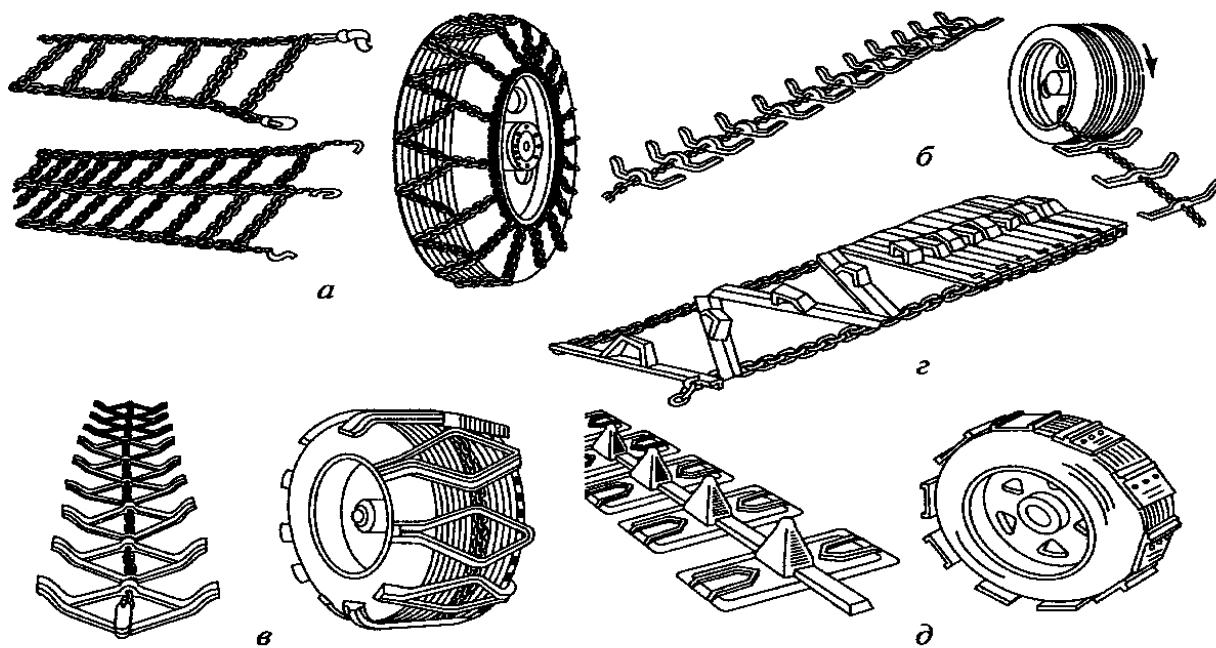


1 - широкопрофильная шина; 2 – вентиль камеры; 3- запорный кран колеса

Рисунок 8 - Колесо с регулированием давления воздуха в шине

«Блокируемые дифференциалы еще больше увеличивают проходимость автомобиля. При использовании таких дифференциалов суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает на 20...25%» [3].

«Благодаря регулированию давления воздуха в шинах (рисунок 8) существенно повышается проходимость автомобилей в тяжелых дорожных условиях и по бездорожью. В зависимости от дорожных условий давление воздуха в шинах может меняться в пределах 0,05...0,35 МПа. Поэтому проходимость автомобиля, оборудованного шинами с регулируемым (переменным) давлением воздуха, в отдельных случаях приближается к проходимости гусеничных машин.» [2].



а - мелкозвенчатые; *б* - с прямыми траками; *в* - с ромбовидными траками;
г - браслетная; *д* - с широкими траками

Рисунок 9 - Цепи противоскольжения

«Применение самовытаскивающих устройств (лебедки с приводом от коробки отбора мощности, лебедки самовытаскивания, монтируемые на ведущие колеса, и др.) позволяют значительно повысить проходимость автомобиля при преодолении особо тяжелых участков дороги.

Цепи противоскольжения следует использовать только для временного повышения проходимости автомобиля на тяжелых участках пути. При движении на твердых дорогах их необходимо снимать.» [10]

1.4 Общие сведения о машинах с гусеничными движителями

«Гусеничные движители развивались более медленными темпами. Но благодаря тому, что гусеницы имеют большую площадь контакта с грунтом и способны развивать высокую силу тяги, трактора с таким двигателем издавна стали применяться как база тяговых или погрузочных машин для работы на снегу, влажных почвах, в частности, с низкой несущей способностью. Традиционно гусеничные движители обычно используются на территории бывшего Советского Союза, в США, а затем – в Канаде, Новой Зеландии, Австралии и Великобритании. Это были лесохозяйственные тракторы или специальные машины на базе экскаваторов.

Гусеничный движитель – движитель самоходных машин, в котором тяговое усилие создаётся за счёт перематывания гусеничных лент состоящих из отдельных звеньев – траков. Гусеничный движитель обеспечивает повышенную проходимость. Большая площадь соприкосновения гусениц с почвой позволяет обеспечить низкое давление – $31...122 \text{ кН/м}^2$, то есть меньше давления ноги человека. Тем самым гусеничный движитель предохраняется от глубокого погружения в грунт.» [1]

Основная часть гусеничного движителя – это гусеничная лента. Гусеничная лента (гусеница) – замкнутая сплошная лента или цепь из шарнирно-соединённых звеньев (траков), применяемая в гусеничном движителе. На внутренней поверхности гусеницы имеются впадины или выступы, с которыми взаимодействуют ведущие колёса машины. Внешняя поверхность гусеницы снабжена выступами (грунтозацепами), которые обеспечивают сцепление с грунтом. Для увеличения сцепления гусеницы на грунтах с низкой несущей способностью используются съёмные шпоры.

Гусеницы могут быть металлическими, резино-металлическими и резиновыми. Наибольшее распространение получили металлические гусеницы с разборными или неразборными звеньями. Для повышения износостойкости и срока службы гусеницы их звенья, а также соединительные элементы (пальцы, втулки) изготавливают из специальной высокомарганцовистой стали и подвергают термической обработке, а также используют резинометаллические шарниры, шарниры с игольчатым подшипником и др.

В разделе произведен анализ различных факторов, влияющих на проходимость транспортного средства. Выявлены как геометрические параметры, так и факторы, связанные с особенностью конструкции ходовой части транспортного средства. В частности, определено, что на проходимость транспортного средства значительное влияние оказывает геометрическая проходимость. Однако, при движении по нестабильным грунтам возможно проваливание транспортного средства, в результате чего, величина клиренса нивелируется глубиной проваливания. В случае полного проваливания и опирания транспортного средства днищем на грунт, транспортное средство теряет проходимость полностью, поскольку теряется сцепление движителя с грунтом. Таким образом, можно сделать вывод, что одним из способов повышения проходимости будет являться снижение удельного давления на грунт, чтобы избежать проваливания и уменьшения клиренса. Средством, позволяющим значительно снизить удельное давление транспортного средства на грунт, будет являться гусеничный движитель. Разработка движителя такого типа будет производиться в рамках конструкторской части выпускной квалификационной работы.

2 Тяговый расчет проектируемого транспортного средства

2.1 Исходные данные

Основой тягового расчета транспортного средства будет являться перечень исходных данных, которые определяют ход дальнейшего расчета. В качестве исходных данных принимает параметры, соответствующие автомобилю УАЗ-3151 «Хантер»:

- «тип: легковой автомобиль повышенной проходимости;
- компоновка: полноприводный
- класс автомобиля: 3 (третий);
- число мест пассажиров n_n : 5;
- снаряженная масса m_0 , кг: 1250;
- максимальная скорость V_{\max} (км/ч ; м/с): 140; 38,9;
- коэффициент сопротивления качению f_k : 0,01;
- максимальный объем преодолеваемый на I передаче α_{\max} : 0,22;
- лобовая площадь A_a , м^2 : 2,24.» [14]

2.2 Определение параметров автомобиля

«Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + (m_n + m_{\sigma}) \cdot n_n, \quad (11)$$

где m_0 - снаряженная масса автомобиля;

m_n - масса одного пассажира, $m_n = 75$ кг;

m_{σ} - масса багажа, приходящегося на одного пассажира, $m_{\sigma} = 10$ кг;

n_n - число мест пассажиров, включая водителя, $n_n = 5$ чел.;

$m_a = 1250 + (75 + 10) \cdot 5 = 1675$ кг.» [7]

«Классическая компоновка предполагает распределение массы по осям автомобиля в пропорции 50 на 50 процентов. Следовательно, вес автомобиля, приходящийся на каждую ось, определяется по формуле:» [15]

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot g, \quad (12)$$

где F_1 - вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля, Н;

F_2 - вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля, Н;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot 1675 \cdot 9,81 = 8215,875 \text{ Н.}$$

Шины выбираем бескамерные радиальные, размерностью 195/80 R16. Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

$$r_{cm} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (13)$$

где d - посадочный диаметр шины:

λ_z - коэффициент вертикальной деформации шины, $\lambda_z = 0,85$;

H - высота профиля шины, $H = 0,8 \cdot 165 = 132 \text{ мм}$;

$$r_{cm} = 0,5 \cdot 330,2 + 0,85 \cdot 132 = 277,3 \text{ мм.}$$

На дорогах с твёрдым покрытием:

$$r_{cm} = r_o = r_k, \quad (14)$$

где r_o - динамический радиус колеса, м;

r_k - радиус качения колеса, м;

2.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

Мощность двигателя определяется при максимальной скорости автомобиля с учетом КПД трансмиссии по формуле:

$$N_V = \frac{N_K + N_g}{1000 \cdot \eta_T} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_V \cdot V_{\max} + K_g \cdot A_a \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_T}, \quad (15)$$

где m_a - полная масса автомобиля;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

ψ_V - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля:

$$\psi_V = f_V = f_K \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_{\max}^2), \quad (16)$$

$$\psi_V = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 38,9^2) = 0,017;$$

K_g - коэффициент сопротивления воздуха, $K_g = 0,35$;

η_T - КПД трансмиссии: $\eta_T = 0,98^0 \cdot 0,97^1 \cdot 0,98^3 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91$;

$$N_V = \frac{1675 \cdot 9,81 \cdot 0,017 \cdot 38,9 + 0,35 \cdot 2,24 \cdot 38,9^3}{1000 \cdot 0,91} = \frac{57015,6}{910} = 62,6 \text{ кВт}.$$

Максимальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_e^{\max} = \frac{N_V}{\frac{\omega_v}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^3}, \quad (17)$$

где ω_N - угловая скорость коленчатого вала при максимальном значении мощности:

$$\omega_N = \frac{\pi \cdot n_N}{30}, \quad (18)$$

где n_N - частота вращения коленчатого вала при максимальном значении мощности, об/мин., $n_N = 5200 \text{ мин}^{-1}$;

$$\omega_N = \frac{3,14 \cdot 5200}{30} = 544,26 \text{ с}^{-1};$$

ω_v - коленчатого вала двигателя, при которой достигается максимальная скорость автомобиля:

$$\omega_v = 1,1 \cdot \omega_N, \quad (19)$$

$$\omega_v = 1,1 \cdot 544,26 = 598,6 \text{ с}^{-1};$$

$$N_e^{\max} = \frac{62,6}{\frac{598,6}{544,26} + \left(\frac{598,6}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{598,6}{544,26}\right)^3} = 64,4 \text{ кВт}.$$

«По полученным значениям N_e^{\max} , N_v и формуле (20) рассчитывают внешнюю скоростную характеристику двигателя выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сводим в таблицу 3:» [14]

Таблица 3 – Внешняя скоростная характеристика автомобиля

n_e (об/мин)	800	1900	3000	4100	5200	5719
ω_e (с^{-1})	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
N_e (кВт)	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,4
M_e ($\text{Н} \cdot \text{м}$)	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57

$$N_e = N_e^{\max} \cdot \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3 \right], \quad (20)$$

где ω_e - текущие значения угловой скорости коленчатого вала рад/с;

N_e - текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт;

$$N_e^1 = 64,4 \cdot \left[\frac{83,73}{544,26} + \left(\frac{83,73}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{83,73}{544,26} \right)^3 \right] = 11,19 \text{ кВт};$$

$$N_e^2 = 64,4 \cdot \left[\frac{198,86}{544,26} + \left(\frac{198,86}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{198,86}{544,26} \right)^3 \right] = 28,98 \text{ кВт};$$

$$N_e^3 = 64,4 \cdot \left[\frac{314}{544,26} + \left(\frac{314}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{314}{544,26} \right)^3 \right] = 46,22 \text{ кВт};$$

$$N_e^4 = 64,4 \cdot \left[\frac{429,13}{544,26} + \left(\frac{429,13}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{429,13}{544,26} \right)^3 \right] = 59,24 \text{ кВт};$$

$$N_e^5 = 64,4 \cdot \left[\frac{544,26}{544,26} + \left(\frac{544,26}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{544,26}{544,26} \right)^3 \right] = 64,4 \text{ кВт};$$

$$N_e^6 = 64,4 \cdot \left[\frac{598,6}{544,26} + \left(\frac{598,6}{544,26} \right)^2 - \left(\frac{598,6}{544,26} \right)^3 \right] = 62,6 \text{ кВт}.$$

Для построения кривой эффективного момента M_e применяем формулу:

$$M_e = 1000 \cdot \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (21)$$

$$M_e^1 = 1000 \cdot \frac{11,19}{83,73} = 133,64 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^2 = 1000 \cdot \frac{28,98}{198,86} = 145,73 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^3 = 1000 \cdot \frac{46,22}{314} = 147,19 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^4 = 1000 \cdot \frac{59,24}{429,13} = 138,04 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^5 = 1000 \cdot \frac{64,4}{544,26} = 118,32 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_e^6 = 1000 \cdot \frac{62,6}{598,6} = 104,57 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.4 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из максимальной скорости автомобиля:

$$U_0 = \frac{\omega_{\max} \cdot r_K}{U_K^e \cdot V_{\max}}, \quad (22)$$

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

$$U_K^e = U_{K4} = 1,0;$$
$$U_0 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1 \cdot 38,9} = 4,26.$$

2.5 Определение передаточных чисел коробки передач

«Для обеспечения возможности движения автомобиля в этих условиях тяговая сила на ведущих колесах F_T должна быть больше силы сопротивления дороги F_D , т.е.:» [3]

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0 \cdot U_1}{r_K} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \Rightarrow U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_K}{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0}, \quad (23)$$

где U_0 - передаточное число главной передачи;

U_1 - передаточное число коробки передач при включенной первой передаче;

ψ_{\max} - коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_{\max} = \alpha_{\max} + f_K, \quad (24)$$
$$\psi_{\max} = 0,22 + 0,01 = 0,23;$$
$$U_1 \geq \frac{1675 \cdot 0,23 \cdot 0,277}{147,19 \cdot 0,91 \cdot 4,26} = 1,83;$$

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

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0 \cdot U_1}{r_K} \leq G_{\text{ци}} \cdot \varphi \Rightarrow U_1 \leq \frac{G_{\text{ци}} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0}, \quad (25)$$

где $G_{\text{ци}}$ - сцепной вес автомобиля;

φ - коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой;

$$U_1 \leq \frac{1675 \cdot 0,8 \cdot 0,277}{147,19 \cdot 0,91 \cdot 4,256} = 4,30;$$

Для пятиступенчатой коробки передач:

принимаем $U_{K1} = 4,0$;

$$\begin{aligned} U_{K2} &= \sqrt[3]{U_{K1}^2} = \sqrt[3]{4^2} = 2,51; \\ U_{K3} &= \sqrt[3]{U_{K1}} = \sqrt[3]{4} = 1,58; \end{aligned} \quad (26)$$

принимаем $U_{K4} = 1,0$;

принимаем $U_{K5} = 0,8$.

2.6 Тяговый баланс автомобиля

«Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на I передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 4.

Скорость автомобиля:

$$V = \frac{\omega_e \cdot r_K}{U_K \cdot U_{2n}}, \quad (27)$$

где ω_e - текущее значение угловой скорости коленчатого вала, рад/с;

r_K - радиус качения колеса, м;

U_{K1} - передаточное число коробки передач при включенной передаче;

U_{2n} - передаточное число главной передачи;» [3]

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 1,36 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 3,23 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 5,1 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 6,97 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 8,84 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 9,73 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta_j = 1,05 + 0,05 \cdot U_{\kappa}^2, \quad (28)$$

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 4^2 = 1,85.$$

Сила тяги:

$$F_{\kappa} = \frac{M_e \cdot U_{\kappa} \cdot U_{\text{zn}} \cdot \eta_T}{r_g}, \quad (29)$$

«где M_e - текущее значение эффективного крутящего момента, $H \cdot м$;

$U_{\kappa 1}$ - передаточное число коробки передача при включенной передаче;

U_{zn} - передаточное число главной передачи;

η_T - КПД трансмиссии;

r_{κ} - радиус качения колеса, м;» [3]

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 7481 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 8157 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 8239 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 7727 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 6623 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 5853 \text{ H}.$$

Сила сопротивления воздуха:

$$F_{\epsilon} = K_{\epsilon} \cdot A_a \cdot V^2, \quad (30)$$

где K_{ϵ} - коэффициент сопротивления воздуха, $K_{\epsilon} = 0,35$;

A_a - лобовая площадь;

V - текущая скорость автомобиля;

$$F_{\epsilon 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 1,36^2 = 1,45 \text{ H};$$

$$F_{\epsilon 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 3,23^2 = 8,17 \text{ H};$$

$$F_{\epsilon 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 5,1^2 = 20,39 \text{ H};$$

$$F_{\epsilon 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 6,97^2 = 38,08 \text{ H};$$

$$F_{\epsilon 5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 8,84^2 = 61,26 \text{ H};$$

$$F_{\epsilon 6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 9,73^2 = 74,22 \text{ H}.$$

Коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_v = f_{\kappa} \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V^2), \quad (31)$$

где f_{κ} - коэффициент сопротивления качению;

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,36^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,23^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5,1^2) = 0,0101;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 6,97^2) = 0,0102;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8,84^2) = 0,0103;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 9,73^2) = 0,0104.$$

Сила сцепления колес с дорогой:

$$F_{\psi v} = F_a \cdot \psi_v, \quad (32)$$

где F_a - сила тяжести, действующая на колеса автомобиля;

ψ_v - коэффициент сопротивления дороги;

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,0101 = 165,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,0102 = 167,6 \text{ H};$$

$$F_{\psi v5} = 16431,75 \cdot 0,0103 = 169,2 \text{ H};$$

$$F_{\psi v6} = 16431,75 \cdot 0,0104 = 170,8 \text{ H};$$

Динамический фактор:

$$D_1 = \frac{F_k - F_e}{F_a}, \quad (33)$$

где F_k - сила тяги;

F_e - сила сопротивления воздуха;

F_a - вес автомобиля;

$$D_1 = \frac{741 - 1,45}{16431,75} = 0,45;$$

$$D_2 = \frac{8157 - 8,17}{16431,75} = 0,49;$$

$$D_3 = \frac{8239 - 20,39}{16431,75} = 0,5;$$

$$D_4 = \frac{7727 - 38,08}{16431,75} = 0,46;$$

$$D_5 = \frac{6623 - 61,26}{16431,75} = 0,39;$$

$$D_6 = \frac{5853 - 74,22}{16431,75} = 0,35;$$

Ускорение автомобиля:

$$j_a = \frac{D - \psi_v}{\delta_j} \cdot g, \quad (34)$$

«где D - динамический фактор;

ψ_v - коэффициент сопротивления дороги;

δ_j - коэффициент учета вращающихся масс;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; » [3]

$$j_{a1} = \frac{0,45 - 0,01}{1,85} \cdot 9,81 = 2,33 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,49 - 0,01}{1,85} \cdot 9,81 = 2,55 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,5 - 0,0101}{1,85} \cdot 9,81 = 2,59 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,46 - 0,0102}{1,85} \cdot 9,81 = 2,38 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,39 - 0,0103}{1,85} \cdot 9,81 = 2,01 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,35 - 0,0104}{1,85} \cdot 9,81 = 1,8 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{2,33} = 0,42 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{2,55} = 0,39 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{2,59} = 0,38 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{2,38} = 0,42 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{2,01} = 0,49 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{1,8} = 0,55 \text{ c}^2/\text{м}.$$

Таблица 4 - Тяговый баланс автомобиля на I передаче

ω_e		83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne		11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me		133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
1-я передача, $U_{к1}=4,0$; $\delta j = 1,85$	V, м/с	1,36	3,23	5,1	6,97	8,84	9,73
	Fк, Н	7481	8157	8239	7727	6623	5853
	Fв, Н	1,45	8,17	20,39	38,08	61,26	74,22
	$F_{\psi_v} + F_{\epsilon}$	165,75	172,47	186,29	205,68	230,46	245,02
	D,	0,45	0,49	0,5	0,46	0,39	0,35
	ja	2,33	2,55	2,59	2,38	2,01	1,8
	1/ja	0,42	0,39	0,38	0,42	0,49	0,55
	ψ_v	0,01	0,01	0,0101	0,0102	0,0103	0,0104

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на II передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 5.

Скорость автомобиля находим по формуле (27):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 2,16 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 5,15 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 8,13 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 11,11 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 14,09 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 15,5 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (28):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 2,51^2 = 1,36.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (19):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 4694 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 5119 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 5170 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 4848 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 4156 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3673 \text{ Н}.$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (30):

$$F_{e1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 2,16^2 = 3,65 \text{ H};$$

$$F_{e2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 5,15^2 = 20,79 \text{ H};$$

$$F_{e3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 8,13^2 = 51,81 \text{ H};$$

$$F_{e4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 11,11^2 = 96,77 \text{ H};$$

$$F_{e5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 14,09^2 = 155,64 \text{ H};$$

$$F_{e6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 15,5^2 = 188,35 \text{ H}.$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (31):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 2,16^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5,15^2) = 0,0101;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8,13^2) = 0,0103;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 11,11^2) = 0,0106;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 14,09^2) = 0,0109;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 15,5^2) = 0,011.$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (32):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,0101 = 165,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,0103 = 169,2 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,0106 = 174,1 \text{ H};$$

$$F_{\psi v5} = 16431,75 \cdot 0,0109 = 179,1 \text{ H};$$

$$F_{\psi v6} = 16431,75 \cdot 0,011 = 180,7 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (33):

$$D_1 = \frac{4694 - 3,65}{16431,75} = 0,28;$$

$$D_2 = \frac{5119 - 20,79}{16431,75} = 0,31;$$

$$D_3 = \frac{5170 - 51,81}{16431,75} = 0,31;$$

$$D_4 = \frac{4848 - 96,77}{16431,75} = 0,28;$$

$$D_5 = \frac{4156 - 155,64}{16431,75} = 0,24;$$

$$D_6 = \frac{3673 - 188,35}{16431,75} = 0,21;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (34):

$$j_{a1} = \frac{0,28 - 0,01}{1,36} \cdot 9,81 = 1,94 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,31 - 0,0101}{1,36} \cdot 9,81 = 2,16 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,31 - 0,0103}{1,36} \cdot 9,81 = 2,16 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,28 - 0,0106}{1,36} \cdot 9,81 = 1,94 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,24 - 0,0109}{1,36} \cdot 9,81 = 1,65 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,21 - 0,011}{1,36} \cdot 9,81 = 1,43 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{1,94} = 0,51 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{2,16} = 0,46 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{2,16} = 0,46 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{1,94} = 0,51 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{1,65} = 0,6 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{1,43} = 0,69 \text{ c}^2/\text{м}.$$

Таблица 5 – Тяговый баланс автомобиля на II передаче

ω_e	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6	
Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6	
Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57	
1-я передача, УкII=2,58; $\delta j = 1,36$	V, м/с	2,16	5,15	8,13	11,11	14,09	15,5
	Fк, Н	4694	5119	5170	4848	4156	3673
	Fв, Н	3,65	20,79	51,81	96,77	155,64	188,35
	$F_{\psi_v} + F_e$	167,95	186,69	221,01	270,87	334,74	369,05
	D,	0,28	0,31	0,31	0,28	0,24	0,21
	ja	1,94	2,16	2,16	1,94	1,65	1,43
	1/ja	0,51	0,46	0,46	0,51	0,6	0,69
	ψ_v	0,01	0,0101	0,0103	0,0106	0,0109	0,011

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на III передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 6.

Скорость автомобиля находим по формуле (27):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 3,44 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 8,18 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 12,92 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 17,66 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 22,39 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 24,63 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (28):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 1,58^2 = 1,17.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (19):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2955 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3222 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3254 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3052 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2616 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2312 \text{ Н}.$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (30):

$$F_{\delta 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 3,44^2 = 9,27 \text{ Н};$$

$$F_{e2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 8,18^2 = 52,45 \text{ H};$$

$$F_{e3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 12,92^2 = 130,87 \text{ H};$$

$$F_{e4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 17,66^2 = 244,51 \text{ H};$$

$$F_{e5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 22,39^2 = 393,02 \text{ H};$$

$$F_{e6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 24,63^2 = 475,6 \text{ H}.$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (31):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,44^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8,18^2) = 0,0103;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 12,92^2) = 0,0108;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 17,66^2) = 0,011;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 22,39^2) = 0,012;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 24,63^2) = 0,013.$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (32):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,0103 = 169,2 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,0108 = 177,4 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,011 = 180,7 \text{ H};$$

$$F_{\psi v5} = 16431,75 \cdot 0,012 = 197,1 \text{ H};$$

$$F_{\psi v6} = 16431,75 \cdot 0,013 = 213,6 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (33):

$$D_1 = \frac{2955 - 3,65}{16431,75} 9,27 = 0,17;$$

$$D_2 = \frac{3222 - 52,45}{16431,75} = 0,19;$$

$$D_3 = \frac{3254 - 130,87}{16431,75} = 0,19;$$

$$D_4 = \frac{3052 - 244,51}{16431,75} = 0,17;$$

$$D_5 = \frac{2616 - 393,02}{16431,75} = 0,13;$$

$$D_6 = \frac{2312 - 475,6}{16431,75} = 0,11;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (34):

$$j_{a1} = \frac{0,17 - 0,01}{1,17} \cdot 9,81 = 1,49 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,19 - 0,0103}{1,17} \cdot 9,81 = 1,5 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,19 - 0,0108}{1,17} \cdot 9,81 = 1,5 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,17 - 0,011}{1,17} \cdot 9,81 = 1,33 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,13 - 0,012}{1,17} \cdot 9,81 = 0,98 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,11 - 0,013}{1,17} \cdot 9,81 = 0,81 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{1,49} = 0,67 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{1,33} = 0,75 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{0,98} = 1,02 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{0,81} = 1,23 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таблица 6 – Тяговый баланс автомобиля на III передаче

ω_e		83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne		11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me		133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
1-я передача, УкШ=1,58; $\delta j = 1,17$	V, м/с	3,44	8,18	12,92	17,66	22,39	24,63
	Fк, Н	2955	3222	3254	3052	2616	2312
	Fв, Н	9,27	52,45	130,87	244,51	393,02	475,6
	$F_{\psi_v} + F_e$	173,57	221,65	308,27	425,21	590,12	689,2
	D,	0,17	0,19	0,19	0,17	0,13	0,11
	ja	1,49	1,5	1,5	1,33	0,98	0,81
	1/ja	0,67	0,66	0,66	0,75	1,02	1,23
	ψ_v	0,01	0,0103	0,0108	0,011	0,012	0,013

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на IV передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 7.

Скорость автомобиля находим по формуле (27):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 5,44 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 12,93 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 20,41 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 27,9 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 35,38 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 38,92 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (28):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 1^2 = 1,1.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (29):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1870 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2039 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2059 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1931 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1655 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1463 \text{ Н}.$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (30):

$$F_{\epsilon 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 5,44^2 = 23,2 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 12,93^2 = 131 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 20,41^2 = 326,5 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 27,9^2 = 610 \text{ Н};$$

$$F_{e5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 35,38^2 = 981 \text{ H};$$

$$F_{e6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 38,92^2 = 1187 \text{ H}.$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (31):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5,44^2) = 0,0101;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 12,93^2) = 0,0108;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 20,41^2) = 0,012;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 27,9^2) = 0,013;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 35,38^2) = 0,016;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 38,92^2) = 0,017.$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (32):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,0101 = 165,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,0108 = 177,4 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,012 = 197,1 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,013 = 213,6 \text{ H};$$

$$F_{\psi v5} = 16431,75 \cdot 0,016 = 262,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v6} = 16431,75 \cdot 0,017 = 279,3 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (33):

$$D_1 = \frac{1870 - 23,2}{16431,75} 9,27 = 0,11;$$

$$D_2 = \frac{2039 - 131}{16431,75} = 0,11;$$

$$D_3 = \frac{2059 - 326,5}{16431,75} = 0,1;$$

$$D_4 = \frac{1931 - 610}{16431,75} = 0,08;$$

$$D_5 = \frac{1655 - 981}{16431,75} = 0,04;$$

$$D_6 = \frac{1463 - 1187}{16431,75} = 0,017;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (34):

$$j_{a1} = \frac{0,11 - 0,0101}{1,1} \cdot 9,81 = 0,89 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,11 - 0,0108}{1,1} \cdot 9,81 = 0,89 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,1 - 0,012}{1,1} \cdot 9,81 = 0,78 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,08 - 0,013}{1,1} \cdot 9,81 = 0,59 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,04 - 0,016}{1,1} \cdot 9,81 = 0,21 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,017 - 0,017}{1,1} \cdot 9,81 = 0 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{0,89} = 1,12 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{0,89} = 1,12 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{0,78} = 1,28 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{0,59} = 1,69 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{0,21} = 4,76 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{0} = 0 \text{ м/с}^2.$$

Таблица 7 – Тяговый баланс автомобиля на IV передаче

ω_e		83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne		11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me		133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
1-я передача, УкП=4,0; $\delta j = 1,36$	V, м/с	5,44	12,93	20,41	27,9	35,38	38,92
	Fк, Н	1870	2039	2059	1931	1655	1463
	Fв, Н	23,2	131	326,5	610	981	1187
	$F_{\psi_v} + F_e$	189,1	308,4	523,6	823,6	1243,9	1466,3
	D,	0,11	0,11	0,1	0,08	0,04	0,017
	ja	0,89	0,89	0,78	0,59	0,21	0
	1/ja	1,12	1,12	1,28	1,69	4,76	0
	ψ_v	0,0101	0,0108	0,012	0,013	0,016	0,017

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на V передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 8.

Скорость автомобиля находим по формуле (27):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 6,08 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 16,16 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 25,52 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 34,87 \text{ м/с};$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (28):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 0,8^2 = 1,08.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (29):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1496 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1631 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1647 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1545 \text{ H};$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (30):

$$F_{\sigma 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 6,08^2 = 29 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 16,16^2 = 204 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 25,52^2 = 510 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 34,87^2 = 953 \text{ H};$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (31):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 6,08^2) = 0,0102;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 16,16^2) = 0,011;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 25,52^2) = 0,013;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 34,87^2) = 0,016;$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (32):

$$F_{\nu 1} = 16431,75 \cdot 0,0102 = 167,6 \text{ H};$$

$$F_{\nu 2} = 16431,75 \cdot 0,011 = 180,7 \text{ H};$$

$$F_{\nu 3} = 16431,75 \cdot 0,013 = 213,6 \text{ H};$$

$$F_{\nu 4} = 16431,75 \cdot 0,016 = 262,9 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (33):

$$D_1 = \frac{1496 - 29}{16431,75} = 0,089;$$

$$D_2 = \frac{1631 - 204}{16431,75} = 0,086;$$

$$D_3 = \frac{1647 - 510}{16431,75} = 0,069;$$

$$D_4 = \frac{1545 - 953}{16431,75} = 0,036;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (34):

$$j_{a1} = \frac{0,089 - 0,0102}{1,08} \cdot 9,81 = 0,71 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,086 - 0,011}{1,08} \cdot 9,81 = 0,68 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,069 - 0,013}{1,08} \cdot 9,81 = 0,5 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,036 - 0,016}{1,08} \cdot 9,81 = 0,18 \text{ м/с}^2;$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{0,71} = 1,4 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{0,18} = 5,55 \text{ с}^2/\text{м};$$

Таблица 8 – Тяговый баланс автомобиля на V передаче

ω_e		83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne		11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me		133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
1-я передача, $U_{kv}=0,8$; $\delta j = 1,08$	V, м/с	6,08	16,16	25,52	34,87	-	-
	Fк, Н	1496	1631	1647	1545	-	-
	Fв, Н	29	204	510	953	-	-
	$F_{\psi_v} + F_e$	196,6	384,7	723,6	1215,9	-	-
	D,	0,089	0,086	0,069	0,036	-	-
	ja	0,71	0,68	0,5	0,18	-	-
	1/ja	1,4	1,47	2	5,55	-	-
	ψ_v	0,0102	0,011	0,013	0,016	-	-

2.7 Время и путь разгона автомобиля

Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей IV передаче. Полученные данные занесем в таблицу 9.

Время разгона автомобиля:

$$t_p = \left(\frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (35)$$

где j_{cp} - среднее значение ускорения автомобиля между двумя участками IV передачи;

ΔV - разница скорости между двумя участками IV передачи;

$$t_{p1} = \left(\frac{1}{j_{a1}} + \frac{1}{j_{a2}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_1 - V_{\min}) = (0,42 + 0,38) \cdot 0,5 \cdot (5,1 - 1,36) = 1,496 \text{ c};$$

$$t_{p2} = \left(\frac{1}{j_{a2}} + \frac{1}{j_{a3}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_2 - V_1) = (0,38 + 0,46) \cdot 0,5 \cdot (8,13 - 5,1) = 1,272 \text{ c};$$

$$t_{p3} = \left(\frac{1}{j_{a3}} + \frac{1}{j_{a4}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_3 - V_2) = (0,46 + 0,69) \cdot 0,5 \cdot (15,5 - 8,13) = 4,23 \text{ c};$$

$$t_{p4} = \left(\frac{1}{j_{a4}} + \frac{1}{j_{a5}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_4 - V_3) = (0,69 + 1,23) \cdot 0,5 \cdot (24,63 - 15,5) = 8,764 \text{ c};$$

$$t_{p5} = \left(\frac{1}{j_{a5}} + \frac{1}{j_{a6}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_5 - V_4) = (1,23 + 3,2) \cdot 0,5 \cdot (32 - 24,63) = 16,324 \text{ c};$$

$$t_{p6} = \left(\frac{1}{j_{a6}} + \frac{1}{j_{a7}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_6 - V_5) = (3,2 + 4,76) \cdot 0,5 \cdot (35,38 - 32) = 13,452 \text{ c};$$

Время разгона от скорости V_{\min} :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (36)$$

до скорости V_1 : $t'_{p1} = 1,496 \text{ c};$

до скорости V_2 : $t'_{p2} = t'_{p1} + t_{p2} = 1,496 + 1,272 = 2,768 \text{ c};$

до скорости V_3 : $t'_{p3} = t'_{p2} + t_{p3} = 2,768 + 4,23 = 6,998 \text{ c};$

до скорости V_4 : $t'_{p4} = t'_{p3} + t_{p4} = 6,998 + 8,764 = 15,762 \text{ c};$

до скорости V_5 : $t'_{p5} = t'_{p4} + t_{p5} = 15,762 + 16,324 = 32,086 \text{ c};$

до скорости V_6 : $t'_{p6} = t'_{p5} + t_{p6} = 32,086 + 13,452 = 45,538$ с;

Путь разгона автомобиля:

$$S_p = V_{cp} \cdot t_p, \quad (37)$$

где V_{cp} - средняя скорость между двумя участками IV передачи;

t_p - разница времени разгона автомобиля между двумя участками IV передачи;

$$S_{p1} = \frac{V_{\min} + V_1}{2} \cdot t_{p1} = \frac{1,36 + 5,1}{2} \cdot 1,496 = 4,832 \text{ м};$$

$$S_{p2} = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot (t_{p2} - t_{p1}) = \frac{5,1 + 8,13}{2} \cdot (2,768 - 1,496) = 8,414 \text{ м};$$

$$S_{p3} = \frac{V_2 + V_3}{2} \cdot (t_{p3} - t_{p2}) = \frac{8,13 + 15,5}{2} \cdot (6,998 - 2,768) = 49,977 \text{ м};$$

$$S_{p4} = \frac{V_3 + V_4}{2} \cdot (t_{p4} - t_{p3}) = \frac{15,5 + 24,63}{2} \cdot (15,762 - 6,998) = 175,849 \text{ м};$$

$$S_{p5} = \frac{V_4 + V_5}{2} \cdot (t_{p5} - t_{p4}) = \frac{24,63 + 32}{2} \cdot (32,086 - 15,762) = 462,214 \text{ м};$$

$$S_{p6} = \frac{V_5 + V_6}{2} \cdot (t_{p6} - t_{p5}) = \frac{32 + 35,38}{2} \cdot (45,538 - 32,086) = 453,197 \text{ м};$$

Путь разгона от скорости V_{\min} :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k, \quad (38)$$

до скорости V_1 : $S'_{p1} = 4,832$ м;

до скорости V_2 : $S'_{p2} = S'_{p1} + S_{p2} = 4,832 + 8,414 = 13,246$ м;

до скорости V_3 : $S'_{p3} = S'_{p2} + S_{p3} = 13,246 + 49,977 = 63,223$ м;

до скорости V_4 : $S'_{P4} = S'_{P3} + S_{P4} = 63,223 + 175,849 = 239,072$ м;

до скорости V_5 : $S'_{P5} = S'_{P4} + S_{P5} = 239,072 + 462,214 = 701,286$ м;

до скорости V_6 : $S'_{P6} = S'_{P5} + S_{P6} = 701,286 + 453,197 = 1154,483$ м;

Таблица 9 - Время и путь разгона автомобиля

$V_a, \text{ м/с}$	V_{\min}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
$V_a, \text{ м/с}$	1,36	5,1	8,13	15,5	24,63	32	35,38
$\frac{1}{j_a}, \text{ с}^2/\text{м}$	0,42	0,38	0,46	0,69	1,23	3,2	4,76
$t_p, \text{ с}$	0	1,496	2,768	6,998	15,762	32,086	45,538
$S_p, \text{ м}$	0	4,832	13,246	63,223	239,072	701,286	1184,483

2.8 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (39)$$

где N_e - эффективная мощность двигателя;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

$$N_{T1} = 11,19 \cdot 0,91 = 10,18 \text{ кВт};$$

$$N_{T2} = 28,98 \cdot 0,91 = 26,37 \text{ кВт};$$

$$N_{T3} = 46,22 \cdot 0,91 = 42,06 \text{ кВт};$$

$$N_{T4} = 59,24 \cdot 0,91 = 53,9 \text{ кВт};$$

$$N_{T5} = 64,4 \cdot 0,91 = 58,6 \text{ кВт};$$

Используемая мощность двигателя на IV передаче:

$$N = \frac{(F_{\psi\nu} + F_{\epsilon}) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (40)$$

где $F_{\psi\nu}$ - сила сцепления колес с дорогой;

F_{ϵ} - сила сопротивления воздуха;

V_a - текущая скорость автомобиля;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

$$N_1 = \frac{(165,9 + 23,2) \cdot 5,44}{0,91} = 1,13 \text{ кВт};$$

$$N_2 = \frac{(177,4 + 131) \cdot 12,93}{0,91} = 4,38 \text{ кВт};$$

$$N_3 = \frac{(197,1 + 326,5) \cdot 20,41}{0,91} = 11,81 \text{ кВт};$$

$$N_4 = \frac{(213,6 + 610) \cdot 27,9}{0,91} = 25,25 \text{ кВт};$$

$$N_5 = \frac{(262,9 + 981) \cdot 35,38}{0,91} = 48,36 \text{ кВт};$$

$$N_6 = \frac{(279,3 + 1187) \cdot 38,92}{0,91} = 62,71 \text{ кВт};$$

2.9 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства

Путевой расход топлива при пробеге автомобиля 100 км (л):

$$Q_s = \frac{K_{\omega} \cdot K_n \cdot g_e^{\min} \cdot 1,1 \cdot (F_{\psi\nu} + F_{\epsilon})}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T}, \quad (41)$$

где K_{ω} и K_n - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от угловой скорости и мощности двигателя;

g_e^{\min} - минимальный удельный эффективный расход топлива

$$g_e^{\min} = 300 \frac{zP}{\kappa B m \cdot \psi};$$

ρ_T - ПЛОТНОСТЬ ТОПЛИВА, $\rho_T = 0,72 \text{ кг/л}$;

Рассчитаем значение коэффициента K_{ω} :

$$E_1 = \frac{\omega_{e1}}{\omega_N} = \frac{83,73}{544,26} = 0,153 \Rightarrow K_{\omega 1} = 1,13;$$

$$E_2 = \frac{\omega_{e2}}{\omega_N} = \frac{198,86}{544,26} = 0,365 \Rightarrow K_{\omega 2} = 1,02;$$

$$E_3 = \frac{\omega_{e3}}{\omega_N} = \frac{314}{544,26} = 0,576 \Rightarrow K_{\omega 3} = 0,98;$$

$$E_4 = \frac{\omega_{e4}}{\omega_N} = \frac{429,13}{544,26} = 0,788 \Rightarrow K_{\omega 4} = 0,96;$$

$$E_5 = \frac{\omega_{e5}}{\omega_N} = \frac{544,26}{544,26} = 1 \Rightarrow K_{\omega 5} = 1,01;$$

$$E_6 = \frac{\omega_{e6}}{\omega_N} = \frac{598,6}{544,26} = 1,099 \Rightarrow K_{\omega 6} = 1,07;$$

Через степень использования мощности двигателя найдем коэффициент K_H :

$$H = \frac{F_{\psi v} + F_{\psi}}{F_K}, \quad (42)$$

$$H_1 = \frac{165,9 + 23,2}{1870} = 0,101 \Rightarrow K_{H1} = 2,5;$$

$$H_2 = \frac{177,4 + 131}{2039} = 0,151 \Rightarrow K_{H2} = 2,15;$$

$$H_3 = \frac{197,1 + 326,5}{2059} = 0,254 \Rightarrow K_{H3} = 1,7;$$

$$I_4 = \frac{213,6 + 610}{1931} = 0,426 \Rightarrow K_{И4} = 1,3;$$

$$I_5 = \frac{262,9 + 981}{1655} = 0,751 \Rightarrow K_{И5} = 0,9;$$

$$I_6 = \frac{279,3 + 1187}{1463} = 1,002 \Rightarrow K_{И6} = 1,01;$$

Находим путевой расход топлива:

$$Q_{s1} = \frac{1,13 \cdot 2,5 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (165,9 + 23,2)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 7,47 \text{ л/100км};$$

$$Q_{s2} = \frac{1,02 \cdot 2,15 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (177,4 + 131)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 9,46 \text{ л/100км};$$

$$Q_{s3} = \frac{0,98 \cdot 1,7 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (197,1 + 326,5)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 12,27 \text{ л/100км};$$

$$Q_{s4} = \frac{0,96 \cdot 1,3 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (213,6 + 610)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 14,38 \text{ л/100км};$$

$$Q_{s5} = \frac{1,01 \cdot 0,9 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (262,9 + 981)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 15,81 \text{ л/100км};$$

$$Q_{s6} = \frac{1,07 \cdot 1,01 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (279,3 + 23,2) \cdot 1187}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 22,16 \text{ л/100км};$$

Результатом выполнения раздела явилось выполнение тягового расчета автомобиля УАЗ-3151 «Хантер». Рассчитана мощность и крутящий момент двигателя на различных оборотах. Произведен расчет динамики разгона и ускорений, исходя из передаточных чисел коробки передач и главной передачи. Произведен расчет силового баланса и определена максимальная скорость транспортного средства. Исходя из определенных ранее параметров, определен путь и время разгона. Рассчитана топливная экономичность транспортного средства. Результаты тягового расчета в виде графиков вынесены на лист графической части и отражены в приложении А расчетно-пояснительной записки.

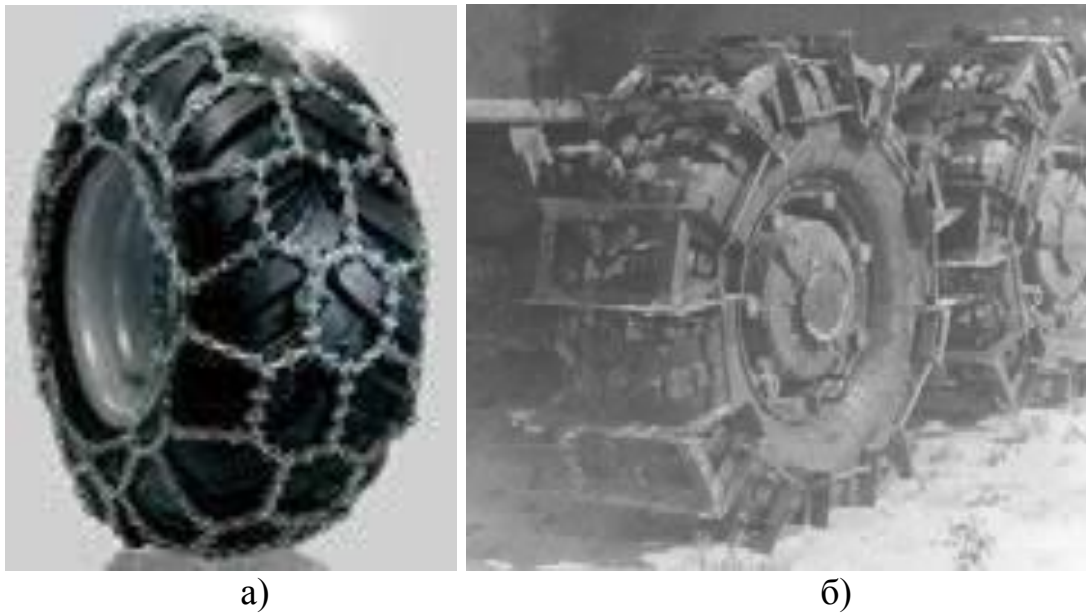
3 Разработка конструкции ходовой системы повышенной проходимости для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер»

3.1 Современные методы повышения проходимости колёсных автомобилей

В данном разделе необходимо рассмотреть различные пути увеличения проходимости колесных автомобилей. Существует большое количество разнообразных приемов и методов, направленных на увеличение проходимости за счет снижения удельного давления на грунт, о чем говорилось ранее, при проведении анализа в первом разделе дипломного проекта. Главным образом, обзор производится для колесных транспортных средств, проходимость которых может быть увеличена за счет применения различных конструкций.

«Повышение проходимости колесных машин при движении по опорным поверхностям с низкой несущей способностью может быть достигнуто монтажом на штатные пневмоколесные движители цепей противоскольжения, браслет и скоб, противобуксовочных колодок, уширителей различных конструкций, дополнительных (сдвоенных) колес, установкой специальных шин низкого давления или иных типов движителей вместо штатных пневмоколесных движителей и т.п.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили цепи противоскольжения различных конструкций, включая мелкозвенчатые, траковые и плицевые цепи (рисунок 10). Они существенным образом увеличивают сцепление колеса с опорной поверхностью при движении по грунтовым, обледенелым и заснеженным дорогам. При этом сила тяги, реализуемая движителем, возрастает на 24...66%» [16].



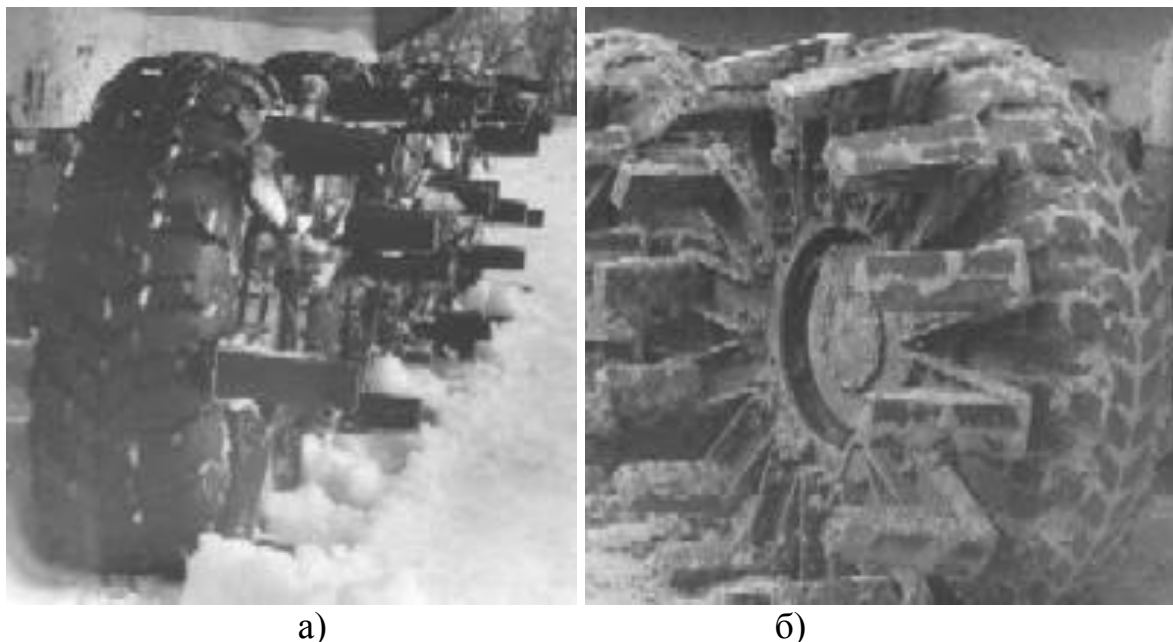
а) мелкозвенчатые цепи противоскольжения; б) плечевые цепи противоскольжения конструкции НГТУ

Рисунок 10 – Различные конструкции цепей противоскольжения

«Несколько иная картина наблюдается при эксплуатации колесных машин с цепями противоскольжения в условиях снежной целины. Экспериментальные исследования показали, что при высоте снега больше $0,6$ радиуса колеса (R_k), наряду с приростом силы тяги в $1,3...1,5$ раза имеет место процесс интенсивного увеличения глубины колеи и роста силы сопротивления движению в $1,6...1,8$ раза. Ощутимый эффект повышения проходимости наблюдается лишь при глубине снега до $0,5 \cdot R_k$, при этом происходит повышение тягово-сцепных свойств машины (сила тяги увеличивается в среднем на 30%) и не существенный рост сопротивления движения (сила сопротивления возрастает на $10...15\%$)» [18].

«Одним из способов повышения проходимости колесных машин является применение дискретных уширителей (рисунок 11). Экспериментальная проверка эффективности этих уширителей показала, что установка на колеса машины типа 8×8 семи уширителей не дает эффекта. Увеличение количества уширителей до 14 обеспечивает снижение силы

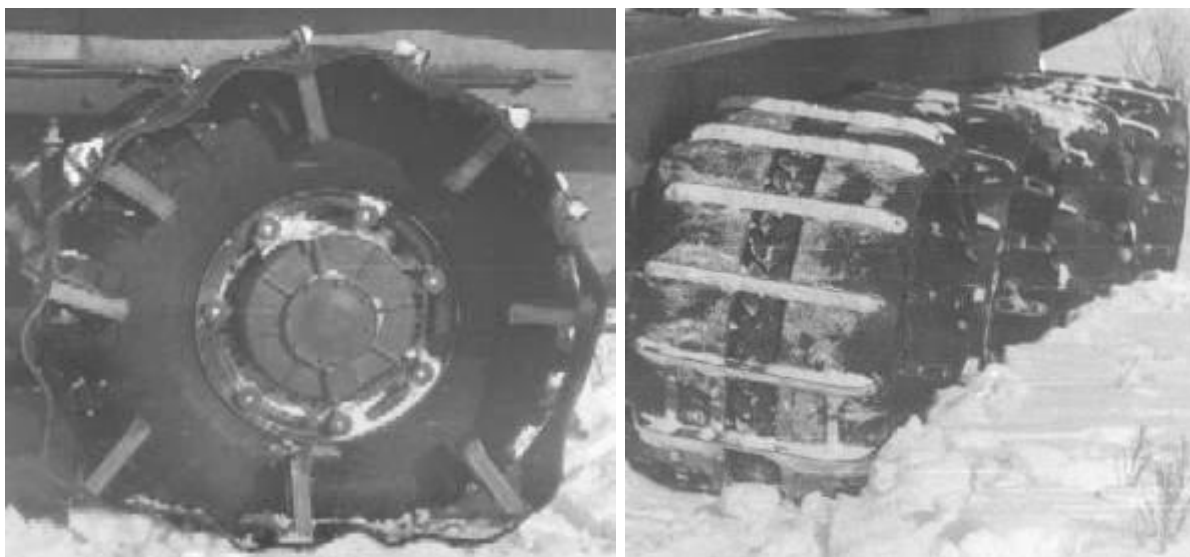
сопротивления движению на 30%, прирост силы тяги – на 18%. При этом преодолеваемая высота снежного покрова увеличилась на 25%» [7].



а) 7 уширителей; б) 14 уширителей

Рисунок 11 – Дискретные уширители конструкции НГТУ

«Применение ленточного уширителя (рисунок 12), представляющего собой две резиноканевые ленты, соединенные металлическими грунтозацепами и одевающимися аналогично цепям противоскольжения, увеличивает тяговые усилия колесной машины на снежной целине на 20...25% и снижает сопротивление движению на 30%. Однако применение уширителей увеличивает габаритную ширину машины, а при поворотах эти уширители имеют большую склонность к спаданию.» [4].



а)

б)

Рисунок 12 - Ленточные уширители НГТУ на ходовом макете ГПИ-3901:
а) вид сбоку; б) вид спереди

Также возможно увеличение проходимости транспортного средства путем установки на ведущую ось сдвоенных колес, как показано на рисунке 13.



Рисунок 13 – Сдвоенные колеса на ходовом макете ГПИ-3901

«Однако испытания, проведенные в условиях снежной целины, показали, что данный способ не является эффективным средством повышения проходимости колесных машин. Прирост высоты снежного покрова, который машина преодолевает на сдвоенных колесах по сравнению с высотой снежного покрова, преодолеваемого на одиночных колесах, составляет менее 10%. Кроме того, при установке сдвоенных колес увеличиваются масса машины, масса неподдрессоренных частей, габаритная ширина, а также динамические нагрузки в ходовой части.

Результаты моделирования применения средств повышения проходимости, показали что ленточные уширители дают повышение проходимости до 40% по сравнению с обычным колесным вариантом и на 10...17% по сравнению со сдвоенным колесами.» [4]

«Попытки применения гусениц для повышения проходимости колесных машин были предприняты в первой половине 20 века (рисунок 14). Однако, несмотря на то, что применение гусеничного движителя существенно повышает проходимость колесных машин по снегу, данное направление не получило в дальнейшего развития. В основном это связано с тем, что машины с колесно-гусеничным движителем имеют большую в 1,4-1,8 раза массу, низкую надежность и являются более сложными и дорогими.» [23]



Рисунок 14 – Полугусеничная машина на базе автомобиля ГАЗ–51

«В силу изложенного дальнейшим направлением повышения проходимости колесных машин стало применение высокоэластичных пневмоколесных движителей сверхнизкого давления на базе существующих широкопрофильных шин. Последнее упрощает создание новых конструкций шин и позволяет использовать действующее оборудование шинных заводов.» [24]

Примеры колесных машин на шинах сверхнизкого давления приведены на рисунке 15.



Рисунок 15 – Вездеходное транспортное средство производства Трэкол

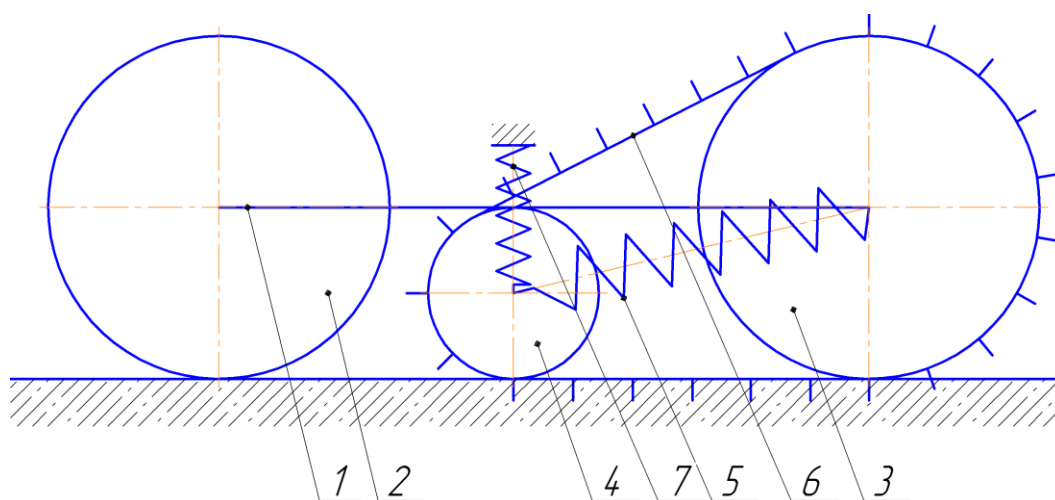
Транспортные средства на пневматиках низкого давления имеют хорошие показатели проходимости, главным образом за счет того, что развитая поверхность шины снижает удельное давление на грунт. Однако, подобные движители имеют низкую устойчивость за счет высокой эластичности боковин шины, что вызывает повышенную раскачиваемость при движении по неровностям на высокой скорости. Кроме этого, колеса

имеют больший радиус по сравнению со штатными, что приводит к подъёму центра тяжести и увеличению риска опрокидывания автомобиля.

3.2 Обзор конструкций гусеничных движителей

При проведении разработки конструкции гусеничного движителя произведем обзор имеющихся конструкторских решений в этой области техники. Главным образом, производится обзор различных технических решений в области применения гусеничных движителей на колесной технике.

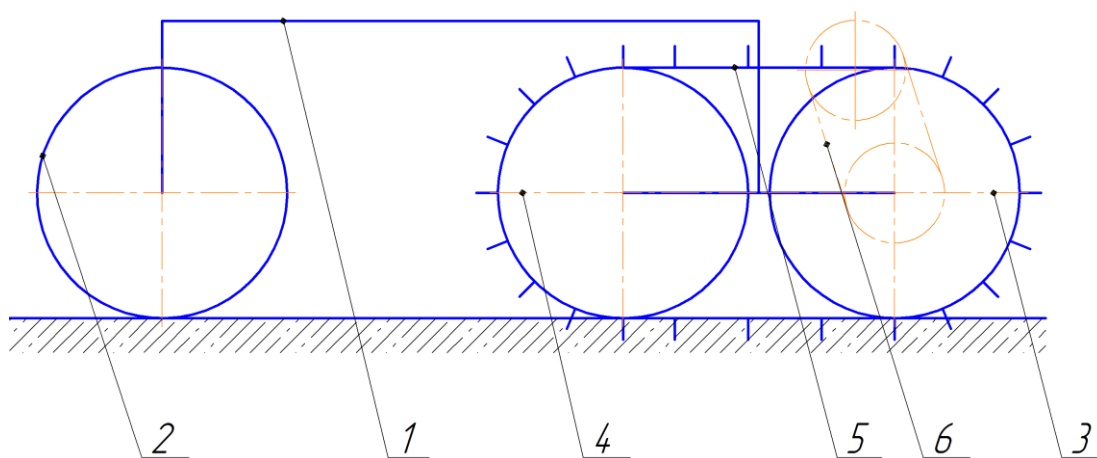
«Одним из самых простых и легкоизготавливаемых является полугусеничный ход, изображённый на рисунке 4.7. Конструкция достаточно проста и практична. Добавочным элементом в конструкции автомобиля является колесо 4 с натяжителем 5 и конструкцией подвески 7. В данном случае на заднее большое 3 колесо и на малое 4 на дается движитель, чаще всего резиновый, можно также и цепной. При вращении заднего ведущего моста вращаются колёса 3. Движитель также приобретает перемещение. Минус у данной конструкции один – низкая надёжность» [7].



1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – заднее колесо; 4 – колесо малое; 5 – натяжитель движителя; 6 – движитель; 7 – подвеска малого колеса

Рисунок 16 – Полугусеничный ход с резиновым движителем

Следующий тип полугусеничного хода подходит только для автомобилей, имеющих 3 моста (рисунок 17).



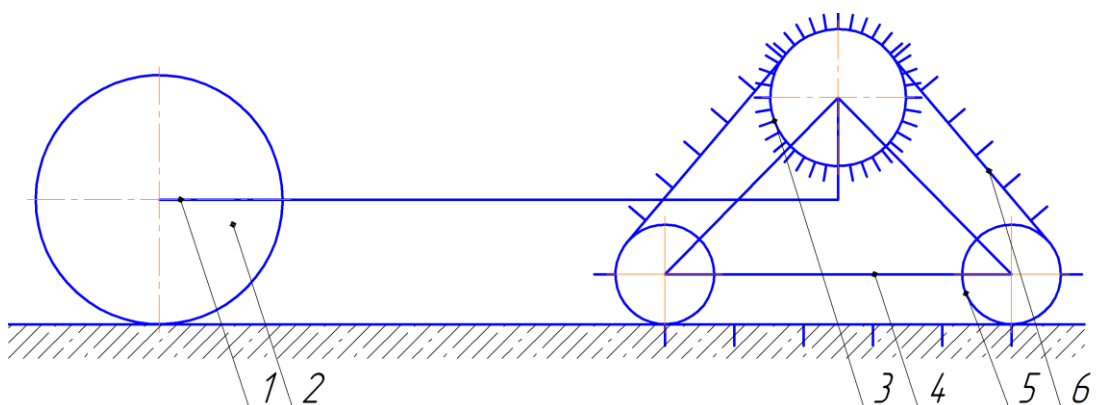
1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – ведущее колесо;
4 – заднее колесо; 5 – движитель; 6 – передача

Рисунок 17 – Полугусеничный ход двухмостовой

«Движитель 5 в данной схеме (рисунок 17) одевается с натягом на два соседних колеса. Движитель в данной схеме так же должен быть эластичным.

При вращении ведущего колеса 3 вовлекается в работу и движитель 5. Недостатки данной конструкции следующие: невозможность регулирования натяжения движителя (регулируется давлением в шинах колёс 3 и 4); низкая надёжность.» [7]

Следующая конструкция полугусеничного хода подразумевает использование, как эластичных движителей, так и траковых цепей (рисунок 18).

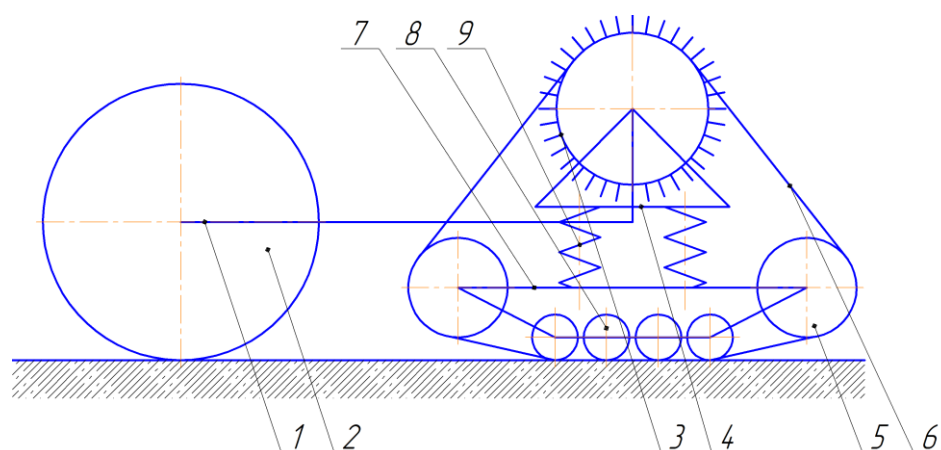


1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – ведущее колесо;
4 – треугольник; 5 – ведомое колесо; 6 – движитель

Рисунок 18 – Полугусеничный ход с неподдрессоренной подвеской

«В данной конструкции (рисунок 18) треугольник 4 может вращаться вокруг оси колеса 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля. Данная конструкция полугусеничного хода подразумевает использование, как эластичных движителей, так и траковых цепей. Натяжение движителя может осуществляться разведением ведомых колёс 5 на треугольнике 4. Минусом данной конструкции является слабая плавность хода из-за отсутствия подвески.» [7]

Следующая схема (рисунок 19) исключает недостатки ранее рассмотренной конструкции (рисунок 18).



1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – ведущее колесо;
4 – треугольник; 5 – ведомое колесо; 6 – движитель; 7 – балка; 8 – ролик;
9 – пружина

Рисунок 19 – Полугусеничный ход с поддрессоренной подвеской

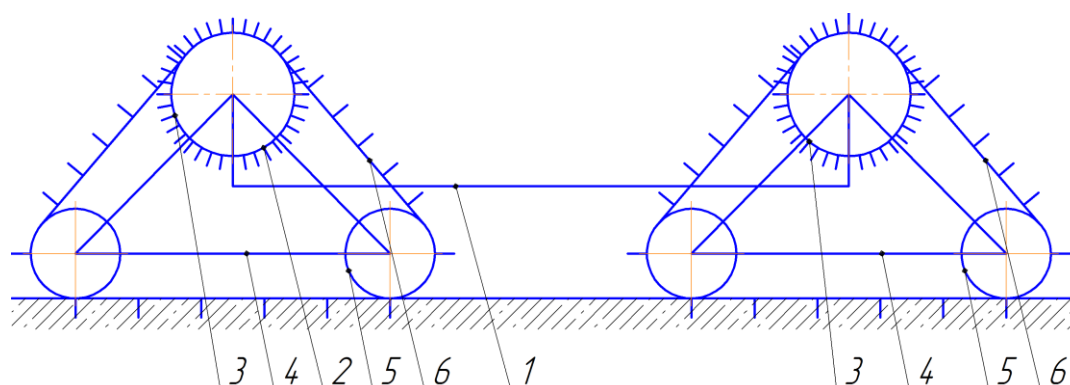
«Поддрессирование осуществляется пружинами 9, посредством балки 7 и роликов 8. Плавность хода при этом улучшается значительно. Данная конструкция полугусеничного хода подразумевает использование, как

эластичных движителей, так и траковых цепей. Натяжение движителя может осуществляться разведением ведомых колёс 5 на балке 7.» [7]

В данной конструкции (рисунок 20) треугольник 4 может вращаться вокруг оси колеса 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля.

«Одной из следующих перспективных на сегодняшний день конструкций гусеничного хода является схема, изображённая на рисунке 20.

В данной конструкции (рисунок 20) треугольники 4 могут вращаться вокруг осей колес 2 и 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля. Данная конструкция гусеничного хода подразумевает использование, как эластичных движителей, так и траковых цепей. Натяжение движителя может осуществляться разведением ведомых колёс 5 на треугольнике 4. Минусом данной конструкции является слабая плавность хода из-за отсутствия подвески. Так же данная схема возможна только для полноприводной трансмиссии автомобиля.» [7]



1 – шасси автомобиля; 2 – переднее ведущее колесо; 3 – заднее ведущее колесо; 4 – треугольники; 5 – ведомые колеса; 6 – движители

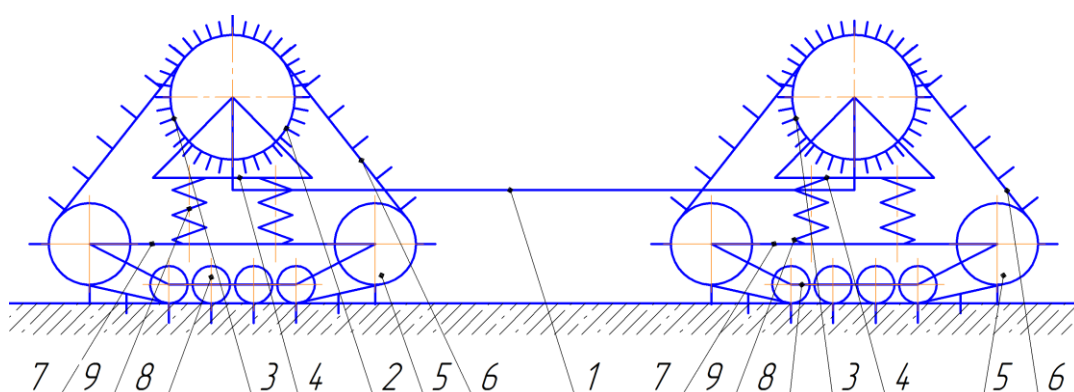
Рисунок 20 – Гусеничный ход с неподрессоренной подвеской

«Для устранения недостатков схемы (рисунок 20) нами предлагается следующая конструкция (рисунок 21). Одним из основных устранимых нами недостатков является: поддрессирование осуществляется пружинами 9, посредством балки 7 и роликов 8. Плавность хода при этом улучшается значительно. Данная конструкция гусеничного хода подразумевает

использование, как эластичных движителей, так и траковых цепей. Натяжение движителя может осуществляться разведением ведомых колёс 5 на балке 7.

В данной конструкции (рисунок 21) треугольники 4 могут вращаться вокруг осей колес 2 и 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля.» [7]

Как показали исследования конструкция, изображённая на рисунке 4.14 наиболее перспективная, её разработкой и займёмся далее.



- 1 – шасси автомобиля; 2 – переднее ведущее колесо; 3 – заднее ведущее колесо; 4 –
треугольники; 5 – ведомые колеса; 6 – движители; 7 – балки;
8 – ролики; 9 – пружины

Рисунок 21 – Гусеничный ход с подрессоренной подвеской

Подобные движители находят свое применение на различных видах современных автомобилей, что показано на рисунке 22. Косвенно это свидетельствует о верно выбранном направлении разработки, поскольку данный движитель универсален и может применяться на различных типах техники, что и показано на рисунке.

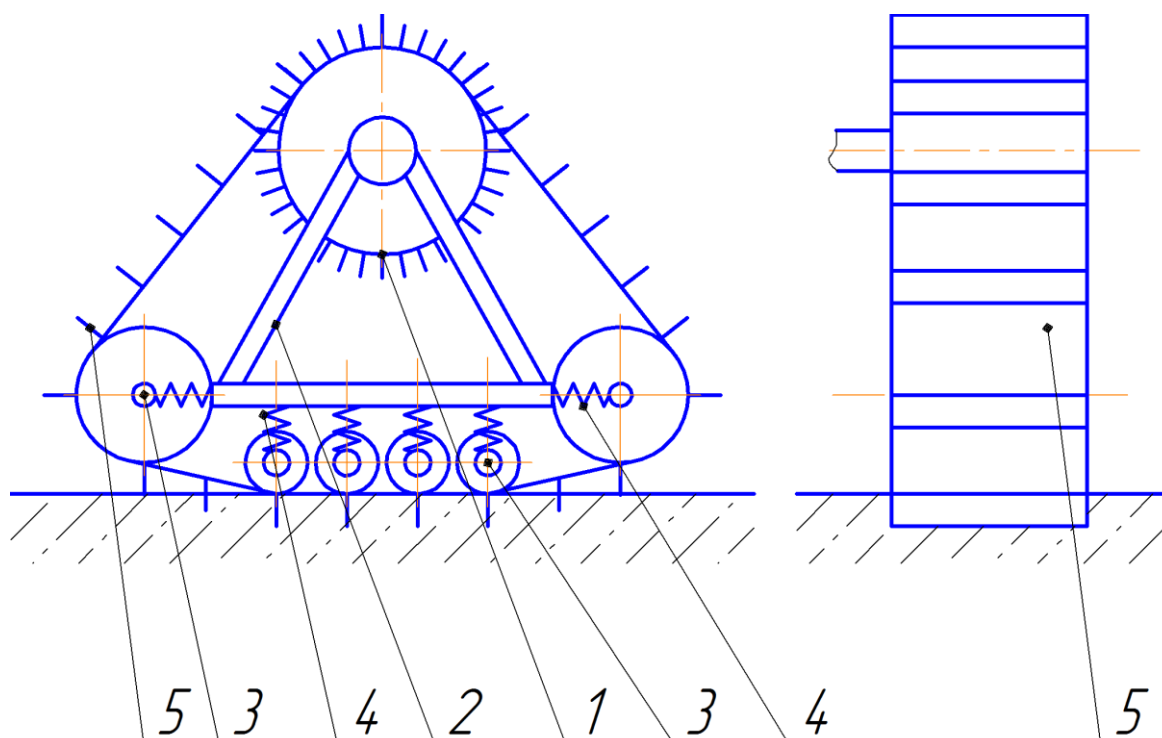
Главным образом, подобный движитель находит свое применение для оборудования легковых автомобилей повышенной проходимости для передвижения по снежной целине в зимний период.



Рисунок 22 – Установка гусеничных движителей на различные модели серийных автомобилей

3.3 Разработка структурной схемы гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер»

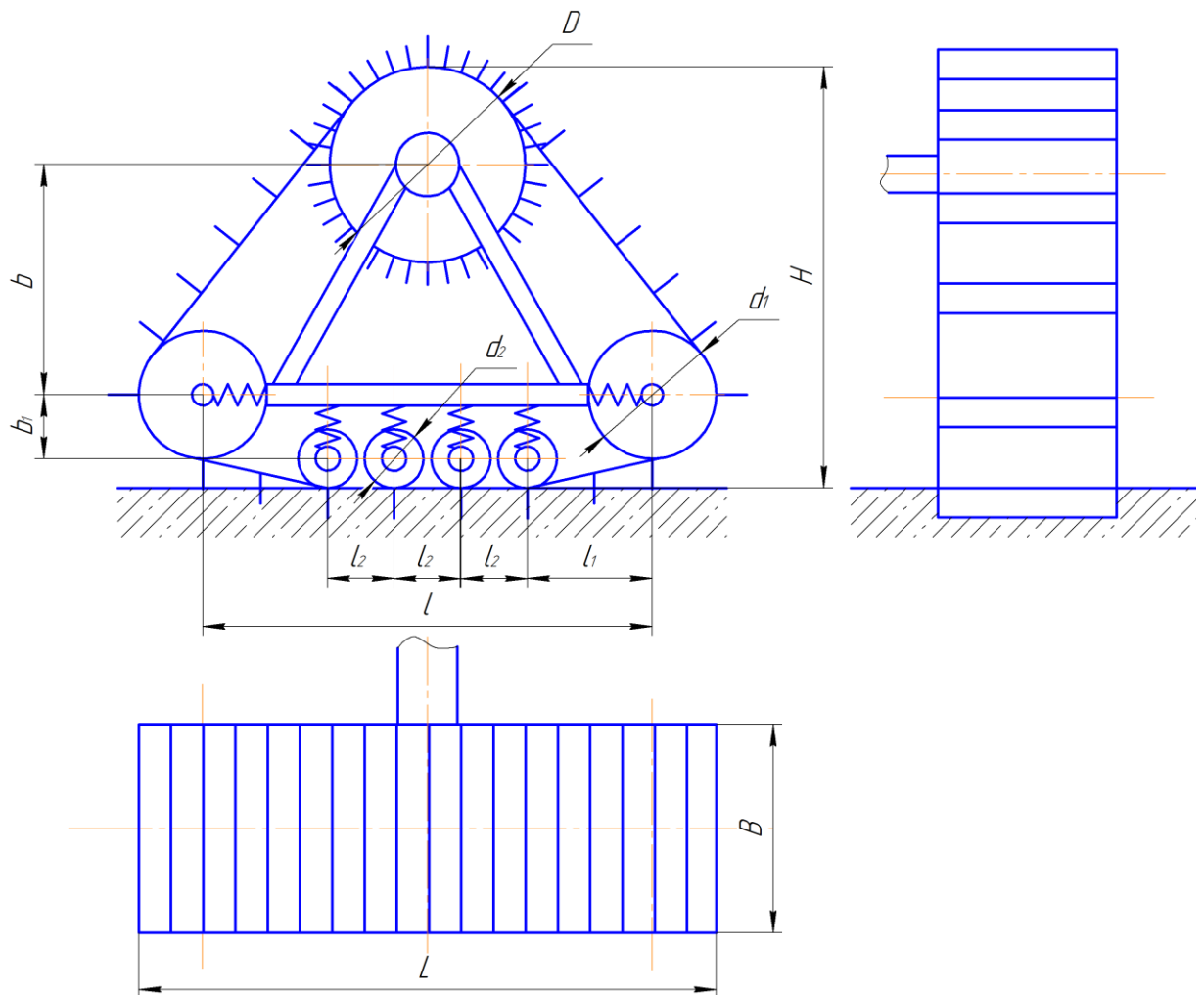
«Проведённые ранее нами исследования показали, что наиболее перспективной схемой гусеничных движителей является схема, изображённая на рисунке 22. Отличие нашей конструкции гусеничного хода лишь в том, что каждый ролик будет подпружиниваться отдельно, тем самым повышается плавность хода автомобиля (рисунок 23).» [18]



1 – колесо ведущее; 2 – треугольник; 3 – подпружиненные ролики;
4 – пружины; 5 – движитель (гусеница)

Рисунок 23 – Схема разрабатываемого гусеничного движителя для автомобиля УАЗ-3151

Данная структурная схема подразумевает использование следующих элементов: 1 – колесо ведущее; 2 – треугольник; 3 – подпружиненные ролики; 4 – пружины; 5 – движитель (гусеница). Отличие нашей схемы в том, что каждый ролик подпружинен в отдельности и конструкция симметрична.



L – длина; B – ширина; H – высота; D – диаметр ведущего колеса;
 l – расстояние между ведомыми колёсами: l_1 – расстояние между ведомым колесом и первым роликом; l_2 – расстояние между соседними роликами; d_1 – диаметр ведомого колеса; d_2 – диаметр ролика; b – расстояние между осями ведущего и ведомого колёс по вертикали; b_1 – расстояние между осями ведомых колёс и роликов по вертикали

Рисунок 24 – Структурная схема гусеничного хода для определения основных геометрических параметров

«Гусеничный ход будет монтироваться на место четырёх колёс. Конструкция имеет следующие параметры: L – длина; B – ширина; H – высота; D – диаметр ведущего колеса; l – расстояние между ведомыми колёсами: l_1 – расстояние между ведомым колесом и первым роликом; l_2 – расстояние между соседними роликами; d_1 – диаметр ведомого колеса; d_2 – диаметр ролика; b – расстояние между осями ведущего и ведомого колёс по

вертикали; b_1 – расстояние между осями ведомых колёс и роликов по вертикали.

Конструктивно с учётом удачной компоновки на автомобиль принимаем: $D = 380$ мм; $d_1 = 150,0$ мм; $d_2 = 150,0$ мм; $l_1 = 195,0$ мм; $l_2 = 200,0$ мм; $b = 395,0$ мм; $b_1 = 100,0$ мм.» [13]

3.4 Конструкторские расчёты разрабатываемого гусеничного движителя

«Вал изготавливаем из материала: сталь 45 горячекатаная. $\sigma_B = 580$ МПа, $\sigma_T = 320$ Мпа» [27].

Роликов всего четыре, тогда на один ролик действует сила $F_r = P_d / 4 = 6000,0 / 4 = 1500,0$ Н (рисунок 25).

$$\sum M_A = 0: F_r \cdot 0,055 + R_{BY} \cdot 0,075 - F_r \cdot 0,130 = 0; \quad (43)$$

$$R_{BY} = \frac{F_r \cdot 0,130 - F_r \cdot 0,055}{0,075} = \frac{1500,0 \cdot 0,130 - 1500,0 \cdot 0,055}{0,075} = 1500,0 \text{ Н.}$$

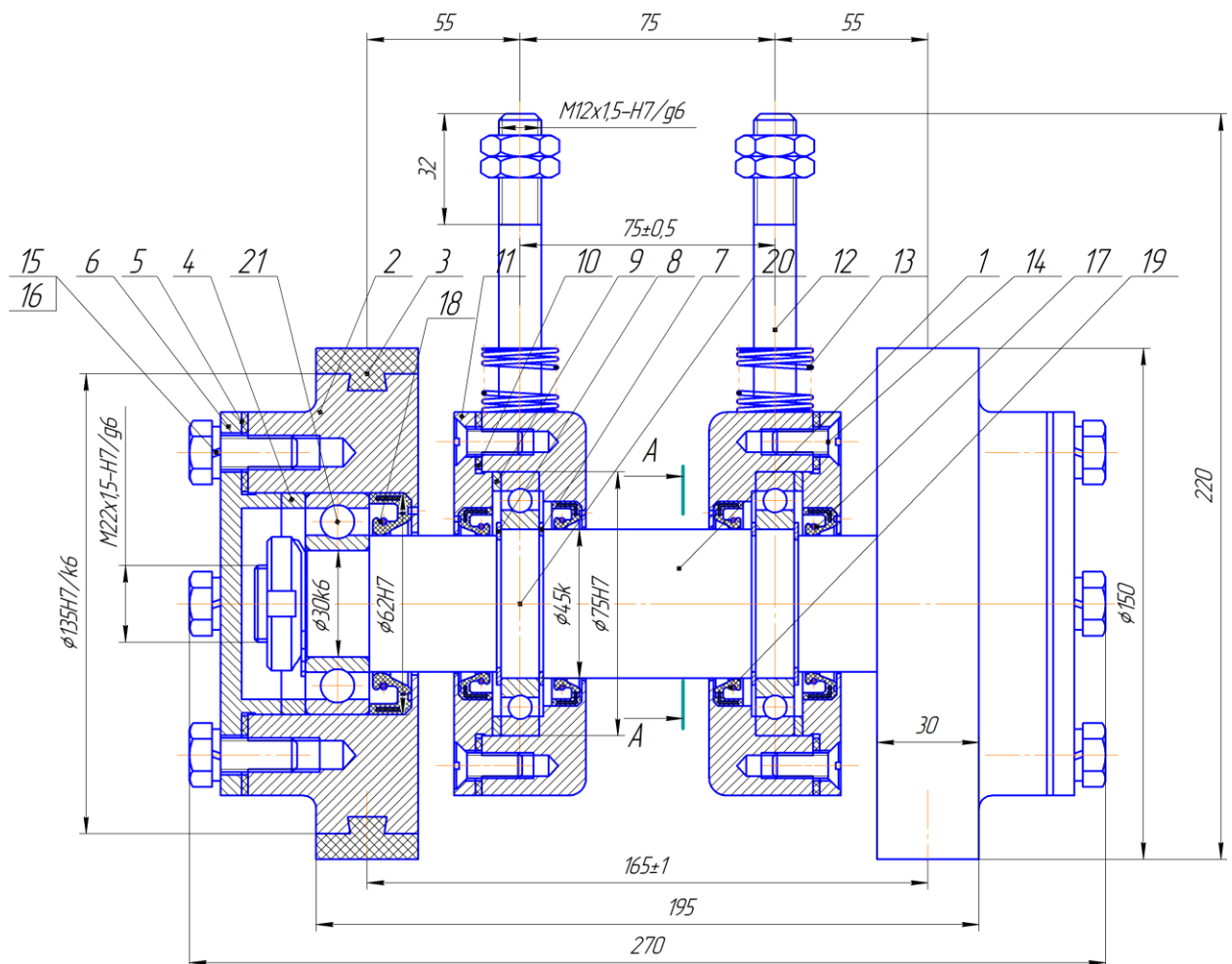
$$\sum M_B = 0: -F_r \cdot 0,055 - R_{AY} \cdot 0,075 + F_r \cdot 0,130 = 0;$$

$$R_{AY} = \frac{F_r \cdot 0,130 - F_r \cdot 0,055}{0,075} = \frac{1500,0 \cdot 0,130 - 1500,0 \cdot 0,055}{0,075} = 1500,0 \text{ Н.}$$

Проверка:

$$-R_{AY} - R_{BY} + 2 \cdot F_r = 0 \Rightarrow -1500,0 - 1500,0 + 3000,0 = 0 - \text{реакции найдены верно.}$$

Сборочный чертёж рассчитываемого ролика представим в виде рисунка 25.



- 1 – валик; 2 – колесо; 3 – крышка; 4 – кольцо регулировочное;
 5 – прокладка; 6 – крышка; 7 – кольцо; 8 – кольцо; 9 – кольцо регулировочное; 10 –
 прокладка; 11 – крышка; 12 – шток; 13 – пружина;
 14 – винт; 15 – болт; 16 – шайба; 17, 18, 19 – манжеты; 20, 21 – подшипники

Рисунок 25 – Опорный ролик

«По диаметру посадочного места 45,0 мм и характеру нагрузки выбираем радиальные шариковые подшипники 7000107 ГОСТ 8338-75, диаметр посадочного места 45,0 мм. $C_r = 12,40$ кН, $C_{or} = 6,95$ кН» [13].

Определение полных реакций в опорах:

а) для опоры А:

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{0^2 + 1500,0^2} = 1500,0 \text{ Н}; \quad (44)$$

б) для опоры В:

$$R_B = \sqrt{0^2 + 1500,0^2} = 1500,0 \text{ Н.}$$

Определение эквивалентной нагрузки:

$$X = 1; Y = 0; V = 1; K_\sigma = 1,3; K_t = 0,95,$$

$$Pr_A = (1 \cdot 1 \cdot 1500,0) \cdot 1,3 \cdot 0,95 = 1852,5 \text{ Н,} \quad (45)$$

$$Pr_B = (1 \cdot 1 \cdot 1500,0) \cdot 1,3 \cdot 0,95 = 1852,5 \text{ Н.}$$

Определим наибольшую частоту вращения вала:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (46)$$

$$\omega = V \cdot r, \quad (47)$$

$$n = \frac{V \cdot r}{2 \cdot \pi} = \frac{22,22 \cdot 0,075}{2 \cdot 3,14} = 0,265 \text{ мин}^{-1}.$$

Определение ресурса подшипника по любой опоре В:

$$L_{h(B)} = \frac{10^6}{0,265 \cdot 60} \cdot \left(\frac{12400,0}{1852,50} \right)^{3,0} \cdot 1 \cdot 1,0 = 18,86 \cdot 10^6 \text{ ч.} \quad (48)$$

Большой срок службы говорит о том, что подшипник выдержит.

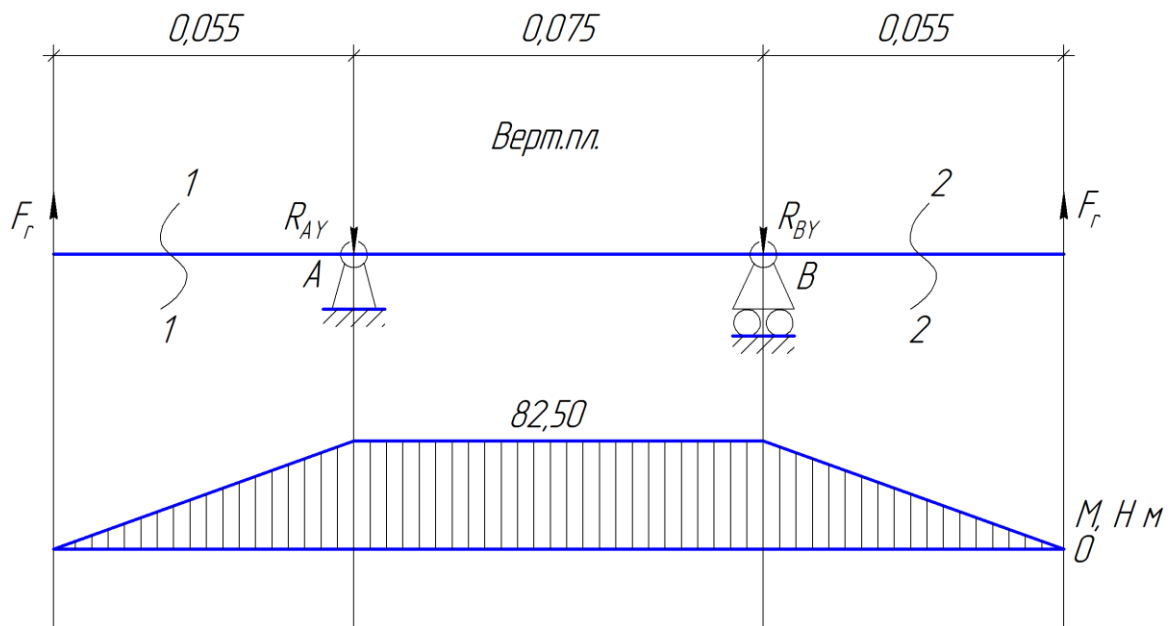


Рисунок 26 – Схема сил и эпюры вала опорного ролика

Произведем расчет сил и реакций на основании схемы сил и эпюры вала опорного ролика, показанных на рисунке 26

сечение 1-1:

$$(0 \leq Z_1 \leq 0,055): M_{\text{и}} = F_r \cdot Z_1,$$

$$M_{\text{и}} = 0;$$

$$M_{\text{и}} = 1500,0 \cdot 0,055 = 82,50 \text{ Нм}; \quad (50)$$

сечение 2-2:

$$(0 \leq Z_2 \leq 0,055): M_{\text{и}} = F_r \cdot Z_1,$$

$$M_{\text{и}} = 0 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{и}} = 1500,0 \cdot 0,055 = 82,50 \text{ Нм}.$$

Первое опасное сечение – сечение в опорах А и В:

$$M_{\text{и}} = \sqrt{0^2 + 82,50^2} = 82,5 \text{ Нм}; \quad (51)$$

$$\sigma_H = \frac{82,50}{0,1 \cdot 0,045^3} = 9,05 \text{ МПа}; \quad (52)$$

$$\tau = \frac{0}{0,2 \cdot 0,045^3} = 0 \text{ МПа}; \quad (53)$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ.}} = \sqrt{9,05^2 + 3 \cdot 0^2} = 9,05 \text{ МПа}; \quad (54)$$

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 580,0 = 249,4 \text{ МПа}. \quad (55)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1} \cdot \varepsilon}{S \cdot K_\sigma} \cdot K_V, \quad (56)$$

где ε – «коэффициент влияния абсолютных размеров, $\varepsilon = 0,65$ » [13];

S – «коэффициент безопасности, $S = 1,3 \dots 2$ » [13];

K_V – «коэффициент влияния упрочнения, $K_V = 1,1$ » [13];

K_σ – «коэффициент концентрации напряжений, $K_\sigma = 2,05$ » [13].

$$[\sigma] = \frac{249,4 \cdot 0,65}{1,5 \cdot 2,05} \cdot 1,1 = 57,99 \text{ МПа};$$

$\sigma_{\text{ЭКВ.}} = 9,05 \text{ МПа} < [\sigma] = 57,99 \text{ МПа}$ – сечение выдерживает нагрузку.

Результатом выполнения раздела явился анализ конструкции различных типов гусеничных движителей. Выявлены преимущества и недостатки каждой из конструкций. На основании произведенного анализа была выбрана гусеничная схема с подрессоренными массами, устанавливаемыми на оси ведущих и ведомых колес. В соответствии с выбранной конструкторской схемой была определена расчетная схема наиболее нагруженных узлов. Выполнен расчет осей катков, как воспринимающих нагрузку от веса автомобиля и усилий, передаваемых дорожными неровностями.

4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования

4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка и монтаж гусеничных движителей, разработанных в конструкторской части. Работы производятся на сборочной площадке участка монтажа. Сборка ведется на специализированном сборочном стапеле. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также пресовое и подъемное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

– факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;

– факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [6]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

– факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);

– факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абстиненции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [8]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

– на постоянные, в том числе квазипостоянные;

– переменные, в том числе периодические;

– импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.»

[17]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;
- прямая и отраженная блесккость;
- повышенная пульсация светового потока» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [6]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;

- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа. Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха,

щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [6]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 10.

Таблица 10 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 10

1	2	3
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.

Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
--	---	--

Продолжение таблицы 10

1	2	3
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной

промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования	Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения	Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости	Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв	пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N ₂ , CO ₂ , и т.п.
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	сварочные газы, метан	Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ	объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения)

		продуктов горения, объемное горение, взрыв	оборудования)
--	--	---	---------------

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;
- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Рассматриваемый участок не относится к категории производств,

представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим отходам следует отнести следующее:

- отходы сборочного производства кузовов (обрезки листового металла, обрезки древесины, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов кузова;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [9]

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку гусеничных движителей для автомобиля УАЗ-3151. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации.

Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности.

Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

5 Экономический раздел дипломного проекта

5.1 Анализ объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте была произведена разработка гусеничных движителей для автомобиля УАЗ-3151 «Хантер».

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного узла.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе изготовления конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

5.2 Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 12. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 12 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР _{год}	1000
Штучное время сборки, мин	ВР _{шт}	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд 4 разряд 5 разряд 6 разряд	С _{час}	160,45 185,25 210,30 250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премияльный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К _{т-з}	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К _{с-эк}	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов

5.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе производства гусеничных движителей. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двугавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство конструкции.

5.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00

Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премияльные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зо} \cdot \text{Кд}, \quad (57)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (58)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (59)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (60)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости гусеничного движителя представим в таблице 16.

Таблица 16 – Себестоимость конструкции гусеничного движителя

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции гусеничного движителя. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно

сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция гусеничных движителей будет являться конкурентной по цене.

Заключение

Результаты достижения поставленных задач в рамках выполнения выпускной квалификационной работы отражены в связанных между собой разделах расчетно-пояснительной записки и в приложениях.

В первом разделе дипломного проекта произведен анализ различных факторов, влияющих на проходимость транспортного средства. Выявлены как геометрические параметры, так и факторы, связанные с особенностью конструкции ходовой части транспортного средства. В частности, определено, что на проходимость транспортного средства значительное влияние оказывает геометрическая проходимость. Однако, при движении по нестабильным грунтам возможно проваливание транспортного средства, в результате чего, величина клиренса нивелируется глубиной проваливания. В случае полного проваливания и опирания транспортного средства днищем на грунт, транспортное средство теряет проходимость полностью, поскольку теряется сцепление движителя с грунтом. Таким образом, можно сделать вывод, что одним из способов повышения проходимости будет являться снижение удельного давления на грунт, чтобы избежать проваливания и уменьшения клиренса. Средством, позволяющим значительно снизить удельное давление транспортного средства на грунт, будет являться гусеничный движитель. Разработка движителя такого типа будет производиться в рамках конструкторской части выпускной квалификационной работы.

Результатом выполнения второго раздела явилось выполнение тягового расчета автомобиля УАЗ-3151 «Хантер». Рассчитана мощность и крутящий момент двигателя на различных оборотах. Произведен расчет динамики разгона и ускорений, исходя из передаточных чисел коробки передач и главной передачи. Произведен расчет силового баланса и определена максимальная скорость транспортного средства. Исходя из определенных ранее параметров, определен путь и время разгона. Рассчитана топливная экономичность транспортного средства. Результаты тягового расчета в виде графиков вынесены на лист графической части и отражены в приложении А расчетно-пояснительной записки.

Результатом выполнения раздела явился анализ конструкции различных типов гусеничных движителей. Выявлены преимущества и недостатки каждой из конструкций. На основании произведенного анализа была выбрана гусеничная схема с подрессоренными массами, устанавливаемыми на оси ведущих и ведомых колес. В соответствии с выбранной конструкторской схемой была определена расчетная схема наиболее нагруженных узлов. Выполнен расчет осей катков, как воспринимающих нагрузку от веса автомобиля и усилий, передаваемых дорожными неровностями.

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку гусеничных движителей для автомобиля УАЗ-3151. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции гусеничного движителя. Определены расходы по

основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция гусеничных движителей будет являться конкурентной по цене.

На основании всего изложенного, считаем поставленные в рамках выпускной квалификационной работы задачи выполненными.

Список используемых источников

1. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
4. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
5. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.
8. Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

9. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

10. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

11. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

12. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

13. Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

14. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

15. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

16. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

17. Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарова, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

18.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

19.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

20.Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.

21.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

22.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019.– 350 с.

Приложение А
Графики тягового расчета

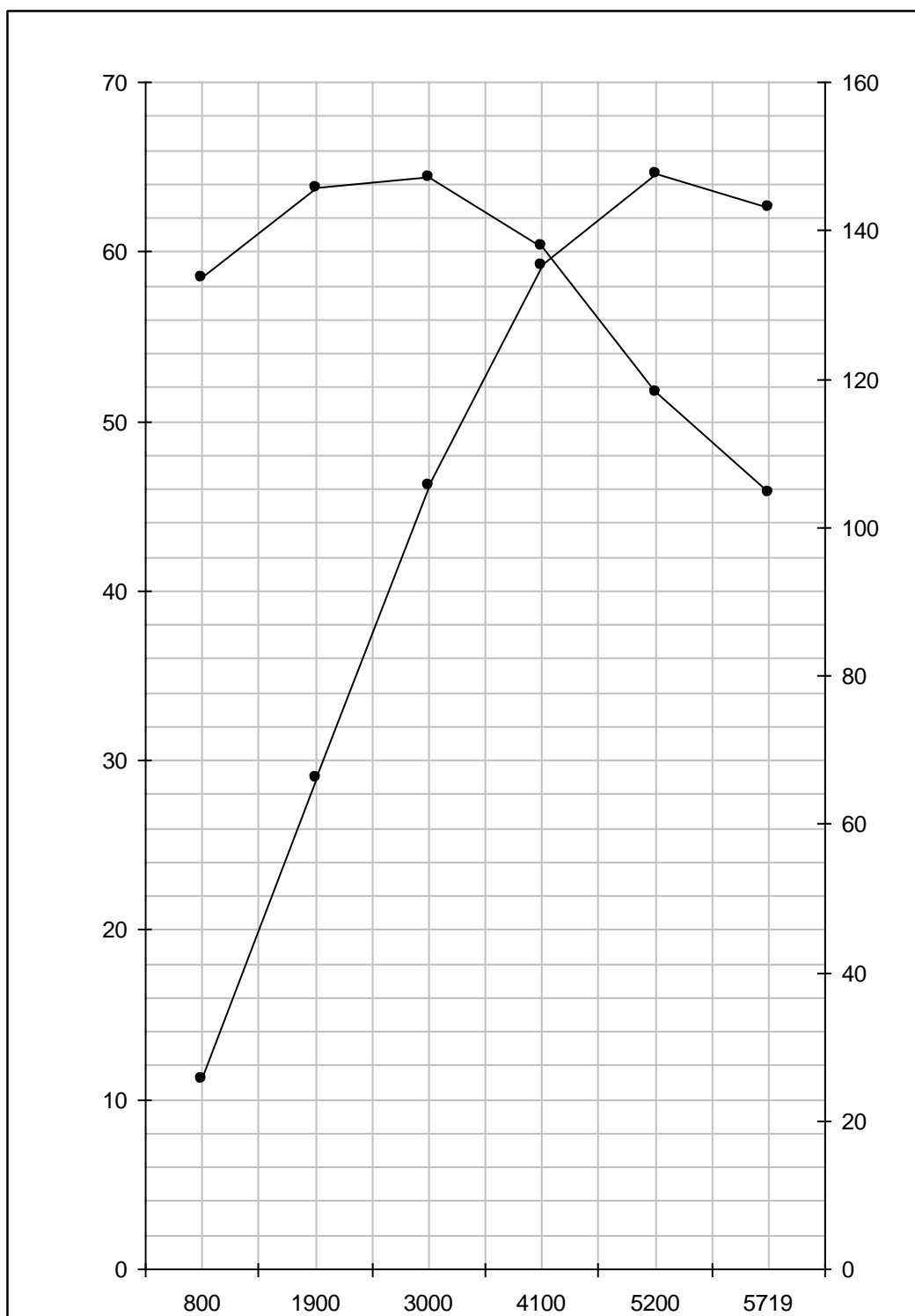


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

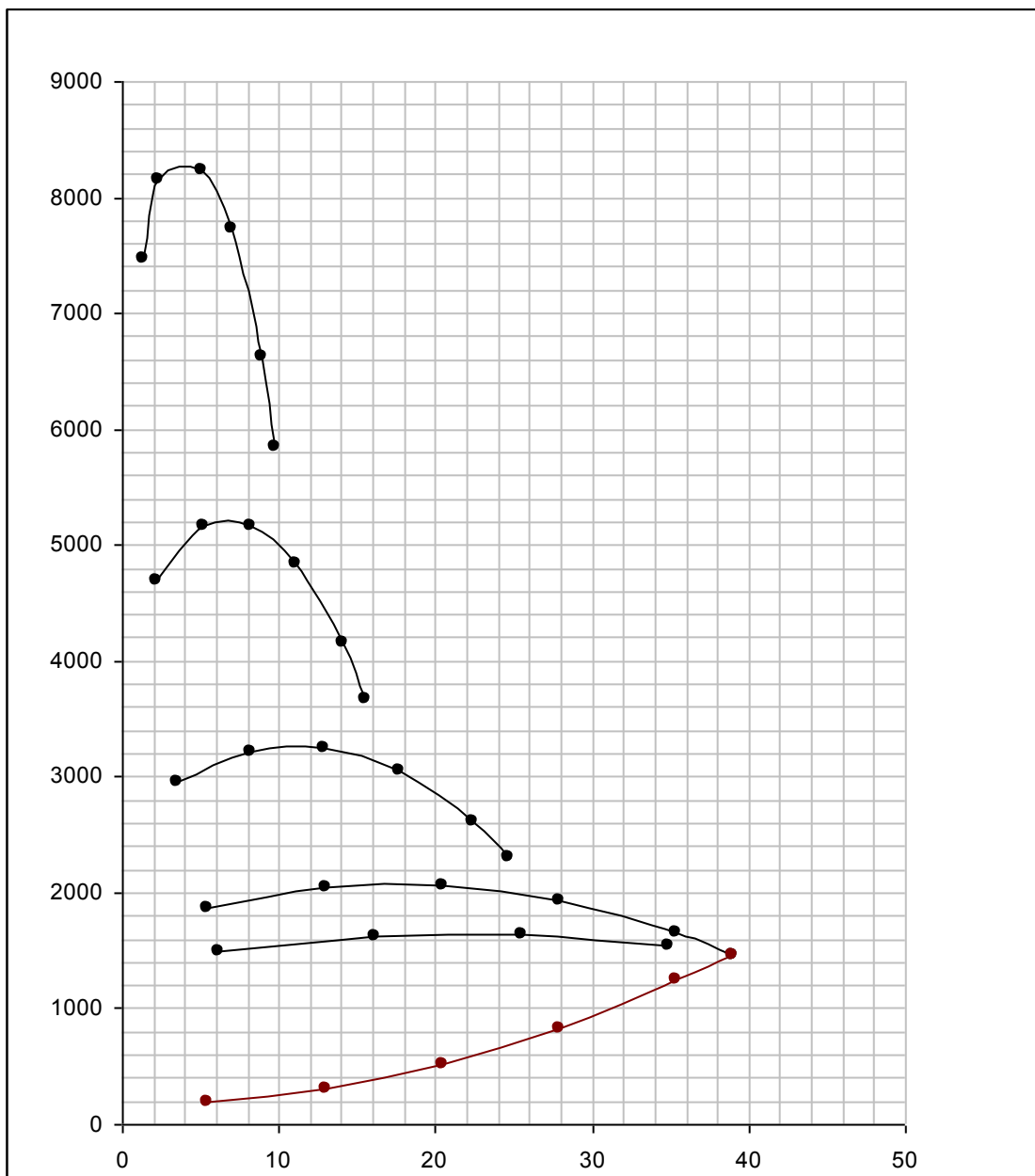


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

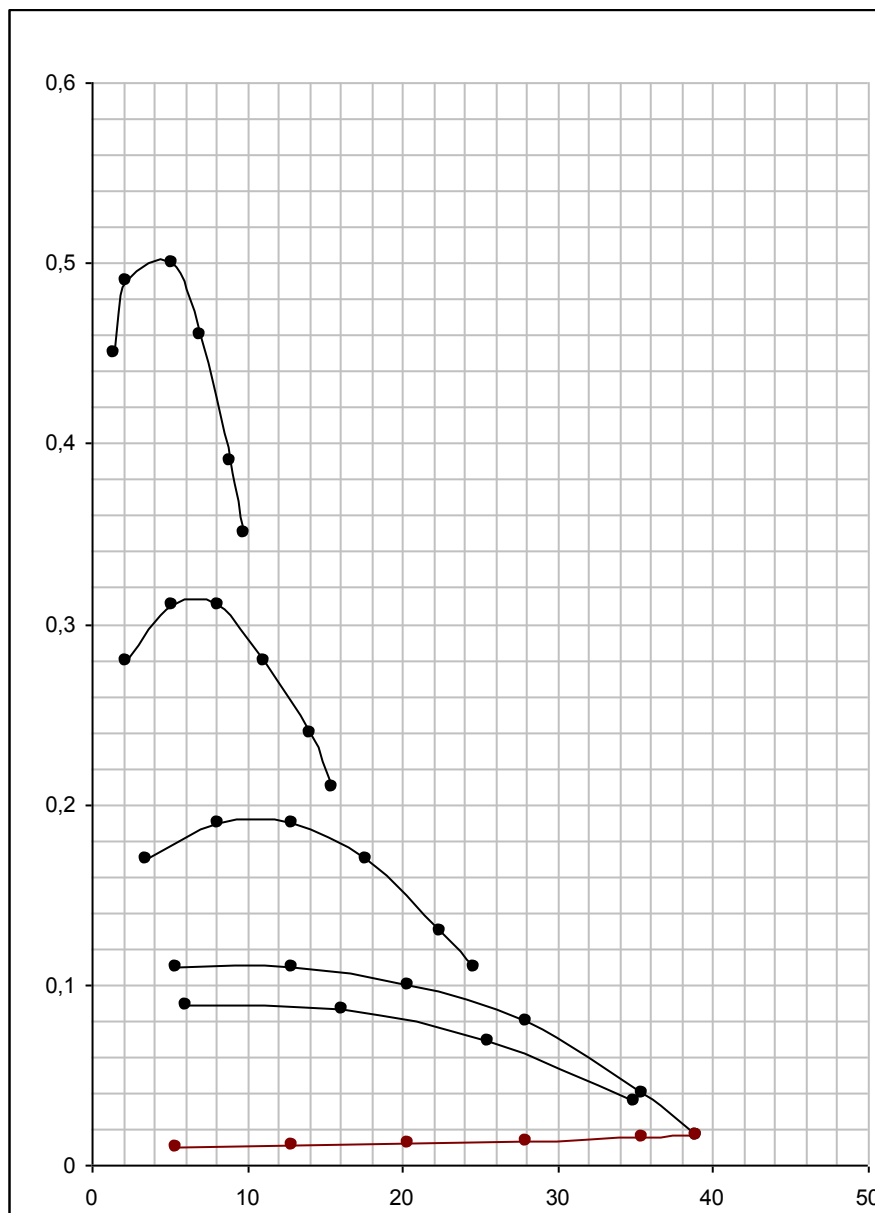


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

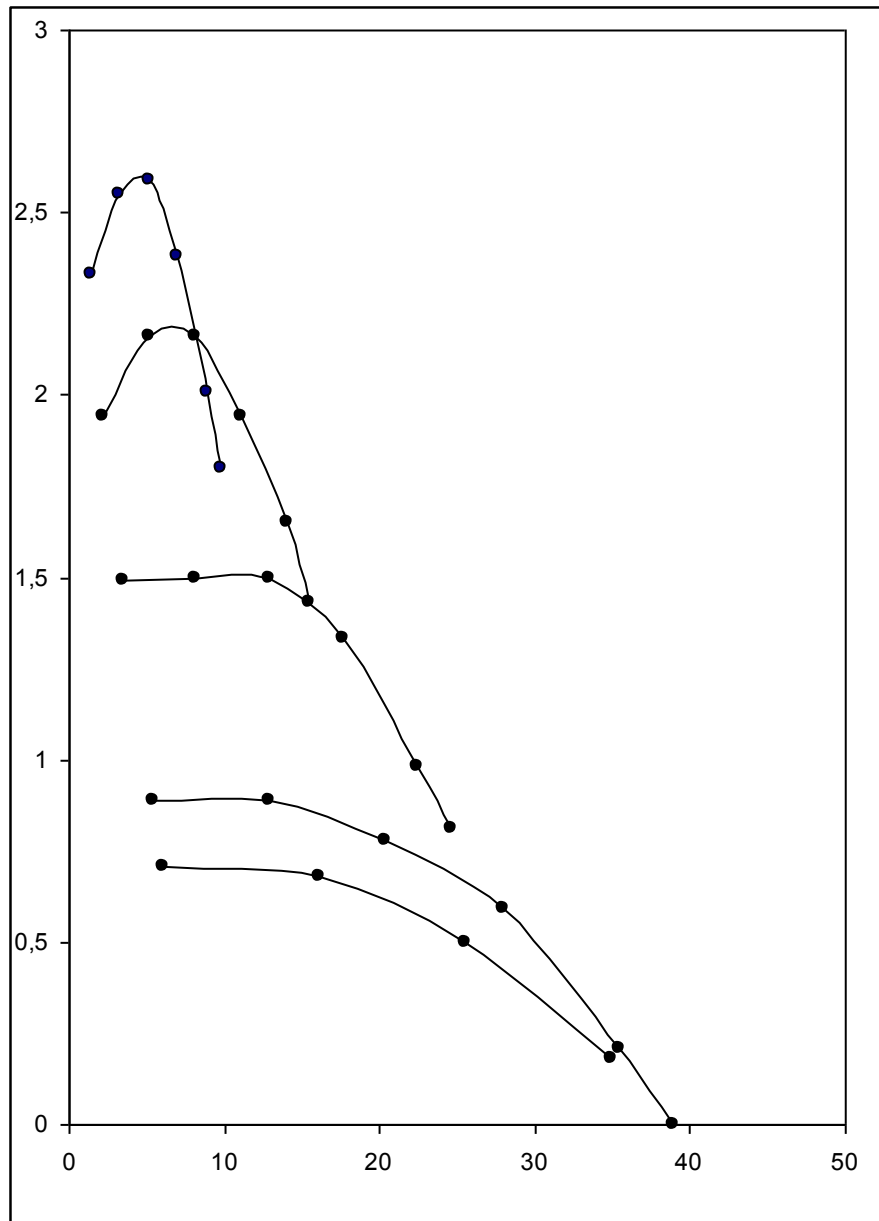


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

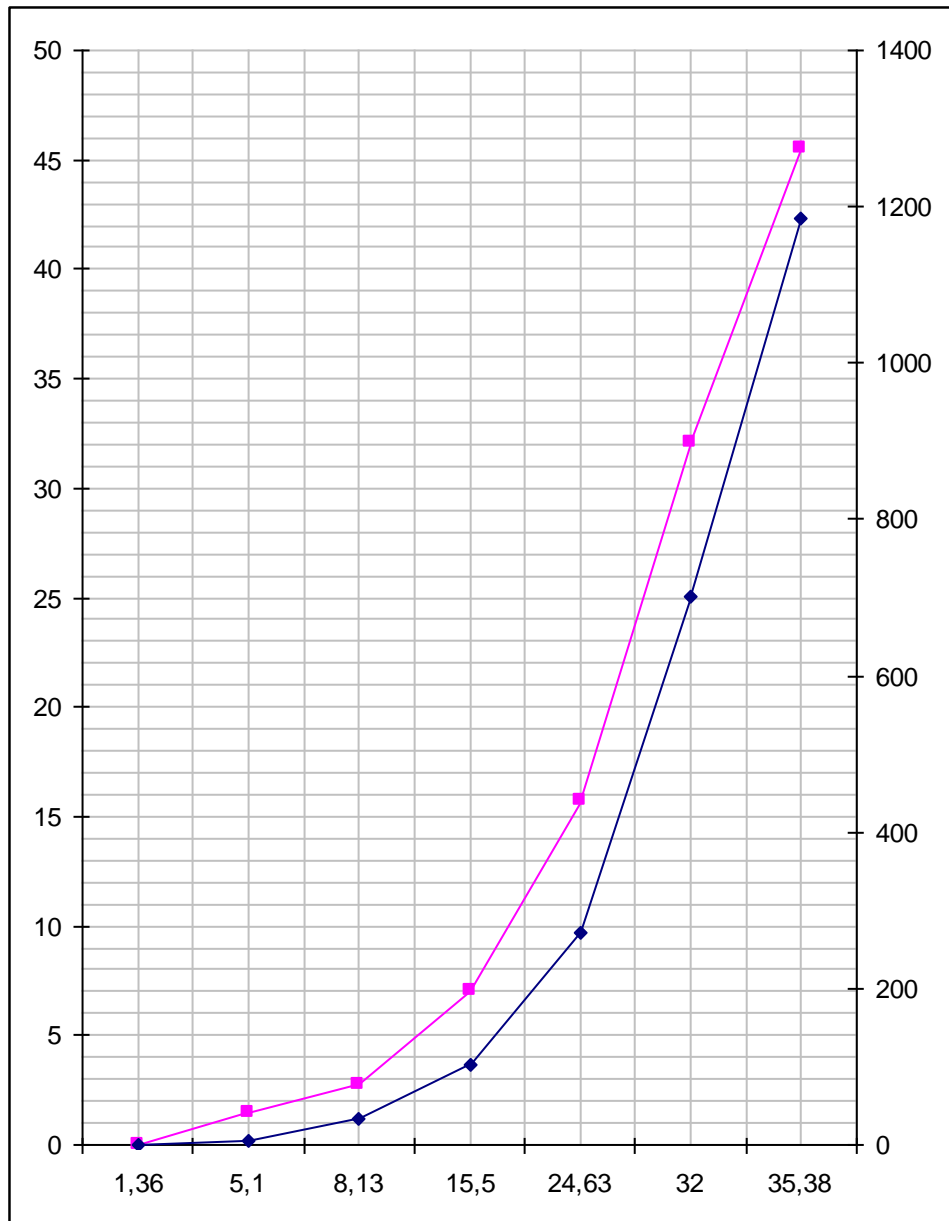


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

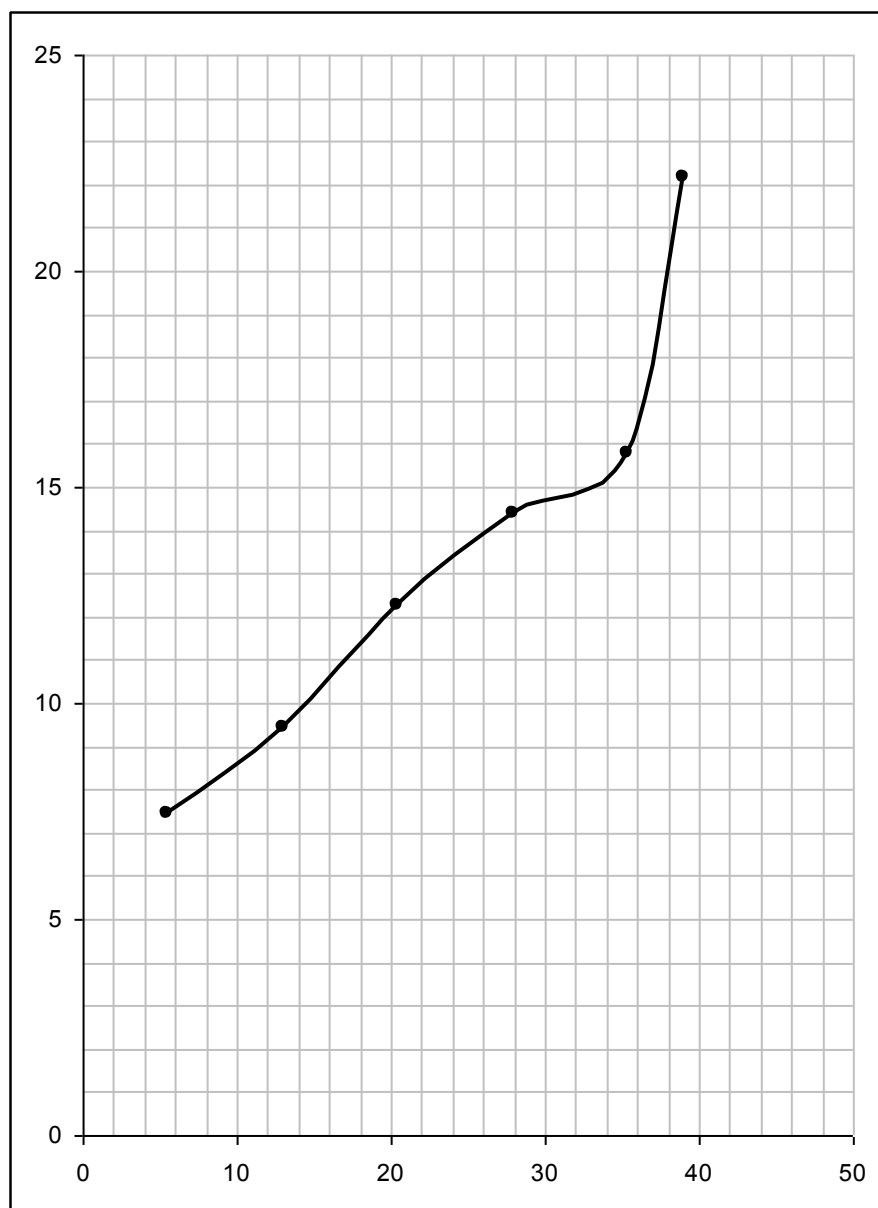


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика