

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Повышение проходимости полноприводного легкового автомобиля Lada 4x4  
путем разработки гусеничных движителей

Студент

А.А. Приходько

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.Р. Галиев

(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)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

## **Аннотация**

Дипломный проект выполнен на тему: «Повышение проходимости полноприводного легкового автомобиля Lada 4x4 путем разработки гусеничных движителей».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 89 страниц с приложением. Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В результате работы были рассмотрены возможные условия эксплуатации автомобилей в условиях отсутствия дорог, выявлены конструктивные особенности внедорожных автомобилей, проведён обзор конструкций полугусеничного хода, разработана схема гусеничного хода, произведены прочностные расчёты наиболее нагруженных деталей гусеничного хода, разработано операционно-технологическая карта монтажа гусеничного хода, разработано приспособление для удобства монтажа и демонтажа гусеничного хода, произведены прочностные расчёты наиболее нагруженных деталей приспособления, разработаны мероприятия БЖД для участка ремонта гусеничного хода, определены технико-экономические показатели проекта.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

## **Abstract**

This graduation work is devoted to the increasing the cross-country ability of an all-wheel drive «Lada 4x4» car by developing caterpillar drives».

An explanatory note consists of five parts, introduction and conclusion, list of references, 1 appendix, totally 89 pages, including attachments. The graphic part is on 10 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation work is fully consistent with the issued assignment.

In the first part of graduation work, the main methods of increasing the vehicles cross-country ability, the possible operating conditions for vehicles in bad road conditions were considered. The main requirements for caterpillar drives were studied. The design features of off-road vehicles were identified. The aim and the tasks of graduation work were set.

In the second part, the classification of caterpillar drives was presented. The production of vehicles with caterpillar drives was considered, and the review of caterpillar drives constructions was carried out.

In the third part we developed the scheme of caterpillar drives for vehicle. The strength calculations of the most loaded parts of the caterpillar drives were carried out. Also, we developed the technological assembling chart for caterpillar drives.

The fourth part dealt with the production and ecological safety of the project.

The fifth part of the graduation work showed the economic efficiency of the project.

In the conclusion the results of the study were presented.

## Содержание

Введение.....	5
1 Исследование состояния вопроса.....	8
1.1 Основные методы повышения проходимости автомобилей.....	8
1.2 Условия эксплуатации полноприводных автомобилей.....	20
1.3 Основные требования, предъявляемые к гусеничным движителям.....	32
1.4 Общие сведения о машинах с гусеничными движителями.....	32
2 Теоретическая часть.....	35
2.1 Классификация гусеничных движителей.....	35
2.2 Производство автомобилей с гусеничными движителями в РФ.....	36
2.3 Современный автомобиль с гусеничными движителями.....	38
2.4 Обзор некоторых конструкций гусеничных движителей.....	39
3 Расчётно-технологическая часть.....	48
3.1 Разработка собственной конструкции гусеничных ходов для автомобиля категории М1.....	48
3.2 Конструкторские расчёты разрабатываемых движителей.....	55
3.3 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта гусеничного хода.....	58
4 Производственная и экологическая безопасность проекта.....	63
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1.....	63
4.2 Определение профессиональных рисков.....	65
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	66
4.4 Пожарная безопасность.....	70
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1.....	72
5 Экономическая эффективность проекта.....	75
Заключение.....	83
Список используемой литературы и используемых источников.....	84
Приложение А Спецификация.....	87

## Введение

Дипломный проект выполнен на тему: «Повышение проходимости полноприводного легкового автомобиля Lada 4x4 путем разработки гусеничных движителей».

«Россия - страна, территориально расположенная в восточной Европе и северной Азии, занимает первое место по площади среди стран мира, с разнообразными климатическими условиями. Обильное выпадение осадков, болотистая местность, в том числе, длительные, заснеженные зимы, на обширном части ее территории, отсутствие даже условно проходимых дорог, делает невозможным передвижение автотехники не обладающей свойствами повышенной проходимости. Внедорожные автомобили, необходимые для эксплуатации в тяжелых условиях, конструктивно сложнее и дороже с экономической точки зрения, в сравнении с обычным шоссейным авто. Разнообразие состава дорожного покрытия: болотистая местность, рыхлый снег, вязкий песок по разному физически, препятствуют продвижению автотранспортного средства. Универсального, абсолютного решения в создании единого для любых поверхностей устройства, которое позволяло бы с неизменным сцеплением двигаться по разнообразной поверхности, нет.

Пользуясь всемирным изобретением прошлого, эффективным способом повышения проходимости автомобилей, в условиях бездорожья, применяются системы полугусеничных и гусеничных движителей.

«Изобретателем гусеницы в России считается русский изобретатель Фёдор Абрамович Блинов. В 1877 году он изобретает вагон на гусеничном ходу. В нижней части рамы крепились на рессорах две тележки, которые могли поворачиваться в горизонтальной плоскости вместе с осями опорных колёс. Бесконечные рельсы вагона представляли собой замкнутые железные ленты, состоящие из отдельных звеньев. Вагон имел четыре опорных колеса и четыре ведущие звёздочки. В 1878 году купец Канонников, рассчитывая на прибыли от внедрения гусеничного хода, вошёл с ходатайством в

департамент торговли и мануфактур с прошением о выдаче Блинову привилегии, которая значилась под номером 2245 и была получена год спустя» [2].

«В США изобретателями гусеничного хода считаются Бэст и Хольт, которые создали трактор с навешенным на него бульдозерным оборудованием – он и стал прообразом современного бульдозера. Caterpillar – название компании, основанной этими изобретателями, в переводе означает гусеница» [1].

«Во Франции об изобретении инженером д'Эрманом современного гусеничного движителя стало известно в 1713 году.

Проект, «четок из катков» получил положительный отзыв французской академии наук, представлял собой тележку для тяжёлых грузов, перекатывающуюся на бесконечных лентах из деревянных катков, концы которых шарнирно соединены планками, но практического применения, это изобретение не нашло. В 1818 году, по столетнему проекту д'Армана, Дюбоше получил привилегию на способ устройства экипажей с подвижными рельсовыми путями и даже создал несколько таких экипажей.

Помимо гусеницы как части гусеничного движителя для автотранспортной техники и задолго до изобретения гусеничных амфибий гусеница также применялась в качестве движителя для водного транспорта. такая гусеница представляла из себя конвейер с веслами. Она была изобретена в 1782 году изобретателем по имени Десбланкс. В США она была запатентованна в 1839 году Уильямом Левенуорфом» [34].

Гусеничные движители изобретали много раз, в разных странах Европы и Америки и к концу XIX века было запатентовано несколько десятков изобретений. Укладываемые на землю звенья гусеницы (траки), уменьшали давление колеса на грунт, увеличивали площадь контакта с грунтом и тем самым повышали проходимость по мягким грунтам. Параллельная идея «шагающего колеса», «колеса на башмаках», нашла свое практическое применение в артиллерийских орудиях, как противооткатное

устройство при выстреле. В 1859 году П. Миллер, подал заявку на патент «машины-локомотива», представляющего тягач для плуга, бороны или сеялки. Гусеница парового трактора состояла из башмаков, соединенных продольными звеньями, перекинутых через большие передние и задние колеса, поддерживаемые опорными катками меньшего диаметра (кинематика гусеничного трактора). Однако серийное производство гусеничных тракторов в Европе и Америке, началось только в XX веке.

Гусеничный движитель – устройство, преобразующее энергию двигателя в тяговое усилие, путем перематывания гусеничных лент, состоящих, в том числе из траков. Повышенная проходимость достигается большой площадью соприкосновения гусениц с поверхностью, обеспечивая низкое среднее давление на грунт от 11,8 до 118 кПа. Так гусеничный движитель противостоит глубокому погружению в грунт.

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 высокомарганцовистой стали и подвергают термической обработке, а также используют резино-металлические шарниры, шарниры с игольчатым подшипником.

## **1 Исследование состояния вопроса**

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

Одним из основных принципов создания автомобиля для условий отсутствия дорог является его проходимость.

«Проходимость является эксплуатационным свойством, имеющим важное значение для любых автомобилей, особенно работающих в сельском хозяйстве, лесной промышленности, на строительстве, в карьерах и в условиях отсутствия дорог. 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» [3].

«К габаритным параметрам (рисунки 1, 2) проходимости автомобиля, к способности вписываться в ситуационные дорожные габариты, относятся: дорожный просвет, углы переднего и заднего свеса, продольный и поперечный радиусы проходимости, наружный и внутренний габаритные радиусы поворота, поворотная ширина. Для определения проходимости автопоездов, существует дополнительный габаритный параметр - угол гибкости, в вертикальной и в горизонтальной плоскости» [4].

«Дорожный просвет (клиренс) это расстояние от грунта до наиболее низко расположенного элемента конструкции машины, исключая колёса или гусеницы. Он характеризует возможность автомобиля, не задевая преодолевать препятствия в виде камней, пней, кочек и подобных предметов. Обычно клиренс определяется под картером главной передачи ведущего моста, эта величина зависит от типа автомобиля и его предназначения. Так, для грузовых автомобилей ограниченной проходимости дорожный просвет составляет от 245 до 290 мм, а для автомобилей повышенной проходимости – от 315 до 400 мм. Увеличение дорожного просвета приводит, с одной

стороны к повышению проходимости, достигается увеличением диаметра колес и уменьшением габаритов главной передачи (например, разнесенная главная передача), с другой к повышению центра тяжести автомобиля, влекущем ухудшение устойчивости, появление валкости» [23].

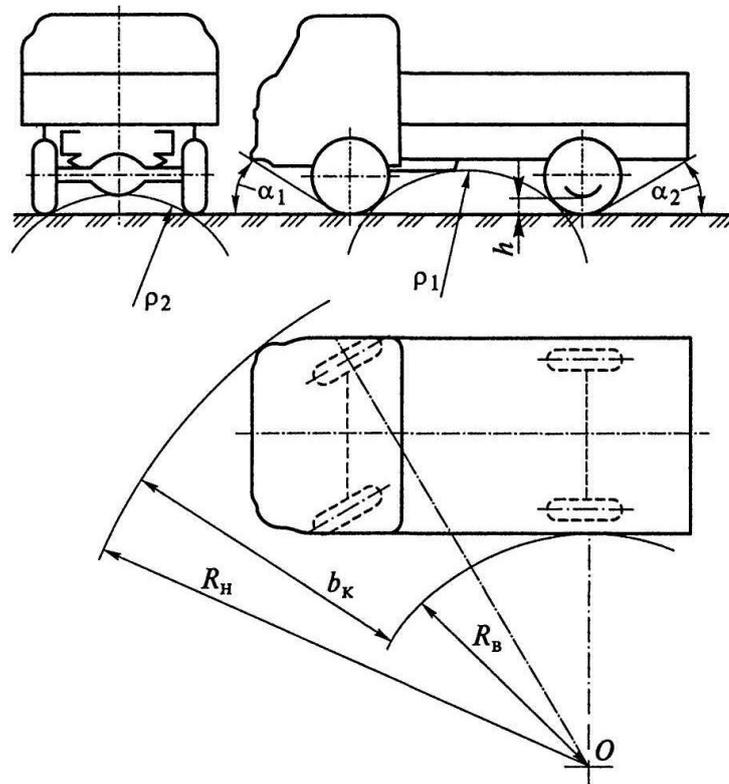


Рисунок 1 – Габаритные параметры проходимости автомобиля

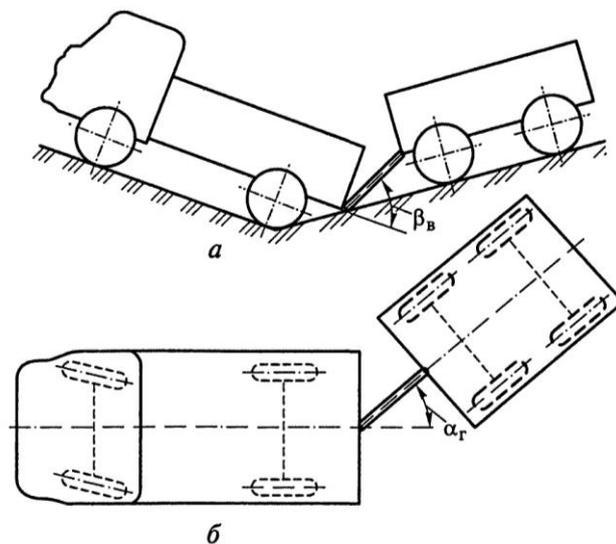


Рисунок 2 – Углы гибкости автопоезда в вертикальной (а) и в горизонтальной (б) плоскостях

«Углами переднего и заднего свеса называются углы, между плоскостью дороги и плоскостями, образованными касательными к передним и задним колесам и выступающими низшими точками, соответственно передней и задней частей автомобиля. Они характеризуют преодоление автомобилем без задевания, препятствий во время въезда или съезда с него (бугор, канава, яма, кювет и прочие похожие препятствия). Чем больше величина углов свеса, тем выше проходимость автомобиля.

Для автомобилей повышенной проходимости передний угол свеса равен от  $35$  до  $55^\circ$  и задний – от  $32$  до  $42^\circ$ .

Продольный и поперечный радиусы проходимости представляют собой радиусы окружностей, касательных к колесам и низшим точкам автомобиля в продольной и поперечной плоскостях. Это максимальные радиусы определяющие контуры препятствий, преодолевая которые автомобиль не задевает их. Чем меньше заявленные радиусы, тем выше проходимость автомобиля. Так, например, продольный радиус проходимости для обычных грузовых автомобилей составляет от  $2,7$  до  $5,5$  м, а для автомобилей повышенной проходимости – от  $2$  до  $3,5$  м» [3].

«Внутренний и наружный габаритные радиусы поворота – это расстояния от центра поворота соответственно до ближайшей и наиболее удаленной точек автомобиля при максимальном повороте управляемых колес.

Поворотная ширина автомобиля характеризует разность между его наружным и внутренним радиусами поворота.

Радиусы поворота и поворотная ширина автомобиля характеризуют также и маневренность автомобиля – способность поворачиваться на минимальной площади. Одиночные автомобили более маневренны, чем автопоезда. Маневренность автопоездов ухудшается при увеличении числа единиц и базы прицепного состава» [3].

«Понятие угол гибкости, применим только для автопоездов. Это максимально возможное отклонение от прямой, составляющей ось сцепной

петли прицепа и ось тягового крюка, в вертикальной и горизонтальной плоскости, угол возможного отклонения. Угол гибкости в вертикальной плоскости (рисунок 1.2) автопоезда характеризует его проходимость по неровностям дороги, а угол гибкости в горизонтальной плоскости – маневренность, способность развернуться на меньшем радиусе» [5].

«Тяговые и опорно-сцепные параметры проходимости. Комплексный фактор проходимости. Эти параметры характеризуют проходимость автомобиля на мягких и твердых скользких дорогах, а также на подъемах.

Основными тяговыми и опорно-сцепными параметрами проходимости являются удельная мощность, динамический фактор по тяге, удельное давление колес на дорогу и коэффициент сцепления колес с дорогой. Указанные параметры проходимости зависят от типа автомобиля и условий его эксплуатации» [20].

Удельная мощность автомобиля определяется по формуле:

$$N_{уд} = \frac{N_{max}}{m_a}, \quad (1)$$

Чем больше удельная мощность, тем выше проходимость автомобиля.

«Динамический фактор по тяге характеризует тяговые свойства автомобиля при преодолении тяжелых участков дороги с большим сопротивлением движению. Поэтому автомобиль, работающий в тяжелых дорожных условиях, должен обладать большим динамическим фактором. Чем больше динамический фактор, тем меньше вероятность потери проходимости вследствие недостаточных тяговых свойств автомобиля. Однако значение динамического фактора по тяге ограничивается сцеплением колес с дорогой. Для реализации максимального динамического фактора без буксования ведущих колес необходимо увеличивать сцепление колес с дорогой и повышать сцепной вес автомобиля (нагрузку на ведущие колеса).

Увеличение сцепления колес с дорогой достигается выбором

определенного типа шин и рисунка протектора, а повышение сцепного веса – увеличением числа ведущих колес и смещением центра тяжести автомобиля к ведущему мосту, применение полугусеничных ходов автомобиля» [4].

«Максимальные значения динамического фактора по тяге составляют от 0,6 до 0,8 – для автомобилей повышенной проходимости.

Для повышения проходимости автомобиля необходимо увеличивать максимальный динамический фактор по тяге. Это может быть достигнуто применением двигателей большей мощности, установкой гидropередачи, подбором передаточных чисел трансмиссии (за счет понижающей передачи в раздаточной коробке), увеличением числа ведущих колес» [6].

«Удельное давление на опорную поверхность, определяется по формуле:

$$P_{уд} = \frac{G_k}{F_k}, \quad (2)$$

где  $G_k$  – нагрузка на колесо;

$F_k$  – площадь контакта колеса с дорогой» [3].

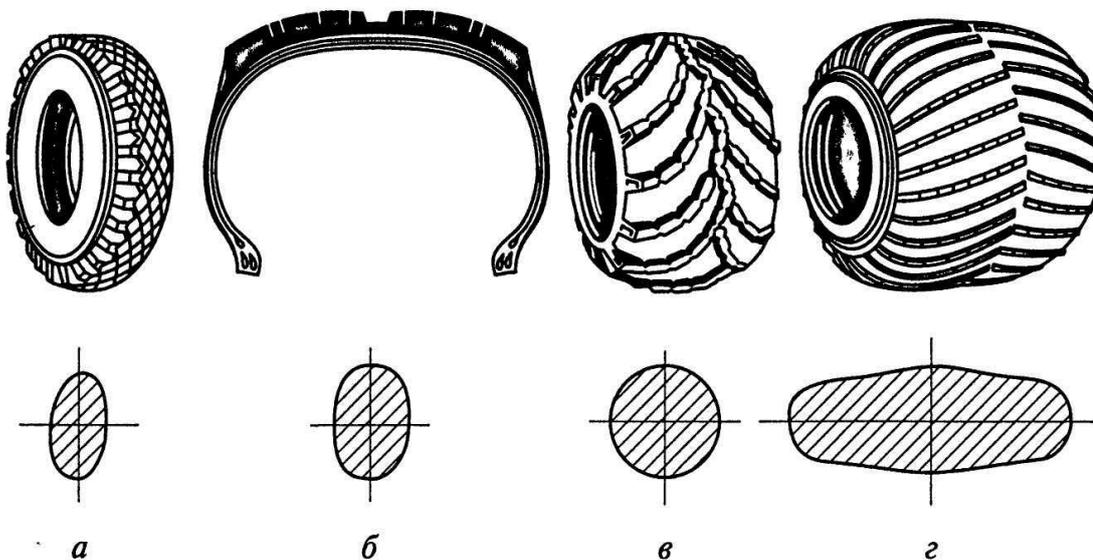
«Для повышения проходимости по мягким дорогам необходимо уменьшать давление колес на дорогу. Это достигается понижением давления воздуха в шинах, увеличением размеров шин, числа мостов и колес, а также применением специальных шин, применение полугусеничных ходов. Использование специальных шин уменьшает удельное давление колес на дорогу за счет увеличения площади их контакта (рисунок 3) с опорной поверхностью. Так, по сравнению с обычными шинами площадь контакта широкопрофильных шин больше от 20 до 40 %, арочных – от 1,5 до 2,0 раза и пневмокотков – от 2,5 до 3,0 раза, причем проходимость автомобиля, оборудованного пневмокотками, приближается к проходимости гусеничных машин» [4].

«Удельное давление колес на дорогу зависит от типа автомобиля и

условий его эксплуатации. Например, на дороге с асфальтобетонным покрытием удельное давление составляет от 0,18 до 0,55 МПа для грузовых автомобилей ограниченной проходимости и от 0,2 до 0,4 МПа – для автомобилей повышенной проходимости.

Коэффициент сцепления характеризует проходимость автомобиля по влажным грунтам и скользкой (обледенелой) дороге. Увеличение коэффициента сцепления приводит к повышению проходимости автомобиля по таким дорогам.

На коэффициент сцепления значительное влияние оказывают рисунок протектора шин и его насыщенность, материал гусеницы полугусеничного хода. Коэффициент насыщенности рисунка протектора шины определяется как доля нагрузки, приходящейся на грунтозацепы, и выражается в процентах» [3].



а – тороидальная; б – широкопрофильная; в – арочная; г – пневмокаток

Рисунок 3 – Шины и площади контакта шин с дорогой

«В условиях бездорожья обычно используются шины с крупными и широко расставленными грунтозацепами, у которых коэффициент насыщенности рисунка протектора составляет от 15 до 25 %. Протектор таких

шин не забивается грязью.

На песочном грунте используются шины с невысокими грунтозацепами и небольшими расстояниями между ними. Коэффициент насыщенности рисунка протектора таких шин составляет от 80 до 90 %» [4].

«Для безопасного движения, в зимних условиях на обледенелых дорогах применяют шины «липучки» с зимним рисунком протектора и специальным составом резины или профилированными шипами противоскольжения, способствующие лучшему сцеплению и препятствующие боковому сносу автомобиля. Для временного достижения повышенного сцепления колес с дорогой, контролируемого преодоления пологого, обледенелого подъема или спуска, применяют навесное оборудование типа цепей противоскольжения: витых, браслетных, гусеничных» [22].

«Комплексный фактор проходимости характеризует эффективность использования автомобиля при его эксплуатации на тяжелых дорогах и по бездорожью. Он учитывает снижение производительности автомобиля (вследствие уменьшения средней скорости движения и массы перевозимого груза) и ухудшение топливной экономичности в этих условиях эксплуатации по сравнению с шоссейными дорогами» [5].

«Комплексный фактор проходимости автомобиля:

$$P_K = \frac{G_{ГМ} \cdot v_M \cdot q_{Ш}}{G_{ГШ} \cdot v_{Ш} \cdot q_M}, \quad (3)$$

где  $G_{ГМ}$ ,  $G_{ГШ}$  – полезные нагрузки соответственно на тяжелых дорогах (по бездорожью) и шоссейных дорогах;

$v_M$ ,  $v_{Ш}$  – средние скорости движения на таких дорогах;

$q_M$ ,  $q_{Ш}$  – путевой расход топлива» [2].

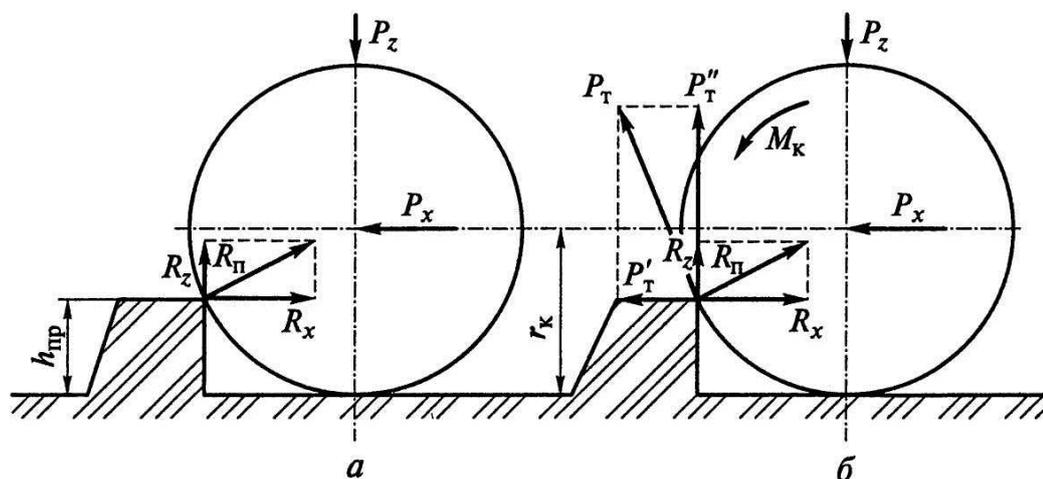
«На проходимость автомобиля оказывают влияние следующие конструктивные и эксплуатационные факторы: тип, колея колес, тип

дифференциала и подвески.

«Тип колес. 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» [3].

На рисунке 4 представлены схемы ведомого и ведущего колес автомобиля, которые преодолевают вертикальное препятствие.

На переднее ведомое колесо (рисунок 4, а) в этом случае действуют вертикальная нагрузка, толкающая сила и реакция препятствия.



$P_T^I, P_T^{II}$  – составляющие тяговой силы при преодолении препятствия

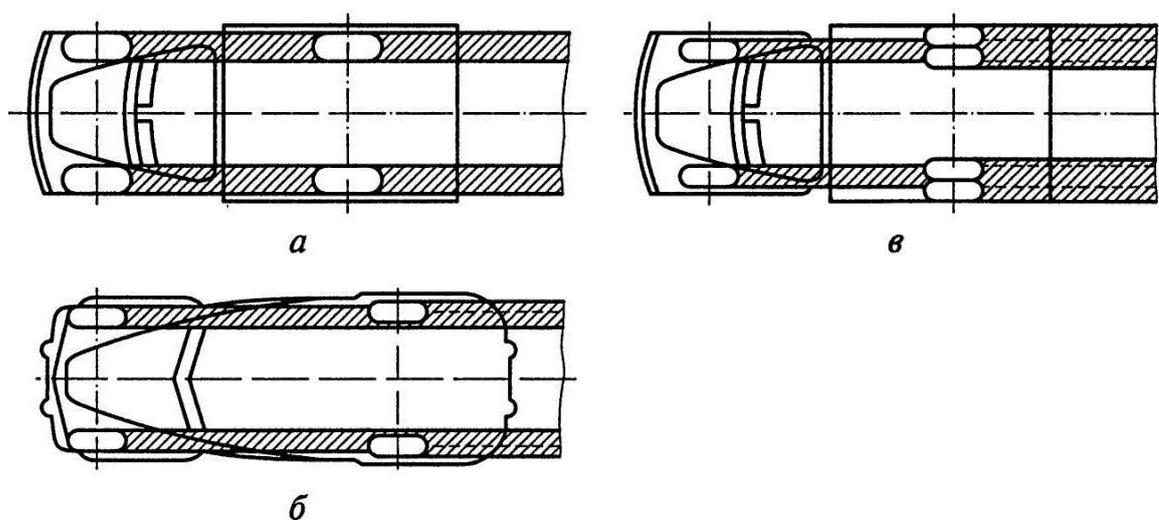
Рисунок 4 – Преодоление вертикального препятствия ведомым (а) и ведущим (б) колесами автомобиля

«Опытным путем доказано, что для переднего ведомого колеса высота преодолеваемого вертикального препятствия не превышает  $2/3$  радиуса колеса. Если высота препятствия превышает  $2/3$  радиуса колеса, переднее ведомое колесо не сможет преодолеть его, даже приложив очень большое толкающее усилие.

Ведущее колесо (рисунок 4, б) в отличие от колеса ведомого, взаимодействует с препятствием с учетом дополнительно действующего крутящего момента, который вызывает появление силы  $P_m$ . Составляющая

$P_m^I$  этой силы уменьшает составляющую  $R_x$  реакции препятствия, противодействующую движению. Составляющая  $P_m^{II}$  тяговой силы обеспечивает ведущему колесу возможность преодоления препятствия. Опытным путем доказано, что для ведущего колеса высота преодолеваемого вертикального препятствия равна радиуса колеса» [5].

«Колея колес. Соотношение между колеями передних и задних колес автомобиля (рисунок 5) имеет большое значение при движении по мягким грунтам. Несовпадение колеи передних и задних колес приводит к увеличению сопротивления движению, и наоборот. При совпадении колеи передних и задних колес проходимость повышается, так как передние колеса образуют в грунте колею, а задние колеса движутся по уже уплотненному грунту колеи» [13].



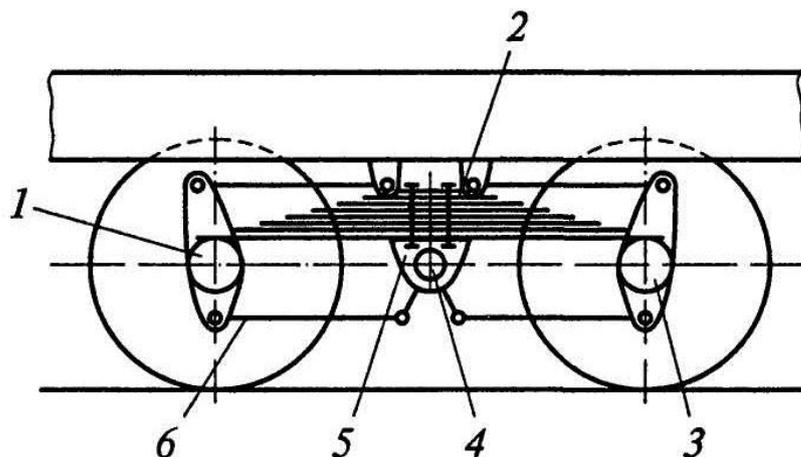
а – совпадающие; б – несовпадающие; в – при двухскатных задних колесах

Рисунок 5 – Колеи передних и задних колес автомобиля

«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 30 % ширины шины, иначе проходимость существенно

ухудшится» [5].

«Тип подвески колес. При Движении по пересеченной местности автомобилей с колесными формулами 6x4 и 6x6 исключение отрыва колес от грунта обеспечивает балансирующая (рисунок 6) или независимая подвеска. При использовании таких подвесок колеса лучше приспособляются к неровностям поверхности, и проходимость автомобиля повышается» [6].



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

Рисунок 6 – Схема балансирующей подвески колес автомобиля

«Гидропередача и раздаточная коробка. Применение гидропередач и раздаточных коробок с понижающими передачами существенно повышает проходимость автомобиля особенно по мягким и влажным грунтам. Благодаря их применению достигается минимальная скорость движения (от 0,5 до 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» [4].

Тип дифференциала.

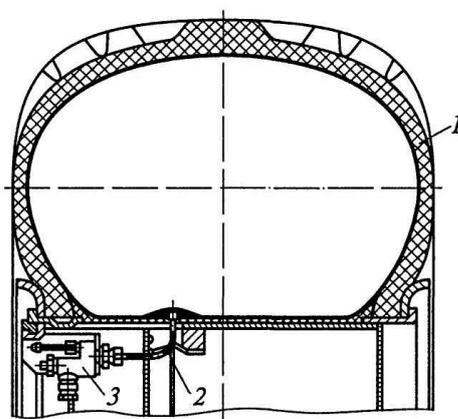
«Конический симметричный дифференциал уменьшает проходимость автомобиля, так как распределяет поровну между ведущими колесами крутящий момент, а тяговая сила на них определяется колесом с меньшим сцеплением. Это дифференциал малого трения. Трение в дифференциале

позволяет передавать больший крутящий момент на небуксующее колесо и меньший – на буксующее. При использовании конического дифференциала суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает за счет трения от 4 до 6 %.

Червячный и кулачковый дифференциалы увеличивают проходимость автомобиля. Они являются дифференциалами повышенного трения. В случае их применения суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает от 10 до 15 %.

Блокируемые дифференциалы еще больше увеличивают проходимость автомобиля. При использовании таких дифференциалов суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает от 20 до 25 %» [5].

«Автомобильная централизованная пневмосистема регулирования давления воздуха в шинах, позволяет водителю, не прекращая движение, изменять давление воздуха в шинах колёс при изменении дорожных условий или для подкачки колёс, (рисунок 7) существенно повышая проходимость автомобиля в особо тяжелых дорожных условиях и по бездорожью приближаясь к проходимости гусеничных машин. В зависимости от дорожных условий давление воздуха в шинах можно изменять в интервале от 0,05 до 0,35 МПа (в зависимости от общей массы и грузоподъемности авто)» [5].



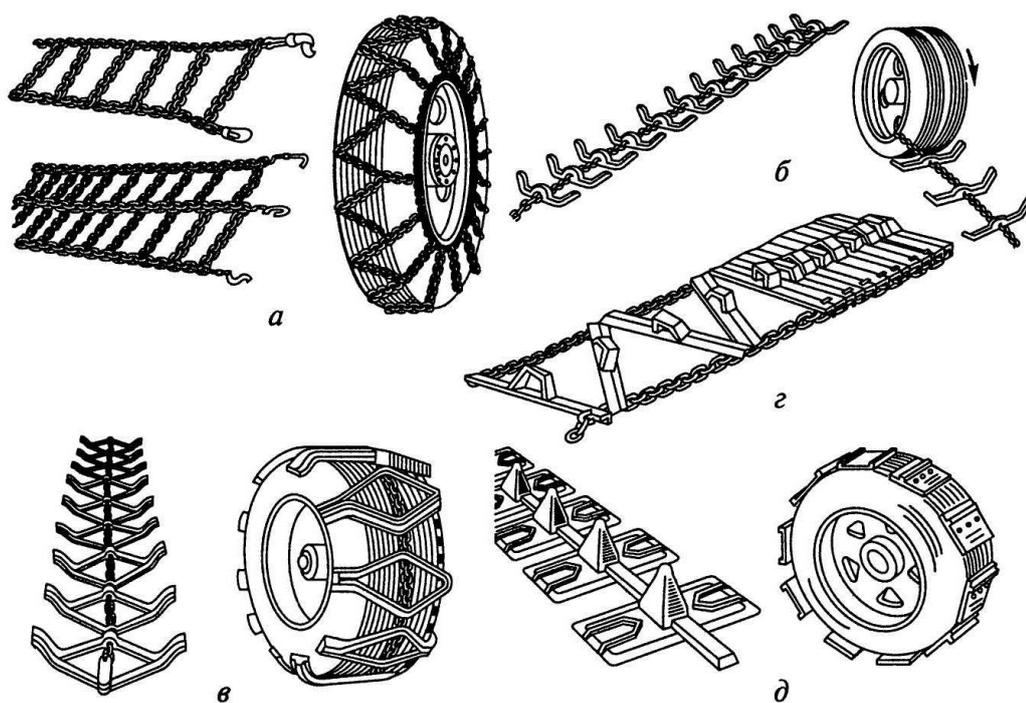
1 – широкопрофильная шина; 2 – вентиль камеры; 3 – запорный кран колеса

Рисунок 7 – Колесо с регулированием давления воздуха в шине

## Устройства для самовытаскивания.

«Применение самовытаскивающих устройств (лебедки с приводом от коробки отбора мощности, лебедки самовытаскивания, монтируемые на ведущие колеса) позволяют значительно повысить проходимость автомобиля при преодолении особо тяжелых участков дороги» [6].

«Самое распространенное приспособление, цепи противоскольжения (рисунок 8) устанавливаются на ведущие колеса автомобиля, натягиваются и фиксируются замками. Конструктивно цепи противоскольжения делятся на (мелкозвенчатые, траковые, гусеничные), все они увеличивая площадь контакта колес с дорогой, увеличивают тяговую силу и повышают проходимость» [5].



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

Рисунок 8 – Цепи противоскольжения

«Мелкозвенчатые цепи обеспечивают уверенное продвижение автомобиля по мягким грунтам, скользким и обледенелым дорогам, снежной целине увеличивая тяговую силу на ведущих колесах от 25 до 50%.

Траковые цепи обеспечивают уверенное продвижение автомобиля преимущественно, по мягким размокшим грунтам, разбитым грунтовыми дорогам, по заболоченной местности и снежной целине, преодолевая снежный покров в два раза большей толщины, чем без них.

Гусеничные цепи созданы узконаправленно для трехосных автомобилей и монтируются на колесах среднего и заднего ведущих мостов. Чтобы преждевременно не разрушить, приспособление противоскольжения после преодоления сложного участка пути демонтируют, экономя топливо и сохраняя целостность покрытия дорог» [21].

Полугусеничные хода автомобилей рассмотрим ниже.

## **1.2 Условия эксплуатации полноприводных автомобилей**

### **1.2.1 Климатические условия эксплуатации**

«Эксплуатационно-технические требования к полноприводным автомобилям различных типов и модификаций определяются их назначением и условиями эксплуатации. Полноприводные автомобили эксплуатируются в основном на грунтовых дорогах и в тяжелых климатических условиях, при отсутствии стационарных баз технического обслуживания (ТО) и ремонта. Отсюда вытекают такие специфические требования, предъявляемые к их конструкции, как высокие тягово-сцепные свойства, проходимость (с прицепами и полуприцепами), приспособленность к автономному использованию, быстрая готовность к движению и т.д. Чтобы составить более полное представление о том, каким образом при создании полноприводных автомобилей учитываются особенности их эксплуатации, необходимо рассмотреть основные дорожно-климатические условия, требования, вытекающие из этого, и показать, как на основе общих эксплуатационно-технических требований формируется концепция создания автомобилей и принципы их проектирования» [18].

«Автомобили, в том числе и полноприводные, используются в самых

разных природно-климатических условиях. При выполнении транспортных работ на автомобиль воздействует климатические факторы: температура воздуха, влажность, давление воздушного столба, вызванное высотой над уровнем моря, запыленность воздуха, относительная влажность воздуха связанная с количеством и интенсивностью осадков, аэродинамическое сопротивление-скорость ветра и сезонное состояние дорожного покрытия» [6].

При проектировании, компоновочные характеристики автомобиля зависят от особенностей предполагаемой эксплуатации, от заданных эксплуатационных условий.

По средним месячным температуре и относительной влажности окружающего воздуха территория нашей страны согласно климатическому районированию делится на два макроклиматических района: холодный и умеренный; Средняя месячная температура воздуха опускается соответственно, минус 50 градусов по Цельсию и минус 30 градусов по Цельсию. Относительная влажность в отдельных умеренных районах с теплым влажным климатом достигает 98 % при + 30 градусов по Цельсию. Солнечная активность в южных районах страны, провоцирует солнечную фоновую радиацию.

От температурного фактора существенно зависит работа автомобиля. Особенно сказывается влияние низкой температуры: чем ниже температура в районе эксплуатации, тем сложнее и дороже, конструкция автомобиля. Для обеспечения надежной работы двигателя, трансмиссии, подвески, колесных шин, необходимо использовать дополнительные элементы вспомогательных систем, создающие, в том числе и комфортные температурные условия труда водителя. Дополнительно требуется применение топлива со специальными присадками, сверхтекучих масел, резинотехнических морозостойких деталей и других хладостойких материалов.

Высокая температура окружающего воздуха так же влияет на работу двигателя, его температурный режим, заставляя использовать густые масла,

еще более эффективную систему охлаждения двигателя и кондиционирование салона автомобиля. Обеспечение гарантировано надежной работы автомобиля в условиях критически высоких температур, требует применения эффективных систем охлаждения двигателя и трансмиссии, а также установки климатической системы для водителя и пассажиров.

Точный анализ предполагаемых климатических условий эксплуатации автомобиля необходим с экономической точки зрения: для создания оптимального автомобиля с необходимым, но достаточным функционалом, еще на стадии проектирования, исключив расходы на доработку и переделки в условиях производства, для написания рекомендаций, по уходу и эксплуатации автомобиля, поддержанию рабочего состояния в актуальных температурных режимах.

Абсолютное большинство транспортных средств, при проектировании, принимают за рабочий диапазон, температуру воздуха от минус 45 градусов по Цельсию до плюс 50 градусов по Цельсию, что сопоставимо с температурным параметрам присущим умеренным макроклиматическим районам. Допускается кратковременная эксплуатация автомобилей при понижении температуры до минус 50 градусов по Цельсию, опытным путем установлено: изменениями вызванные дельтой температуры равной 5 градусов по Цельсию можно пренебречь, вносить изменения в конструкцию и используемые материалы нецелесообразно.

Проводя практические исследования автомобилей на работоспособность в холодном макроклиматическом районе, изучают условия использования автомобилей в более узких климатических зонах, оценивая воздействие всего комплекса климатических факторов присущих данному району: на целостность конструкционных материалов; полнота сгорания заливаемого топлива, на моющие и смазывающие свойства масла, его зольность, на гигроскопичность тормозной жидкости и гидроусилителя руля на прочие эксплуатационные жидкости.

Проанализировав полученные результаты, учитывая специфику климатической зоны, получим оптимальные рекомендации по эксплуатации автомобилей.

Метод деление на узкие климатические зоны делит зону холодного климата на две: умеренно-холодную и очень холодную.

Зоны холодного макроклиматического района занимают обширную территорию страны. Самой холодной точкой на территории РФ является город Верхоянск. Столбик термометра может опускаться до  $-62$  градусов по Цельсию.

Опыт эксплуатации показывает, что пользование автомобилем ощутимо усложняется при падении температуры воздуха ниже минус 30 градусов по Цельсию, при скорости ветра свыше 12 м/с, осадках более 10 мм в сутки, туманах снижающих видимость до 10м. Значительные территории северных и восточных районов РФ характеризуются, сочетанием всех перечисленных в совокупности, факторов.

Действие отрицательных температур воздуха на автомобиль оценивается по скорости остывания, полностью разогретого двигателя до температуры окружающей среды или наоборот по скорости прогрева двигателя до рабочих температур. Опытным путем установлен градиент температур двигателя внутреннего сгорания, после останова автомобиля: при температуре воздуха минус 40 градусов по Цельсию, колеблется от 15 до 18 градусов по Цельсию в час а при понижении температуры воздуха на 10 градусов по Цельсию, до минус 50 градусов по Цельсию, возрастает вдвое от 25 до 36 градусов по Цельсию в час.

Низкие температуры окружающей среды осложняют разогрев двигателя до номинальных, рабочих режимов, а температурный режим работы агрегатов не достигает номинального. Как пример, полноприводные крупнотоннажные грузовые автомобили повышенной проходимости УралЗИС-355М и КрАЗ-255Б, температура масла в главных передачах мостов, при температуре воздуха минус 30 градусов по Цельсию составляет

от 8 до 18 градусов по Цельсию, а при температуре воздуха минус 40 градусов по Цельсию, уже показывает отрицательные значения. Как следствие, существенно возрастает расход топлива.

Подведем итоги, влияния низких температур:

- даже короткие остановки, с глушением двигателя, влекут за собой длительную процедуру прогрева, перед каждым началом движения, ввиду быстрого остывания двигателя и агрегатов автомобиля;
- значительно растет показатель расхода топлива при переохлаждении смазки в узлах и агрегатах.

К этому следует добавить, что длительное нахождение автомобиля в условиях пониженных температур, влияет на изменения физических и химических свойств конструкционных и эксплуатационные материалов.

Влажность воздуха является важным климатическим фактором, влияющим на эксплуатацию автомобиля, сочетаясь с повышенной температурой, создают благоприятные условия для интенсивной коррозии металлов, окисления каучука, под влиянием тепла и кислорода, окисление базового масла, как вид деструкции с разложением молекулы углеводородов в кислоты и шлам.

Для придания коррозионной стойкости металлическим деталям автомобилей применяют передовые технологические приемы их подготовке и покрытию, применяя специальные грунты, краску и лаковое, многослойное покрытие. Подобное сочетание влажности воздуха и относительно высокой температуры (относительная влажность от 85 до 100 % при температуре от 30 до 35°C) характерна субтропическому климатическому поясу. Субтропики в России расположены на узенькой полоске побережья Черного моря со стороны Кавказских гор, специальные конструктивные решения по обеспечению коррозионной стойкости деталей, являются редкими и предусматриваются только для спец. автомобилей, для работы в условиях повышенной влажности.

«Для районов с очень жарким сухим климатом (территория Средней

Азии) типично сочетание высоких температур и очень низкой относительной влажности (менее 20 %). Высокая влажность в этих районах возможна только при относительно низких температурах, при которых коррозионное воздействие незначительно. Точно так же и в других зонах высокая влажность наблюдается лишь при невысоких температурах воздуха. Поэтому при создании автомобилей предусматривают мероприятия по обеспечению коррозионной стойкости их деталей для средних условий – предельной относительной влажности 98 % при температуре 25°C» [6].

«Необходимо отметить, что вследствие большого перепада температур и влажности в различных районах нашей страны процессы коррозии и старения резинотехнических изделий протекают с разной интенсивностью. В связи с этим для районов с повышенной влажностью и высокой температуре предусматривают периодическое восстановление внешнего вида или работоспособности автомобилей их частичной подкраской, заменой отдельных резинотехнических деталей и проведением регламентных работ, объем которых определен инструкциями по эксплуатации автомобилей» [5].

Запыленность воздуха – одна из важнейших характеристик, которую необходимо учитывать при эксплуатации полноприводных автомобилей. Работа двигателя зависит от чистоты топлива, чистоты масла, чистоты воздуха. Входящие в состав запыленного воздуха, абразивные частицы, кварцевые частицы, резко увеличивают износ двигателя, вызывая механическое разрушение пар трения, осевшая на датчик массового расхода воздуха пыль, нарушает пропорции образования стехиометрической смеси. Двигателя устанавливаются на разные типы полноприводных автомобилей, на магистральные и на карьерные, при разном показателе запыленности, у всех установлен сменный фильтрующий элемент.

Запыленность воздуха оценивается массовой концентрацией пыли и измеряется в гр/м<sup>3</sup>. Тяжелые абразивные частицы пыли распределяются по высоте не равномерно, степень запыленности воздуха максимальна у дорожного покрытия, с увеличением высоты концентрация снижается. По

существующим международным стандартам ISO принято производить замеры предельной запыленности на высоте 1,5 м от поверхности. Действующие нормативы по длительности работы автомобиля в условиях предельно допустимой массовой концентрации пыли, от 1,5 до 2,5 г/м<sup>3</sup>, постоянно ужесточают. Для целлюлозных фильтров продолжительность работы составляла от 12 до 28 ч, с появлением новых материалов и технологий, нормативы растут.

Воздушные фильтры из целлюлозы, имели интервал замены при пробеге от 10 до 30 тыс. км., воздушный фильтр из комбинации материалов целлюлоза плюс предварительный фильтр - интервал замены составляет 50 тыс. км., лучший результат дает гофрированная синтетика переменной плотности, содержащая материалы с электростатическим зарядом.

В зависимости от географического положения фракционный состав пыли различен. Наиболее проблемными, для фильтрующих элементов является пыль мелкофракционного дисперсного состава и абразивная кварцевая пыль. Вопрос борьбы за чистоту, с пылевыми частицами имеет международный интерес. Европейские лаборатории ввозят для приготовления испытательной пыли песок из пустыни штата Аризона (США) Проведя анализ обобщенных результатов, подведем итог многочисленных испытаний: наиболее неблагоприятными, с эксплуатационной точки зрения являются районы Средней Азии, с мелкодисперсными лессовыми песками.

«Высота над уровнем моря – важнейший географический фактор, влияющий на эффективную мощность двигателя и его тепловой режим» [8].

В зависимости от высоты над уровнем моря, при неизменных погодных явлениях, меняется атмосферное давление воздуха, меняющее температуру кипения воды и прочие физические процессы. В гористой местности движущийся автотранспорт вынужден преодолевать длительные подъемы и спуски, в условиях пониженной мощности работающего двигателя и нагруженных систем управления автомобилем в целом. Эффективная мощность двигателя, вычисляется с учетом атмосферного давления и

температуры воздуха. Как видно из формулы, учитывающий поправочный коэффициент зависимости атмосферного давления и температуры воздуха от положения над уровнем моря.

«Степень их изменения определяется выражениями:

$$p = p_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{44300}\right)^{5,255}, \quad (4)$$

$$t = t_0 - 0,0065 H, \quad (5)$$

где  $p$  – атмосферное давление над уровнем моря, кПа;

$t$  – температура, на высоте над уровнем моря;

$p_0$  и  $t_0$  – те же показатели на уровне моря» [5].

Формула показывает, как теряет двигатель мощность, при подъеме высоты над уровнем моря, наиболее заметна эта тенденция у атмосферных двигателей. Дизельный двигатель с принудительным наддувом, не столь чувствителен к изменениям атмосферного давления, легче справляется на высокогорье с затяжными подъемами и спуском.

Влияние высоты над уровнем моря отображено в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние высоты над уровнем моря на параметры среды и мощности, различных по конструкции двигателей

Показатель	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
Атмосферное давление, кПа	102	95,3	89,7	84,5	79,6	74,6	70,3	65,8
Относительная плотность воздуха	1	0,935	0,907	0,85	0,822	0,722	0,742	0,698
Температура при $t=15^{\circ}\text{C}$ у поверхности земли, $^{\circ}\text{C}$	+15	+11,75	+8,5	+5,25	+2	-1,25	-4,5	7,75
Снижение мощности двигателя:								
– дизеля без наддува	0	1...1,5	3...3,5	6...7	8...9	11...12	15...16	20...21
– дизели с наддувом	0	1	2	3,5	5	7	9	11
– карбюраторного	0	6...7	16...17	25...26	33...34	40...41	46...47	52...53

Скорость ветра влияет на расход топлива автомобиля, тем больше, чем

хуже его аэродинамические характеристики, влияние интенсивно выпадающих осадков, компенсирует дополнительное автомобильное оборудование: дворники, печка, климат контроль, вентиляция, резина по сезону и т.д. Для большинства полноприводных автомобилей, предназначенных для движения по бездорожью, эти климатические явления, не считаются ограничивающими эксплуатационными факторами, а учитываются при подготовке.

Расчетная интенсивность выпадения осадков, отраженная в эксплуатационно-технических требованиях к автомобилям, принимается 5 мм/мин. В большей части территории России, умеренный климат, интенсивность выпадения осадков, не превышает 3,5 мм/мин за кратковременный период и 1,6 мм/мин за длительный.

Обеспеченная герметичность кабины при движении по пыльным дорогам и для преодоления не глубоких бродов, достаточна.

Внедорожники, полноприводные автомобили паркуются, как и предусмотрено условиями эксплуатации, на открытых стоянках. На этапе проектирования автомобиля, предусматривают алгоритм подготовки к эксплуатации и максимально быстрый запуск двигателя, независимо от воздействия климатических явлений и длительности стоянки.

### **1.2.2 Дорожные условия эксплуатации**

Полноприводные автомобили используются в различных дорожных условиях эксплуатации, определяющиеся характеристиками автомобильной дороги (подъемы, спуски, повороты, тип дорожного покрытия, ширина проезжей части, количество полос и так далее), интенсивностью движения транспортного потока, наличие знаков ограничения скорости. В первую очередь автомобильные дороги, в зависимости от значения разделены на пять категорий. Первая категория международного значения, вторая общегосударственного, третья категория республиканского значения, четвертая краевого и областного, пятая категория местного значения. Автомобильные дороги, по виду и качеству покрытия делятся на пять групп и

обозначаются буквой Д с номером. Для природно-климатических свойств эксплуатации применяют качественную и количественную оценку.

- качественная – общая оценка сложности условий эксплуатации;
- количественная – оценка по отдельным показателям, характеризующим то или иное свойство дороги.

Качественная оценка сложности обычно осуществляется по пяти категориям условий эксплуатации (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация условий эксплуатации

Группы дорог	Характеристика дорог	Категория дорог
Д1	Капитальные цементобетонные монолитные, железобетонные или армобетонные сборные, асфальтобетонные, мостовые из брусчатки и мозаики на бетонном основании	I, II, III
Д2	С применением битумоминеральных смесей (асфальт), в том числе со щебнем и гравием, из холодного асфальтобетона	II, III, IV
Д3	С применением щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими добавками, из дегтебетона	III, IV
Д4	С применением булыжника, колотого камня, малопрочных каменных материалов, в том числе обработанных вяжущими добавками	IV, V
Д5	Естественные грунтовые дороги, внутрикарьерные и временные подъездные пути, степная целина, болотистые грунты.	V

При этом первые три категории (I-III, ГОСТ 21624- 81) распространены на все типы автомобилей, включая и автомобили общетранспортного назначения; последние две (IV-V) применяют для оценки условий эксплуатации полноприводных автомобилей.

«Количественная оценка сложности дорожных условий проводится по следующим факторам:

- коэффициент сопротивления качению,
- опорно-сцепным свойствам,
- макро- и микропрофилю, кривизне дорог в плане» [17].

Коэффициент сопротивления качению характеризует энергетические затраты на перемещение автомобиля по горизонтальной дороге. Вычисляется

коэффициентом сопротивления качению, отношением силы сопротивления качению к весу автомобиля:

$$f = \frac{P}{G_a}, \quad (6)$$

Значения силы сопротивления качению для автомобилей различных типов и массы колеблются в широких пределах даже при движении по грунту или дороге одного и того же типа, существенно зависит от дорожных условий. Вследствие этого коэффициент сопротивления качению дает точную оценку дорожных условий, качеству и накаченности колес, с точки зрения сопротивления движению.

В настоящее время пока отсутствуют теоретические способы расчета коэффициента сопротивления качению, без экспериментальных исследований, поэтому коэффициент сопротивления качению определяют экспериментально. Для этого применяют три разных по точности способа:

- равномерная буксировка автомобиля реализуется тросом с динамометрическим устройством, с которого считываются текущие показания силы буксировки, которая равна силе сопротивления качению, при условии прямолинейности процесса. Для большей точности у буксируемого автомобиля снимают приводной вал. Описанный метод считается наиболее точным;
- автомобиль разгоняют до определенной скорости, выключают передачу, фиксируют времени до полной остановки, замеряют расстояние пути. По замеренным данным высчитывают значение силы сопротивления. Полученный результат не такой точный, как в предыдущем эксперименте, влияние оказывают трансмиссионные потери;
- придание ведущим колесам крутящего момента на беговых барабанах с моделированием дорожного покрытия. Сложность создания реальных

дорожных условий, не дает возможности получить результат, приближенный к реальному.

«Вероятность появления в процессе эксплуатации тех или иных (i-x) дорожных условий зависит от назначения автомобиля и района его использования. Для этих условий определяют показатели по общей совокупности дорожных условий. В зависимости от доли соответствующего вида дорог меняются значения коэффициента сопротивления движению и разброс этих значений.

Следует отметить, что и в тяжелых дорожных условиях при интенсивном движении автомобилей по одному и тому же маршруту возможно, что коэффициент сопротивления движению на отдельных участках локализуется в узком интервале значений. В отличие от движения по дорогам с искусственным покрытием или грунтовым профилированным эта локализация, как правило, смещена в сторону повышенных значений  $\psi$ , что объясняется разрушением при последующих проходах несущего покрова и увеличением деформируемых объемов грунта. График распределения плотности имеет вид узкого «колокола» независимо от места расположения кривой на оси абсцисс.

В ряде случаев характер кривых распределения  $\psi$  может быть идентичным для различных дорожных условий ввиду сочетания факторов, отражающих влияние, с одной стороны, качества поверхности дороги, а с другой – рельефа местности, то есть эти факторы могут находиться в таком соотношении, что изменение коэффициента сопротивления качению на разных дорогах компенсируется составляющей от наличия уклонов.

С учетом вероятности использования автомобиля в соответствующих дорожных условиях можно построить кривую распределения коэффициента сопротивления движению для всей совокупности дорожных условий. Отметим, что для совокупности дорожных условий распределение коэффициента сопротивления движению уже не соответствует распределению Гаусса» [5].

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

«Гусеничные движители применялись чаще всего на автомобилях и тракторах, используемых в условиях полного бездорожья. В связи с этим к гусеничному ходу предъявляются следующие основные требования:

- повышенная проходимость,
- уменьшенное удельное давление на опорную поверхность,
- повышенный коэффициент сцепления,
- высокий клиренс,
- плавность хода,
- устойчивость, поворачиваемость и управляемость,
- универсальность полугусеничного хода,
- простота конструкции,
- простота и дешевизна обслуживания и ремонта,
- простота и быстрота замены хода» [12].

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

Гусеничные движители изобретали много раз, в разных странах Европы и Америки и к концу XIX века было запатентовано несколько десятков изобретений. Параллельная идея «шагающего колеса», «колеса на башмаках», нашла свое практическое применение в артиллерийских орудиях, как противооткатное устройство при выстреле. В 1859 году П. Миллер, подал заявку на патент «машины-локомотива», представляющего тягач для плуга, бороны или сеялки. Гусеница парового трактора состояла из башмаков, соединенных продольными звеньями, перекинутых через большие передние и задние колеса, поддерживаемые опорными катками меньшего диаметра (кинематика гусеничного трактора). Однако серийное производство гусеничных тракторов в Европе и Америке, началось только в XX веке.

Гусеничный движитель – устройство, преобразующее энергию двигателя в тяговое усилие, путем перематывания гусеничных лент, состоящих, в том числе из траков. Повышенная проходимость достигается большой площадью соприкосновения гусениц с поверхностью, обеспечивая низкое среднее давление на грунт от 11,8 до 118 кПа. Так гусеничный движитель противостоит глубокому погружению в грунт.

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 резино-металлические шарниры, шарниры с игольчатым подшипником.

По теме дипломного проектирования нами ставится следующая цель – увеличение проходимости автомобиля Lada 4x4 путём разработки гусеничных движителей, а так же разработка технологии технического обслуживания и ремонта.

Выводы по разделу.

Для достижения данной цели будем поэтапно решать поставленные вопросы:

- определить достаточные для эксплуатации автомобилей условия, в ситуации отсутствия дорог;
- выявить конструктивные особенности внедорожных автомобилей;
- мониторинг существующих конструкций гусеничных ходов;
- выбрать для модернизации модельный автомобиль и предоставить его техническую характеристику;
- разработать структурную схему гусеничного хода;
- произвести расчёт геометрических параметров гусеничных ходов;
- реализовать данную схему в виде сборочного и рабочих чертежей;
- выявить наиболее нагруженные детали гусеничного хода, произвести прочностной расчёт;
- разработать технологию технического обслуживания и ремонта гусеничного хода;
- разработать алгоритм монтажа гусеничного хода, внести в техпроцесс;
- разработать мероприятия по БЖД для участка ремонта гусеничного хода;
- определить технико-экономические показатели проекта.
- сделать выводы и предложения.

## 2 Теоретическая часть

### 2.1 Классификация гусеничных движителей

«Гусеничные движители классифицируются следующим образом:

- а) по материалу изготовления:
  - 1) металлические,
  - 2) резинометаллические,
  - 3) резиновые;
- б) по типу используемого шарнира:
  - 1) с параллельным шарниром,
  - 2) с последовательным шарниром;
- в) по типу смазки шарнира:
  - 1) сухая (или с открытым металлическим шарниром). Достоинствами конструкции является простота и надёжность в эксплуатации. Необходимый ресурс обеспечивается высокими механическими свойствами деталей шарнира;
  - 2) закрытая. Оригинальное уплотнение в шарнире «звено-втулка» обеспечивает сохранность смазки между трущимися поверхностями пальца и втулки в течение всего срока службы гусеницы;
  - 3) с жидкой смазкой. Оригинальное уплотнение из армированного полиуретана и резины обеспечивает полную герметичность шарнира, чем достигается наибольший срок службы гусеницы;
  - 4) с резинометаллическим шарниром. Между пальцем шарнира и траком используется резиновая втулка, изгиб гусеницы в местах сочленения траков происходит за счёт смещения слоев резины, благодаря чему исключается трение сталь по стали и значительно повышается ресурс пальцев и траков гусеницы;

- 5) с игольчато-подшипниковым шарниром. В качестве втулки используется игольчатый подшипник. Ресурс гусеницы возрастает, но значительно усложнена её конструкция;
- г) по типу траков:
- 1) литые,
  - 2) штампованные,
  - 3) сварные;
- д) по поддерживающему катку:
- 1) с поддерживающими катками, задним ведущим колесом и свободными ленивцами;
  - 2) без поддерживающих катков с задним расположением ведущих колёс;
  - 3) с поддерживающими катками, передними ведущим колесом и несущим ленивцем;
  - 4) без поддерживающих катков с передним ведущим колесом»
- [14].

«Однако у гусеничных движителей, наряду с неоспоримыми преимуществами, имеются и недостатки:

- быстрый износ трущихся деталей (проушины, пальцы);
- поломки траков при неравномерной нагрузке;
- попадания снега и камней между гусеницами и катками» [8].

С данными недостатками далее мы и будем «бороться».

## **2.2 Производство автомобилей с гусеничными движителями в РФ**

«Не обошлась история создания гусеничных движителей и без русских изобретателей. В 1837 году Д. Загряжский создал проект экипажа с подвижными колёями, который воплощал в себе все основные элементы современного гусеничного движителя.

Большинство довоенных автомобилей русского производства обладали прекрасными основными качествами, такими как большой дорожный просвет, хороший диаметр колес и углы въезда-выезда. Они прекрасно показывали себя на грунтовых дорогах с твердой почвой, отлично преодолевали различные преграды, и при этом имея необычайную выносливость. Но на более мягких почвах, вроде глубокого снега, автомобили были бесполезны» [33].

«Из-за небольшой несущей способности у водителя такого автомобиля появлялось много сложностей. Поэтому уже в 1910-1916 гг. А. Кегресс нашел и воплотил в жизнь идеальное решение для этой проблемы – вместо задних ведущих колес он поставил качающиеся относительно чулков заднего моста гусеницы. Благодаря чему тяговое усилие передавалось не зацеплением, а трением от ведущих катков к резиновой гусеничной ленте, а после чего от ленты к почве.

Резиновая лента, по всей длине которой и распределялась нагрузка, создавала небольшое удельное давление на снег, а лыжи, которые ученый смонтировал возле передних колес, позволяли им не провалиться под снег. Именно так и выглядели первые снегоходы или полугусеничные машины с двигателем Кегресса. В то время их часто называли автосанями, так как они отлично показывали себя на заснеженных дорогах и на болотистых грунтах.

Но и у такой машины были недостатки. Она буксовала и у нее на части рвалась лента. Все дальнейшие ухищрения лишь ненадолго улучшали ее проходимость. Все потому что основной недостаток так и не был устранен, а именно определение удельного давления трением, а не зацеплением» [35].

«Но попытки создания идеальной машины не прекращались, долгие годы изобретатели пытались усовершенствовать множество машин с помощью гусеничного двигателя. В основном это были военные и промышленные авто. Такой двигатель для легковых автомобилей используется и сегодня, в основном для езды в непроходных местах.

В основном они хорошо показывали себя на рыхлом виде почвы. Также они успешно работают на хорошо укатанном снегу или льду, где в принципе неплохо себя ведёт и обычный автомобиль. Летом такие авто можно было использовать только в сухих местностях, так как они попросту вязали в болоте. Некоторые из последних моделей даже были оборудованы пневматическими шинами, и с различными системами опорных и поддерживающих катков» [32].

### **2.3 Современный автомобиль с гусеничными движителями**

«В наше время применение гусеничного движителя очень важно. Особенно важна их роль в зимнюю пору, когда большинство из наших дорог превращаются в непроходимые, да и любителей покорения грунтовых дорог тоже немало. Поэтому автомобили с повышенной проходимостью нужны и так популярны. Создавать внедорожники достаточно сложно, хотя бы потому, что болотистая почва, снег и песок отличаются своими физическими свойствами и имеют разную способность воспринимать вертикальную нагрузку. Поэтому создать универсальный для всех грунтов автомобиль невозможно. Благодаря опыту, накопленному за многие годы, стало ясно, что кроме обычных своих характеристик внедорожник должен обладать еще и определенными весовыми качествами, которые помогут ему оказывать небольшое давление на почву, чтобы не провалиться в нее, а также не увязнуть в болоте или песке. Кроме того преодолевать тяжёлые пути внедорожникам помогают большие колеса, углы въезда и выезда, а также огромный дорожный просвет. В них обязательно должны быть устройства, с помощью которых можно будет определить сцепные свойства грунта и тяговое усилие, которое необходимо приложить к колесам» [3].

«Сегодня гусеничный движитель для легковых автомобилей выглядит практически, так же как и его предшественник: основу каждой тележки составляет массивная треугольная рама. На самой ее вершине находится

ведущая звездочка, которая, в данном случае, исполняет роль колеса. Основание треугольника состоит из четырех опорных роликов – внутренние расположены немного выше, чем внешние. Задний ролик отвечает лишь за натяжение резиновой ленты. Вся тележка может качаться вокруг главной оси. С одной стороны, последний момент достаточно важен, так как обеспечивает адаптацию к определенному рельефу местности. На раме тележки установлены ограничители, для того, чтобы контролировать слишком резкие или запредельные углы разворота такого автомобиля. Протяжку резиновой ленты будут обеспечивать специальные полиуретановые гребни, которые находятся на внутренней стороне самой ленты. Гусеничный движитель для автомобилей выпускает всего несколько компаний, но зато большинство из них подходят для установки на практически любой автомобиль, как отечественного, так и импортного производства.

За счет таких колес автомобиль становится значительно выше, и выглядят очень грозно. Увеличивается также и ширина автомобиля, так как гусеницы выступают за пределы кузова. Увеличивается дорожный просвет, но самое главное – это изменение показателя давления на грунт. В зависимости от веса самого автомобиля производители определяют ширину самих лент. Чем больше вес, тем шире сама лента. А именно этот фактор и меняет давление тяжеловесов на грунт, делая их легкими. Благодаря чему езда по заснеженным дорогам и болотам превращается в ровную спокойную езду, без встрясок и буксований» [6].

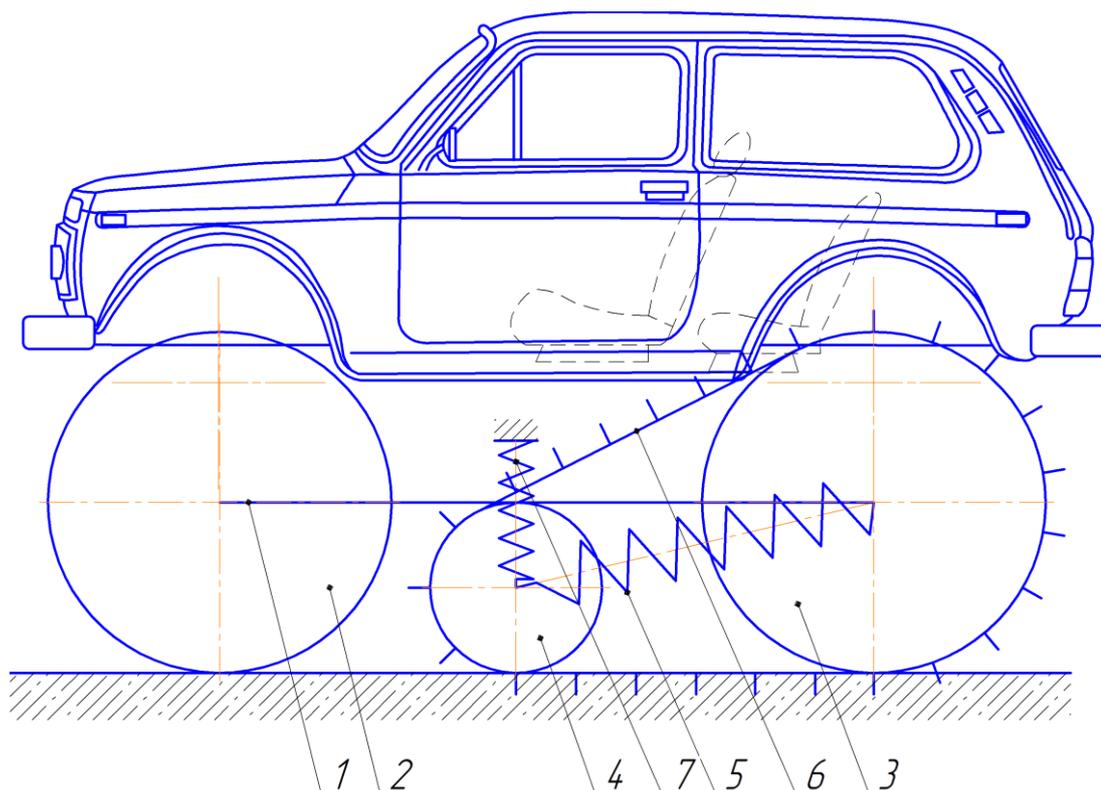
## **2.4 Обзор некоторых конструкций гусеничных движителей**

Для того чтобы разработать собственную конструкцию полугусеничного хода, рассмотрим обзор последних.

«Одним из самых простых и легкоизготавливаемых является полугусеничный ход, изображённый на рисунке 9. 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 надевается движитель, чаще всего резиновый, можно также и цепной. При вращении заднего ведущего моста вращаются колёса 3. Движитель также приобретает перемещение» [6].

Минус у данной конструкции один – низкая надёжность.



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

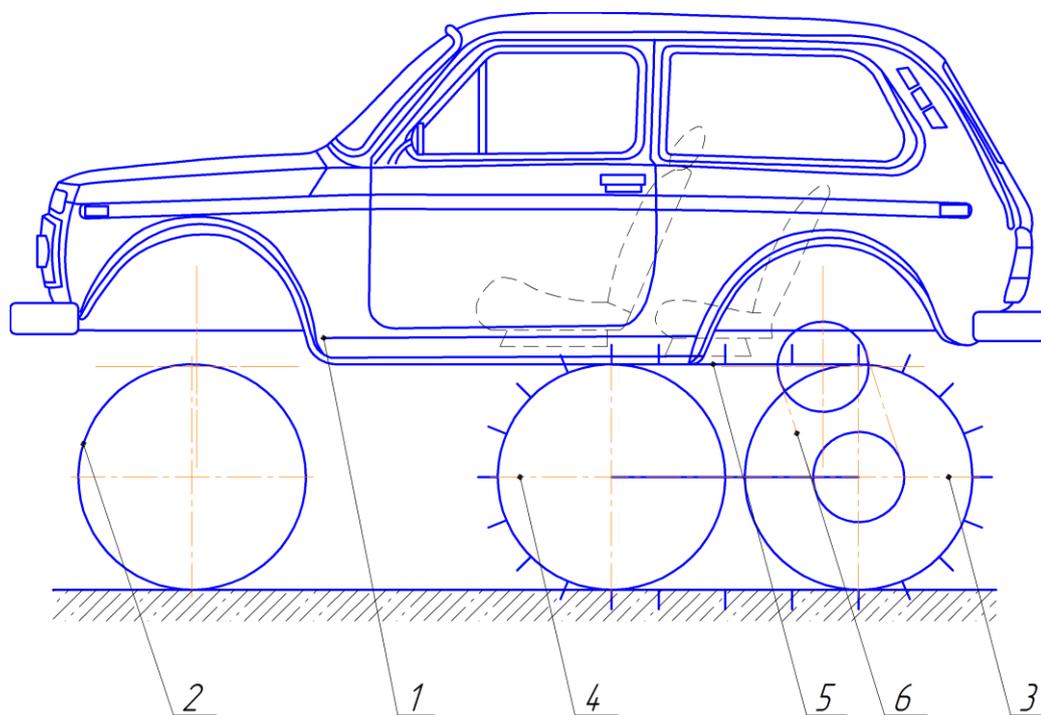
Рисунок 9 – Полугусеничный ход с резиновым движителем

Следующий тип полугусеничного хода подходит только для автомобилей, имеющих 3 моста (рисунок 10).

Движитель 5 в данной схеме 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.

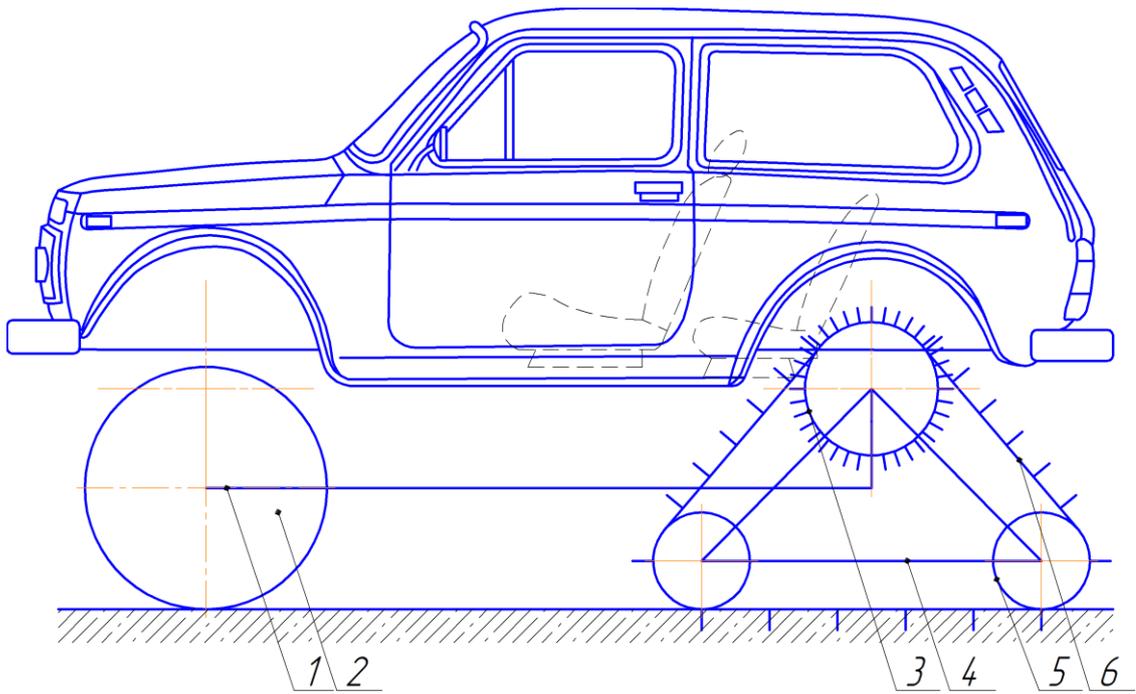


1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – ведущее колесо; 4 – заднее колесо;  
5 – движитель; 6 – передача

Рисунок 10 – Полугусеничный ход двухмостовой

Следующая конструкция полугусеничного хода подразумевает использование, как эластичных движителей, так и траковых цепей (рисунок 11).

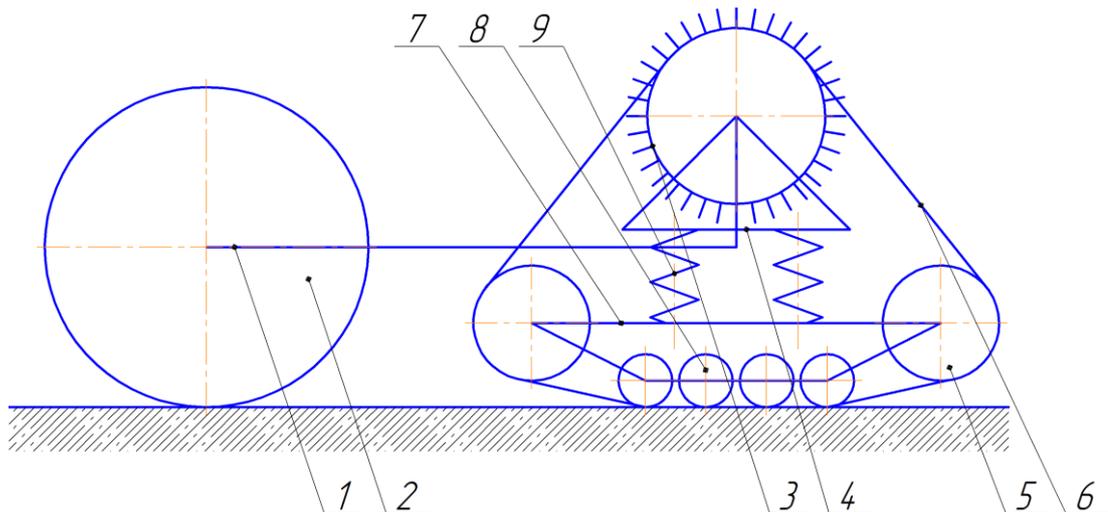
В данной конструкции (рисунок 11) треугольник 4 может вращаться вокруг оси колеса 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля. Данная конструкция полугусеничного хода подразумевает использование, как эластичных движителей, так и траковых цепей. Натяжение движителя может осуществляться разведением ведомых колёс 5 на треугольнике 4. Минусом данной конструкции является слабая плавность хода из-за отсутствия подвески.



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

Рисунок 11 – Полугусеничный ход с неподрессоренной подвеской

Следующая схема (рисунок 12) исключает недостатки ранее рассмотренной конструкции (рисунок 11).



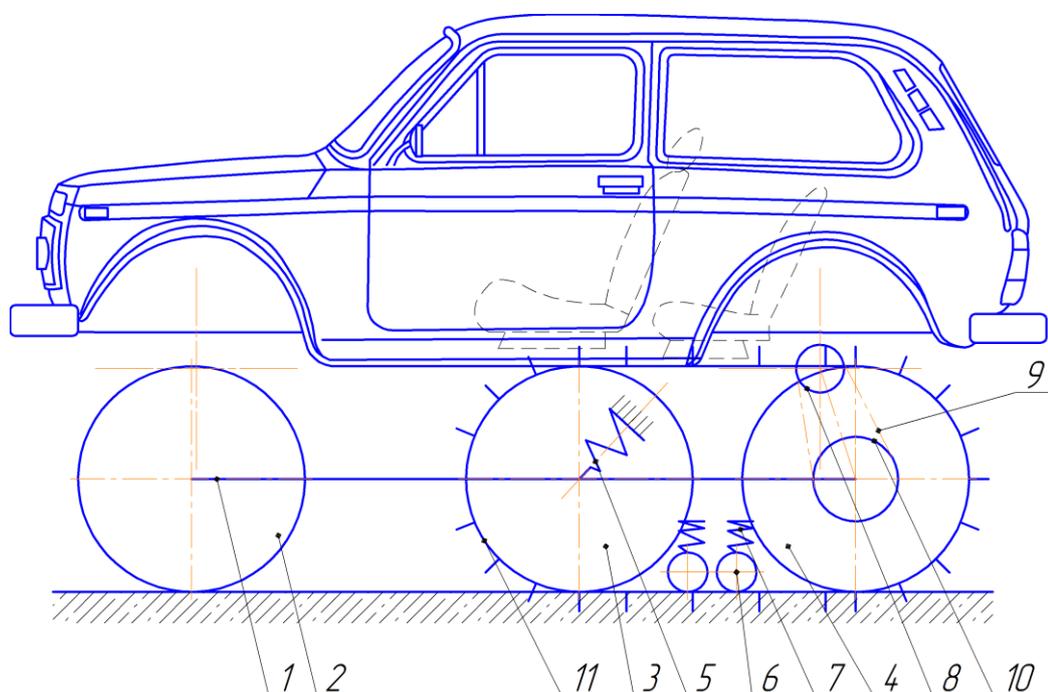
1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – ведущее колесо; 4 – треугольник; 5 – ведомое колесо; 6 – движитель; 7 – балка; 8 – ролик; 9 – пружина

Рисунок 12 – Полугусеничный ход с подрессоренной 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.

В данной конструкции (рисунок 12) треугольник 4 может вращаться вокруг оси колеса 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля.

Следующая схема (рисунок 13) является некоторой модернизацией конструкции, изображённой на рисунке 10.

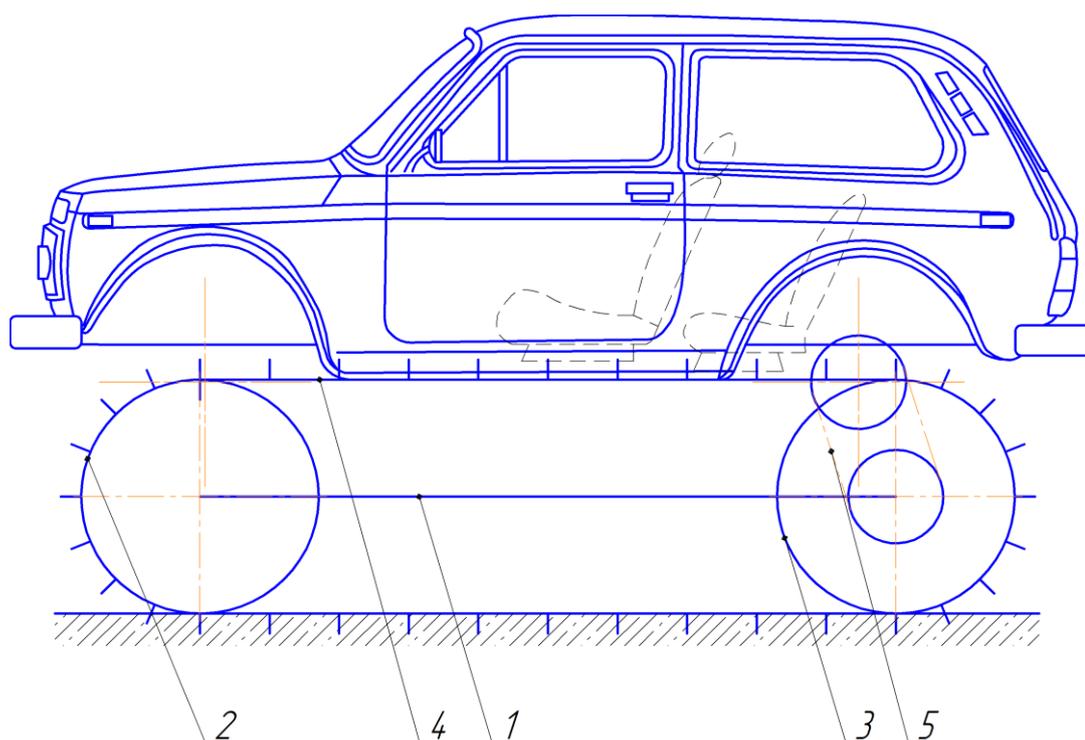


- 1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – заднее колесо; 4 – ведущее колесо;  
 5 – пружина; 6 – ролик; 7 – пружина; 8 – звездочка ведущая; 9 – цепь;  
 10 – звездочка ведомая; 11 – движитель

Рисунок 13 – Полугусеничный ход двухмостовой

«Самой простой и доступной конструкцией гусеничного хода является схема, изображённая на рисунке 14. Простота достигается за счёт того, что движитель 4 в данной схеме 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 4» [7].

Недостатки данной конструкции следующие: невозможность регулирования натяжения движителя (регулируется давлением в шинах колёс 2 и 3); низкая надёжность; сложность при повороте транспортного средства (при повороте необходимо увеличивать или уменьшать частоты вращения правого или левого ведущего колеса).



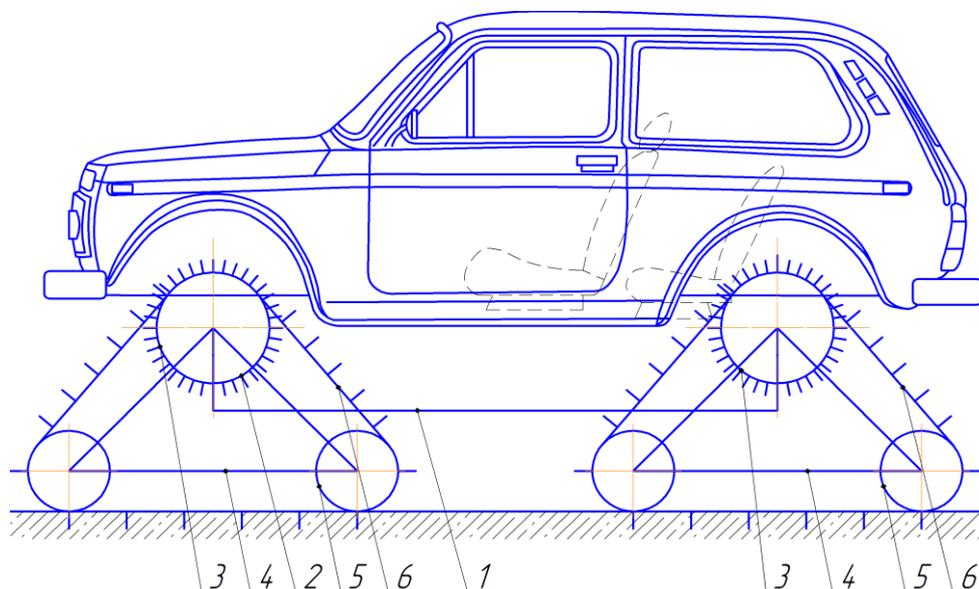
1 – шасси автомобиля; 2 – переднее колесо; 3 – заднее ведущее колесо; 4 – движитель;  
5 – передача

Рисунок 14 – Гусеничный ход двухмостовой

Одной из следующих перспективных на сегодняшний день конструкций гусеничного хода является схема, изображённая на рисунке 15.

«В данной конструкции (рисунок 15) треугольники 4 могут вращаться вокруг осей колёс 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» [8].

Минусом данной конструкции является слабая плавность хода из-за отсутствия подвески. Так же данная схема возможна только для полноприводной трансмиссии автомобиля.

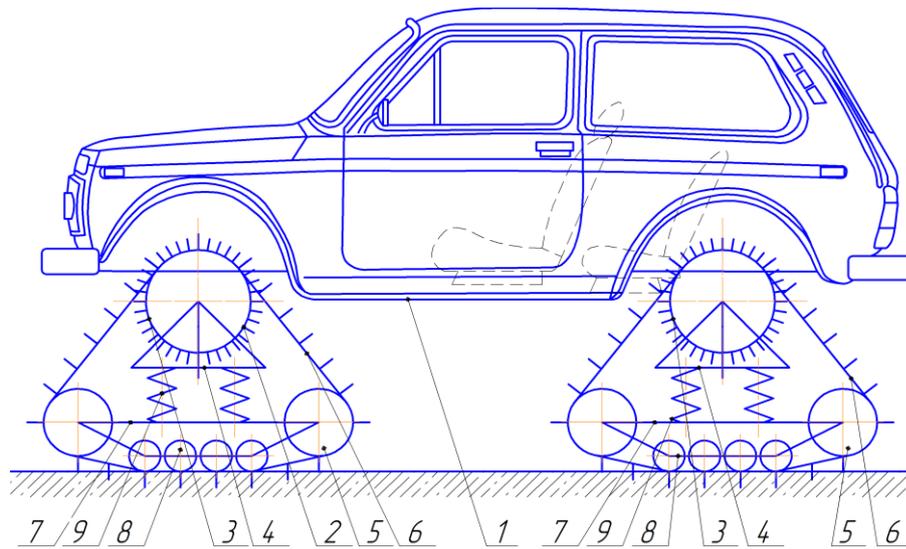


1 – шасси автомобиля; 2 – переднее ведущее колесо; 3 – заднее ведущее колесо;  
4 – треугольники; 5 – ведомые колеса; 6 – движители

Рисунок 15 – Гусеничный ход с неподрессоренной подвеской

Для устранения недостатков схемы (рисунок 15) нами предлагается следующая конструкция (рисунок 16). 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 16) треугольники 4 могут вращаться вокруг осей колес 2 и 3, что в свою очередь повышает проходимость автомобиля.



- 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 16 – Гусеничный ход с подрессоренной подвеской

Анализ исследованных конструкций выявил, наиболее перспективный вариант, изображённый на рисунке 16, его и будем разрабатывать.

Далее обозначим характерные особенности автомобиля для тяжёлых дорожных условий, в отличие от обычного:

- высокий дорожный просвет,
- постоянный полный привод,
- блокировка дифференциалов,
- наличие пониженных передач,
- независимая подвеска и мощный двигатель,
- наличие приспособленных к условиям бездорожья движителей (колёсных, гусеничных и так далее),
- передняя и задняя колеи автомобиля должны совпадать,
- габаритные особенности авто.

Спецификация на ступицу колеса представлена в Приложении А (рисунок А.3)

Подобные типы движителей устанавливают на многих современных автомобилях (рисунок 17).



Рисунок 17 – Установка гусеничных подобных движителей на различные модели серийных автомобилей

Выводы по разделу.

По результату рассмотрения теоретической части раздела работы можно сделать вывод о том, что дальнейшие направления работы выбраны нами верно, так как данный движитель может использоваться при передвижении по грязи, песку, снегу, болотам и другим местам не доступных для передвижения на колесах.

### 3 Расчётно-технологическая часть

#### 3.1 Разработка собственной конструкции гусеничных ходов для автомобиля категории М1

##### 3.1.1 Исходная информация для дальнейших исследований

Рассматриваемый автомобиль категории М1 (Lada 4×4). Тип кузова внедорожник, количество дверей – 3, механическая коробка передач [8]. Общий вид рассматриваемого автомобиля категории М1 представим в виде рисунка 18.



Рисунок 18 – Общий вид рассматриваемого автомобиля

Технические характеристики автомобиля следующие:

а) двигатель:

- 1) рабочий объем, см<sup>3</sup> ..... 1690;
- 2) мощность, л. с. .... 83;
- 3) максимальный крутящий момент, Н м ..... 126;
- 4) число цилиндров ..... 4;
- 5) число клапанов ..... 8;
- 6) число тактов ..... 4;

- 7) расположением распределительного вала ..... верхнее;
- 8) система питания ..... карбюраторная;
- 9) тип топлива ..... бензин;
- б) «размеры:
- 1) длина, мм ..... 3740;
- 2) ширина, мм ..... 1680;
- 3) высота, мм ..... 1640;
- 4) колесная база, мм ..... 2200;
- 5) объём багажного отделения мин./макс., л ..... 265 / 585;
- 6) ёмкость топливного бака, л ..... 43;
- 7) колея передних колёс, мм ..... 1430;
- 8) колея задних колёс, мм ..... 1400» [9];
- в) «трансмиссия:
- 1) тип ..... механическая;
- 2) число передач .....  
.....5 переднего хода синхронизированы и одна заднего;
- 3) привод ..... постоянный полный;
- 4) раздаточная коробка ..... двухступенчатая  
с принудительной блокировкой межосевого дифференциала;
- г) подвеска:
- 1) передняя ..... независимая,  
на поперечных рычагах, с цилиндрическими пружинами;
- 2) задняя .....  
..... зависимая жесткая балка, с цилиндрическими пружинами;
- д) тормоз:
- 1) передний ..... дисковый, невентилируемый, трехпоршневой;
- 2) задний ..... барабанный с автоматической регулировкой зазора;
- е) масса:
- 1) снаряжённая масса, кг ..... 1285;
- 2) полная масса, кг ..... 1610;

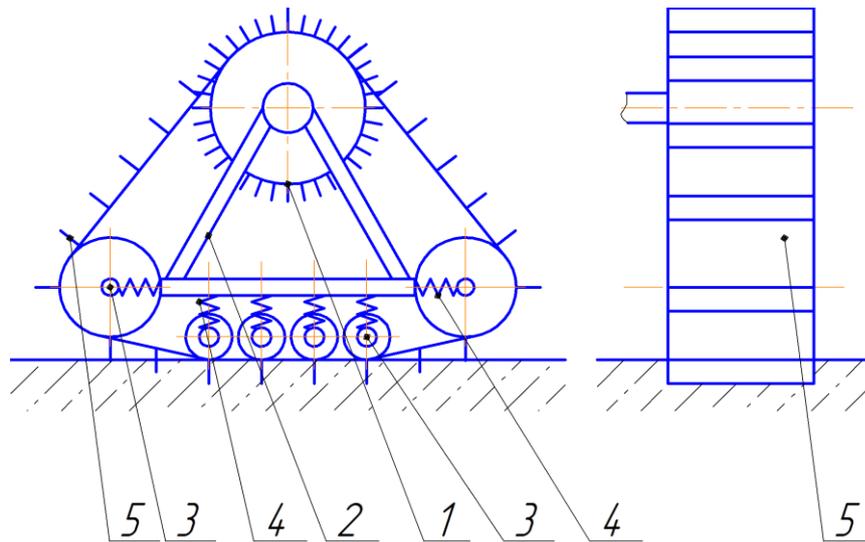
- 3) грузоподъёмность, кг ..... 400;
- ж) диски и шины:
  - 1) размер диска ..... 16;
  - 2) размер шины ..... 185/75R16;
- з) рулевое управление:
  - 1) рулевой механизм .....  
..... глобоидальный червяк двухгребневой ролик;
  - 2) передаточное число рулевого механизма ..... 16,4;
  - 3) рулевая трапеция ..... три рулевые тяги» [9];
- и) электрооборудование:
  - 1) схема электрооборудования .....  
однопроводная, минусовой провод соединен с массой, кузовом;
  - 2) номинальное напряжение, В ..... 12;
  - 3) аккумуляторная батарея, А·ч .....  
.....55, при 20 часовом режиме разряда;
  - 4) стартер ..... постоянного тока, мощность 1,2 кВт;
  - 5) генератор ..... переменного  
тока с выпрямителем, максимальный ток отдачи 80 А.

Спецификация на легковой полноприводный автомобиль представлена в Приложении А (рисунок А.1)

### **3.1.2 Разработка собственной структурной схемы гусеничного движителя для автомобиля**

Проведённые ранее нами исследования показали, что наиболее перспективной схемой гусеничных движителей является схема, изображённая на рисунке 16. Отличие нашей конструкции гусеничного хода лишь в том, что каждый ролик будет подпружиниваться отдельно, тем самым повышается плавность хода автомобиля (рисунок 19).

Спецификация на конструкцию гусеничных ходов представлена в Приложении А (рисунок А.2)



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

Рисунок 19 – Структурная схема разрабатываемого гусеничного движителя для автомобиля

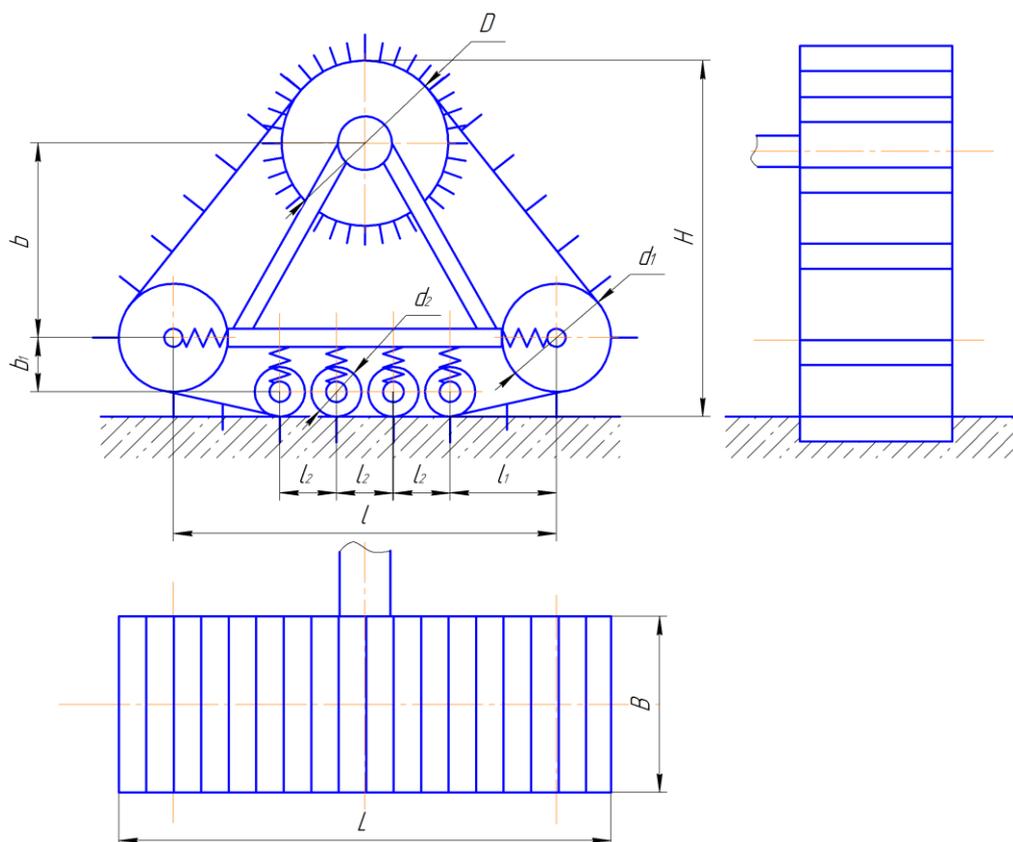
Данная структурная схема подразумевает использование следующих элементов: 1 – колесо ведущее; 2 – треугольник; 3 – подпружиненные ролики; 4 – пружины; 5 – движитель (гусеница). Отличие нашей схемы в том, что каждый ролик подпружинен в отдельности и конструкция симметрична, это даёт следующие плюсы:

- повышенная плавность хода,
- возможность регулирования натяжения гусеницы (движителя),
- возможность быстрой замены повреждённой гусеницы (движителя),
- достаточная простота конструкции,
- возможность движения взад и вперёд без ограничений (из-за симметричности конструкции),
- возможность универсальности и замены движителей по сторонам (из-за симметричности конструкции),
- относительная дешевизна конструкции,
- простота в ТО и ремонте.

Перечисленные плюсы говорят о том, что конструкция конкурентоспособна и технически обоснована.

Гусеничный ход будем устанавливать за место четырёх колёс. Конструкция имеет следующие параметры (рисунок 20): длина; ширина; высота; диаметр ведущего колеса; расстояние между ведомыми колёсами; расстояние между ведомым колесом и первым роликом; расстояние между соседними роликами; диаметр ведомого колеса; диаметр ролика; расстояние между осями ведущего и ведомого колёс по вертикали; расстояние между осями ведомых колёс и роликов по вертикали.

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



$L$  – 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 20 – Структурная схема гусеничного хода для определения основных геометрических параметров

### 3.1.3 Распределение нагрузки на мосты автомобиля и давление от одного движителя на почву

В базовой комплектации автомобиль с водителем, имеет совокупную массу равную 1610 кг. Нагрузка в 16100 Н распределяется по мостам не равномерно, а в определенном соотношении: 47% – передний мост и 53% – задний мост, либо 7567 Н – передний мост и 8533 Н – задний мост (рисунок 21).

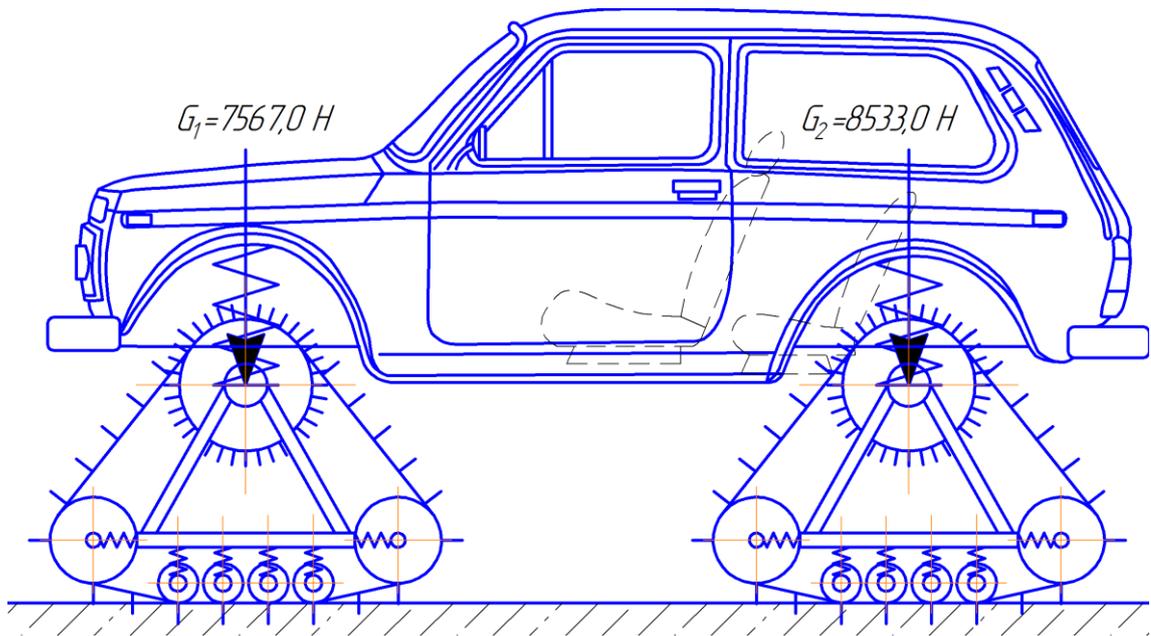


Рисунок 21 – Развесовка автомобиля при полной массе 1610,0 кг

На один движитель будет действовать сила:

$$P = \frac{G}{2}, \quad (6)$$

$$P = \frac{8533,0}{2} = 4266,5 \text{ Н.}$$

«Давление на почву от одного движителя определяется по формуле:

$$p = \frac{P}{F}, \quad (7)$$

где  $F$  – площадь опоры одного гусеничного движителя,  $0,150 \text{ м}^2$  (приняли из конструктивных соображений)» [9].

$$p = \frac{4266,5}{0,6 \cdot 0,25} \cdot 10^{-3} = 28,44 \text{ кПа}.$$

Полученный результат актуален при условии действия статических нагрузок, в реальном движении результирующее значение необходимо умножать на коэффициент перегрузки, значение которого находится в диапазоне от 1,3 до 2,0. Тогда и величина действующей силы находится в диапазоне:

$$P_{\text{д}} = P \cdot S, \quad (8)$$

$$P_{\text{д}} = 4266,6 \cdot (1,3 \dots 2,0) = 5546,45 \dots 8533,0 \text{ Н}.$$

Для упрощения расчётов, принимаем усредненное значение силы равной  $6000 \text{ Н}$  (рисунок 22). Это правило будет действовать на все последующие расчёты.

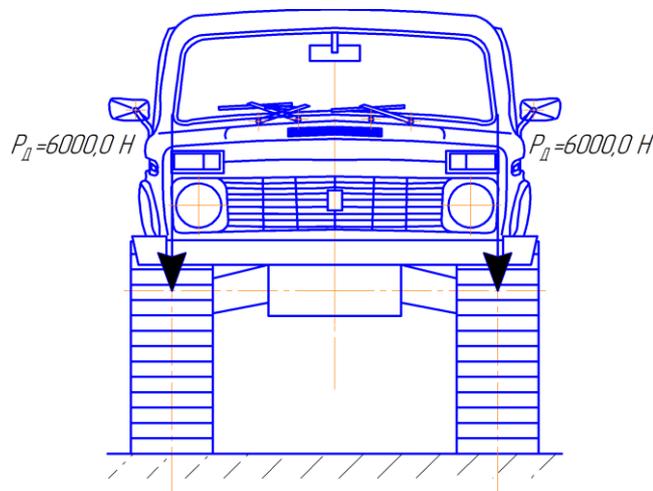


Рисунок 22 – Развесовка по одной оси в режимах перегрузок

## 3.2 Конструкторские расчёты разрабатываемых движителей

### 3.2.1 Расчёт ролика

Вал повышенной прочности изготавливаем из металла позволяющего получать нормализованные поверхности: сталь 45.

$$\sigma_B = 580 \text{ МПа} , \sigma_T = 320 \text{ МПа} .$$

Сила, действующая на четыре ролика распределяется поровну, на каждый ролик действует сила равная 1500 Н (рисунок 23).

$$\sum M_A = 0: F_r \cdot 0,055 + R_{BY} \cdot 0,075 - F_r \cdot 0,13 = 0, \quad (9)$$

$$R_{BY} = \frac{F_r \cdot 0,13 - F_r \cdot 0,055}{0,075} = \frac{1500 \cdot 0,13 - 1500 \cdot 0,055}{0,075} = 1500 \text{ Н},$$

$$\sum M_A = 0: -F_r \cdot 0,055 - R_{AY} \cdot 0,075 + F_r \cdot 0,13 = 0, \quad (10)$$

$$R_{AY} = \frac{F_r \cdot 0,13 - F_r \cdot 0,055}{0,075} = \frac{1500 \cdot 0,13 - 1500 \cdot 0,055}{0,075} = 1500 \text{ Н}$$

Проверка:

$$-R_{AY} - R_{BY} + 2 \cdot F_r = 0 \Rightarrow -1500 - 1500 + 3000 = 0$$

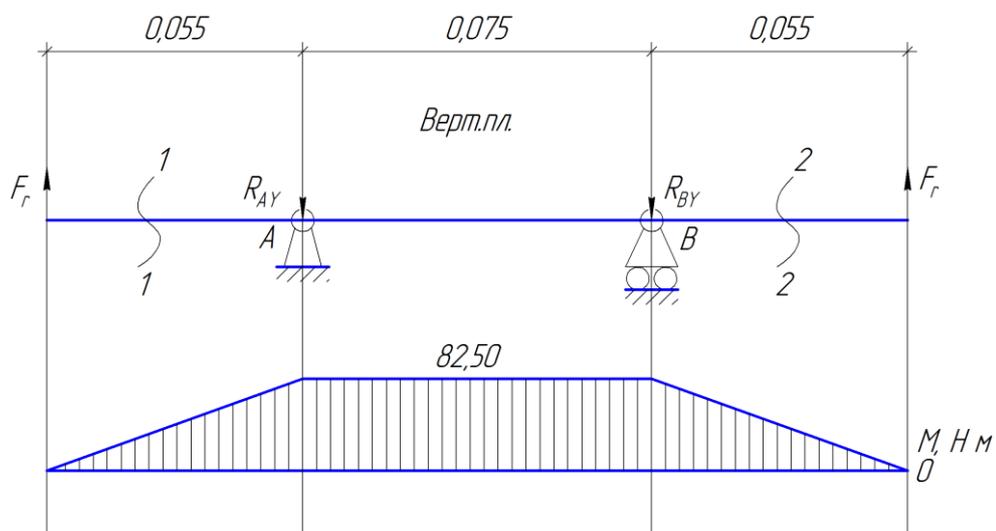


Рисунок 23 – Схема сил и эпюры вала опорного ролика

сечение 1-1:

$$0 \leq Z_1 \leq 0,055 : M_{II} = F_r \cdot Z_1, \quad (11)$$

$$M_{II} = 0,$$

$$M_{II} = 1500 \cdot 0,055 = 82,5 \text{ Нм}.$$

сечение 2-2:

$$0 \leq Z_2 \leq 0,055 : M_{II} = F_r \cdot Z_2, \quad (12)$$

$$M_{II} = 0,$$

$$M_{II} = 1500 \cdot 0,055 = 82,5 \text{ Нм}.$$

Первое опасное сечение – сечение в опорах А и В:

$$M_{II} = \sqrt{0^2 + 82,5^2} = 82,5 \text{ Нм},$$

$$\sigma_{II} = \frac{82,5}{0,1 \cdot 0,045^3} = 9,05 \text{ МПа},$$

$$\tau = \frac{0}{0,2 \cdot 0,045^3} = 0 \text{ МПа},$$

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

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot 580 = 249,4 \text{ МПа}.$$

«Предел прочности определяется по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1} \cdot \varepsilon}{S \cdot K_{\sigma}} \cdot K_V, \quad (13)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент влияния абсолютных размеров, равен 0,65;

$S$  – коэффициент безопасности, равен от 1,3 до 2;

$K_V$  – коэффициент влияния упрочнения, равен 1,1;

$K_\sigma$  – коэффициент концентрации напряжений, равен 2,05» [9].

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

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

### 3.2.2 Выбор и расчёт подшипников роликов

Выбор подшипника.

По вводным данным: размеру посадочного места и направлениям действующих нагрузок выбираем радиальные шариковые однорядные подшипники №7000107 ГОСТ 8338-75, или SKF 16007.

Основные характеристики: «35x62x9 мм,  $C_r=13$  кН,  $C_{or}=8,15$  кН» [9].

Определение полных реакций в опорах:

а) для опоры А и Б:

$$R_A = R_B = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2}, \quad (14)$$

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

Определение эквивалентной нагрузки:

$$p_{r_A} = p_{r_B} = (1 \cdot 1 \cdot 1500) \cdot 1,3 \cdot 0,95 = 1852,5 \text{ Н}. \quad (15)$$

Определим наибольшую частоту вращения вала:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (16)$$

$$\omega = V \cdot r \quad (17)$$

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

Определение ресурса подшипника по любой опоре В:

$$L_{h(B)} = \frac{10^6}{0,265 \cdot 60} \cdot \left( \frac{12400}{1852,5} \right)^3 \cdot 1 \cdot 1 = 18,86 \cdot 10^6 \text{ ч.}$$

Величина ресурсных моточасов говорит о правильном выборе, подшипник выдержит.

### **3.3 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта гусеничного хода**

#### **3.3.1 Разработка операционно-технологической карты на монтаж гусеничных ходов**

«На любой вид обслуживания: ТО РО, с указанием каждой выполняемой операции, в строгой последовательности, отметив местоположение объекта, применяемый инструмент и приспособления, норматив времени на операцию, технические условия в соответствии с требованиями НОТ, разрабатываются технологические карты. Перечень операций под конкретную марку автомобиля, с его особенностями, отражен в приложении к, Положению о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [10].

Технологический процесс технического обслуживания оформляется подробно в операционно-технологической или кратко, для отдельного поста, в постовой технологической карте.

Операционная карта представляют собой подробную разработку одной, отдельной операции, составляется на рабочее место, пост, включает операции на нем выполняемые.

Содержание операционно-технологической карты, на одну и ту же операцию, но на разных предприятиях, будет отличаться из-за различий в оснащенности, квалификации персонала и так далее

«В соответствии с требованиями операционно-технологическая и постовая технологическая карты выполняются по форме 1,1а, 2 и 2а МУ-200 РСФСР-12-0139-81» [11].

В технологической карте краткая формулировка операции и глагол в приказном виде, как команда к действию для персонального исполнителя с необходимой квалификацией, может быть указана необходимость в представлении пояснительного эскиза, если описания недостаточно для понимания выполняемого задания. Технологическая карта может быть выполнена в виде таблицы и является документом для технического контроля.

Составляя технологические карты, ориентируются на:

- логистические удобства в процессе выполнения,
- наличие диагностирующего, осмотрового оборудования,
- возможность использовать оборудование передовых технологий, высокоточного инструмента и специализированного приспособления,
- надлежащие условия труда в соответствии с требованиями НОТ,
- применение средств контроля за качеством работ.

На соответствующем листе графического материала представлена операционно-технологическая карта монтажа гусеничного хода на автомобиль категории М1.

Операционно-технологическую карту монтажа гусеничного хода на автомобиль категории М1 представим в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Операционно-технологическая карта монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1

Наименование и содержание работ (операций)	Место выполнения операции	Количество мест (точек обслуживания)	Трудоёмкость, чел.-мин.	Приборы, инструмент, приспособления (модель, тип, код, фирма)	Технические требования и указания
Установка автомобиля на пост	Снизу автомобиля	–	5,0	Подъёмник двухстоечный	Установить автомобиль на пост следует сухим и чистым. Все четыре

### Продолжение таблицы 3

Наименование и содержание работ (операций)	Место выполнения операции	Количество мест (точек обслуживания)	Трудоёмкость, чел.-мин.	Приборы, инструмент, приспособления (модель, тип, код, фирма)	Технические требования и указания
					колеса должны быть вывешены и свободно вращаться
Открутить гайку крепления колёс (на каждое колесо по пять гаек)	Слева, справа автомобиля	5	5,0	Гайковёрт, головка 17-19, ключ-балонный 17-19	Гайки должны быть полностью выкручены
Снять колесо	Слева, справа автомобиля	4	2,0	Вручную	Смотреть визуально сохранность передних колодок и всех резиновых уплотнений
Установить гусеничные ходы	Слева, справа автомобиля	4	6,0	Подъёмник гидравлический, приспособление	Диск ведущего колеса должен плотно прилегать к ступице
Закрутить гайки крепления гусеничного хода (на каждый ход по пять гаек)	Слева, справа автомобиля	4	5,0	Гайковёрт, головка 17-19, ключ-балонный 17-19	Усилие затяжки 100 Н·м
Снять автомобиль с поста	Снизу автомобиля	–	5,0	Подъёмник двухстоечный	–

Общая трудоёмкость 0,47 чел.-ч.

#### 3.3.2 Планировка участка ремонта гусеничного хода

Первоначально составим список, разбив весь производственный процесс ремонта, на отдельные производственные участки с соответствующими помещениями. Имея строительный чертеж готового строения с размерами помещений, указанием несущих стен и несущих опор, учитывая специфику работ и обслуживания, следуя санитарно-гигиеническим и противопожарным требованиям, составим несколько вариантов распределения площадей.

«Прежде, чем приступить к разработке планировочного решения станции обслуживания и ремонта, рекомендуется предварительно составить экспликацию производственных, складских, технических, админист-

ративных, бытовых и других помещений с указанием площадей, принятых по результатам технологического расчета и категории производства по взрывопожарной и пожарной опасности» [10].

Проектируя строение непосредственно под нужды СТО, планируется для реализации поставленных целей, использовать как стандартные железобетонные панели и типовые алюминиевые фермы, так и оригинальные строительные решения из бетона и кирпича, учитывая нагруженность кровли, выберем сетку несущих колонн.

На основании строительного чертежа, с размерами помещений, указанием несущих стен и несущих опор, учитывая специфику работ и обслуживания, следуя санитарно-гигиеническим и противопожарным требованиям, составим несколько компоновочных вариантов планировки этих помещений.

Реализованная компоновка, по Общесоюзным Нормам Технологического Проектирования, не может отличаться от принятого варианта более чем на  $\pm 10\%$ .

В структуре СТО существует разделение, как персонала на основные рабочие и вспомогательные, так и технологических зон, помещений. К основным относятся зоны Технологического Обслуживания и Технологического Ремонта (аббревиатура ТО и ТР соответственно).

Разделение на основные и вспомогательные, продолжается и внутри зон: к основным относятся участки механических работ, рихтовки, окраски, и антикоррозионной обработки.

Все подчинено работе основных подразделений. В современных СТО, помимо обслуживания и ремонта техники, внимательно относятся к обслуживанию и созданию удобств, для ожидающего клиента. Клиент беспрепятственно перемещается по зоне приема заказов, в непосредственной близости находится магазин запасных частей, с общей кассой. Рядом с зоной приема имеется автомойка, с возможностью обслуживания днища и моторного отсека, зона ожидания имеет кафе и бар с безалкогольными

напитками и легкой закуской. Время ожидания проходит незаметно за просмотром видеопрограмм. Инфраструктура СТО позволяет разделить потоки выезда и въезда.

Нас интересует участок ремонта гусеничного хода. На данном участке необходимо установить подъёмник двухстоечный для снятия и установки гусеничных ходов, тележка для транспортировки и удобного демонтажа и монтажа, слесарное оборудование, набор инструментов и так далее. Одновременно с ремонтом гусеничного хода, скорее всего, участок будет содержать оборудование и по ремонту шин.

Выводы по разделу.

В данном разделе проведена разработка собственной конструкции гусеничных ходов для легкового автомобиля, а самые нагруженные элементы рассчитаны на прочность и разработаны технология технического обслуживания и ремонта гусеничного хода.

Далее предлагается рассмотреть вопрос производственной и экологической безопасности проекта.

## **4 Производственная и экологическая безопасность проекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1**

«В условиях становления рыночной экономики проблемы безопасности жизнедеятельности становятся одними из самых острых социальных проблем. Связано это с травматизмом и профессиональными заболеваниями, приводящими в ряде случаев к летальным исходам, при том, что более половины предприятий промышленности и сельского хозяйства относится к классу максимального профессионального риска» [28].

Сокращение числа профессиональных заболеваний, контролируя возрастные пороги ограничений, перемещая персонал по смежным профессиям, согласно графику, информированность персонала и разбор причин повлекших аварию, развитие профессиональной (легкий труд), и медицинской реабилитации пострадавших на производстве, первоочередные задачи руководства предприятием и правительства страны, в целом.

Безопасность жизнедеятельности, это основа всех аспектов безопасности (пожарная безопасность, безопасность на воде, безопасность при общении с электричеством, экономическая безопасность, безопасность труда и так далее). Изучение и систематизация окружающих нас потенциальных опасностей формирует рефлекторно безопасное поведение, общую грамотность в вопросе безопасности, привычку к безопасному поведению.

Дальнейшее развитие данного вопроса, призвано изменить отношение руководителей разного звена и исполнителей, к требованиям и рекомендациям охраны труда, сохраняющей нам жизнь и здоровье.

В автомобильном транспорте данная проблема весьма актуальна, так как автомобиль сам по себе является транспортным средством повышенной

опасности. Обслуживание же и ремонт автомобиля так же требуют концентрации внимания на технике безопасности.

В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности.

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию.

В таблице 4 представлен паспорт безопасности на технологический процесс монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1.

Таблица 4 – Паспорт безопасности на технологический процесс монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Монтаж полугусеничного хода на автомобиль категории М1	1 Установка автомобиля на пост. 2 Открутить гайку крепления колёс (на каждое колесо по пять гаек). 3 Снять колесо. 4 Установить гусеничные ходы. 5 Закрутить гайки крепления гусеничного хода (на каждый ход по пять гаек). 6 Снять автомобиль с поста	Слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда	Подъёмник двухстоечный, гайковёрт, головка 17-19, ключ-балонный 17-19	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

## 4.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе монтажа полугусеничного хода на автомобиль представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Установка автомобиля на пост. 2 Открутить гайку крепления колёс (на каждое колесо по пять гаек). 3 Снять колесо. 4 Установить гусеничные ходы. 5 Закрутить гайки крепления гусеничного хода (на каждый ход по пять гаек). 6 Снять автомобиль с поста	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты для сборки гусеничных ходов, элементы автомобиля
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Подъёмник двухстоечный, гайковёрт
	Повышенный уровень шума	Подъёмник двухстоечный, гайковёрт
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Подъёмник двухстоечный
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [29].
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании» [29].
Напряжение зрительных анализаторов		
Статические нагрузки, связанные с рабочей позой		

### **4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков**

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно ст. 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [31].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Перечень утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н.

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [5];
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) организация обучения и проверки знаний по охране труда работников;
- г) проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований;
- д) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- е) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- ж) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- з) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- и) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- к) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- л) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [5].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.	

Продолжение таблицы 6

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами;</li> <li>– предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования</li> <li>– знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015</li> <li>– обеспечение дистанционного управления оборудованием» [26].</li> </ul>	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)</p>
«Повышенный уровень шума	<p>Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров</p>	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [29].</p>
«Возможность поражения электрическим током	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [30].</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [29].</p>	<p>–</p>
Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный при поступлении на работу и трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– периодически правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> </ul>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 6

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно расположены на столе	
Монотонность труда, вызывающая монотонию	– автоматизация однообразного ручного труда; – оптимизация содержания трудовой деятельности, темпа и ритма работы; – совмещение профессий и чередование операций; – внедрение рациональных режимов труда и отдыха с введением пяти минутных регламентированных перерывов через каждый час работы; – введение в режим рабочего дня комплексов производственной гимнастики, прослушивание функциональной музыки и организация отдыха в специальных комнатах психологической разгрузки	–

#### 4.4 Пожарная безопасность

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [24].

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;

- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность» [27].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе монтажа полугусеничного хода на автомобиль представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе монтажа полугусеничного хода на автомобиль

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия

Продолжение таблицы 7

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись
Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ
Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ
Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей» [28].
«Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [29].

#### **4.5 Экологическая безопасность технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1**

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация экологических факторов технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Монтаж полугусеничного хода на автомобиль категории М1	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [19].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1 на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
«Применение фильтрующих элементов в отсасывающих устройствах, а также их своевременная замена. Контроль воздушной среды должен проводиться по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения РФ, ГОСТ 12.1.005-76, ГОСТ 12.1.014-79 и ГОСТ 12.1.016-79	Контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [31].	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Региональные операторы заключают договоры на оказание услуг по обращению с твердыми коммунальными отходами с собственниками твердых коммунальных отходов, если иное не предусмотрено законодательством Российской Федерации».

Выводы по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс монтажа полугусеничного хода на автомобиль (таблица 4);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе монтажа полугусеничного хода на автомобиль (таблица 5) и определены пути их снижения (таблица 6);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1 (таблицы 7, 8);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса монтажа полугусеничного хода на автомобиль категории М1 (таблица 9).

## 5 Экономическая эффективность проекта

«Затраты на изготовление гусеничного хода определяем по формуле:

$$C_{кон} = C_{к.д} + C_{о.д} + C_{н.д} + C_{сб.н} + C_{о.н}, \quad (19)$$

где  $C_{к.д}$  – стоимость изготовления корпусных деталей, определяется по формуле (20);

$C_{о.д}$  – затраты на изготовление оригинальных деталей, определяется по формуле (21);

$C_{н.д}$  – цена покупных деталей, изделий, агрегатов;

$C_{о.н}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции» [15].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д.} = Q_k \cdot C_k, \quad (20)$$

где  $Q_k$  – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_k$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, согласно [16] средняя стоимость составляет 150 р./кг» [15].

$$C_{к.д.} = 20 \cdot 150 = 3000 \text{ р.}$$

Стоимость изготовления корпусных деталей представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Треугольная рама	Профиль 20×10	20	19	150	3000
Итого:	–	–	–	–	3000

Вывод: как видно из таблицы 10 общая стоимость корпусных деталей составляет 3000 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{o.d.} = C_{прн} \cdot C_m, \quad (21)$$

где  $C_{прн}$  – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, определяется по формуле (22);

$C_m$  – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [15].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр.} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (22)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч. (в данном случае изготавливаем ролики – 48 шт., оси – 24 шт., валик – 4 шт.)

$$t = 48 \cdot 0,6 + 24 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 = 36,8 \text{ чел. - ч.}$$

$C_q$  – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч.

Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ. Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда:  $12792/(7 \cdot 21) = 87,02$  р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12;

III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду:  $87,02 \cdot 1,42 = 123,56$  р./ч.;

$k_i$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается в диапазоне от 1,025 до 1,030» [15].

$$C_{np.} = 36,8 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 4683,41 \text{ руб.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{доп.} = \frac{(5 \dots 12) \cdot C_{np.}}{100}, \quad (23)$$

$$C_{доп.} = \frac{10 \cdot 4683,41}{100} = 468,34 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц.} = \frac{30 \cdot (C_{np.} + C_{д.})}{100}, \quad (24)$$

$$C_{соц.} = \frac{30 \cdot (4683,41 + 468,34)}{100} = 1545,52 \text{ р.}$$

Заработная плата на изготовление оригинальных деталей представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Числовое значение, руб.
Заработная плата	4683,41
Дополнительная заработная плата	468,34
Начисления на заработную плату	1545,52
Итого:	5777,91

Как видно из таблицы 11 заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 5777,91 р.

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{м.} = Ц \cdot Q_3, \quad (25)$$

где  $Ц$  – цена 1 кг материала заготовок р./кг;

$Q_3$  – масса заготовки» [15].

Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка материала	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Ось	Сталь 40Х	24	48	28	1344
Ролики	Сталь 45	48	24	22	528
Валик	Сталь 45	4	6	22	132
Итого:	–	–	–	–	2004

$$C_M = 48 \cdot 28 + 24 \cdot 22 + 6 \cdot 22 = 2004 \text{ р.}$$

Из формулы (21) получим:

$$C_{о.д.} = 4683,41 + 468,34 + 1545,52 + 2004 = 8701,29 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{сб.п.} = C_{сб.} + C_{д.сб.} + C_{соц.сб.}, \quad (26)$$

где  $C_{сб.}$  – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, определяется по формуле (26).;

$C_{соц.сб.}$  – отчисления соцстраху рабочих, р.» [15].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{сб.} = T_{сб.} \cdot C_q \cdot k_r, \quad (27)$$

где  $T_{сб.}$  – нормативная трудоемкость на сборку конструкции» [15], определяется по формуле (28).

«Нормативная трудоемкость на сборку конструкции определяем по формуле:

$$T_{сб.} = k_c \cdot \sum t_{сб.}, \quad (28)$$

где  $t_{сб.}$  – трудоемкость сборки составных частей, по справочным данным [16] принимаем трудоемкость равняется 6,60 чел.-ч.;

$k_c$  – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, от 1,1 до 1,5» [15].

$$T_{сб.} = 1,3 \cdot 6,6 = 8,6.$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб..} = 8,6 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 1094,49 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб..} = 0,1 \cdot 1094,49 = 109,44 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб..} = 0,3 \cdot (1094,49 + 109,44) = 361,18 \text{ р.}$$

Определяем общую заработную плату:

$$C_{сб.н.} = 1094,49 + 109,44 + 361,18 = 1565,13 \text{ р.}$$

Полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Полная заработная плата производственных

Значение	Числовое значение, руб.
Основная заработная плата рабочих	1094,49
Дополнительная заработная плата рабочих	109,44
Отчисления соцстраху	361,18
Итого:	1565,13

Как видно из таблицы 13 полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 1565,13 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он.} = \frac{C'_{np} \cdot R_{он}}{100}, \quad (29)$$

где  $C'_{np}$  – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, определяется по формуле (28);

$R_{он}$  – процент общепроизводственных накладных расходов» [15].

$$C'_{np} = C_{np.} + C_{сб.н.} \quad (30)$$

$$C'_{np} = 4683,41 + 1094,49 = 5777,91 \text{ р.}$$

$$C_{он.} = \frac{5777,91 \cdot 40}{100} = 2311,17 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты, шайбы) составляет 2600,0 р.

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости нашей разработки.

По формуле (19) находим затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 3000 + 8701,29 + 2600 + 1565,13 + 2311,17 = 18177,58 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление конструкторской разработки представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на изготовление конструкторской разработки

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	3000
Стоимость оригинальных деталей	8701,29
Стоимость покупных изделий	2600
Общая заработная плата на сборку	1565,13
Общепроизводственные накладные расходы	2311,17
Итого:	18177,58

Из таблицы 14 общие затраты на изготовление конструкции одного гусеничного хода равны 18177,58 р. Стоимость комплекта составит 72710,32 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_z = (T_c - T_n) \cdot 12 \cdot C_q + \mathcal{E}_k, \quad (31)$$

где  $T_c$  – среднемесячная трудоемкость при старой технологии, чел.·ч.;

$T_n$  – среднемесячная трудоемкость при новой технологии, чел.·ч.;

$\mathcal{E}_k$  – экономия денежных средств при использовании конструкции;

12 – количество месяцев в году;

$C_q$  – часовая ставка рабочих, отчисляемая по 4-му разряду.

$$\mathcal{E}_2 = (8 - 5) \cdot 12 \cdot 123,56 + (320000 - 72710,32) = 251737,84 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_2}, \quad (32)$$

$$O_{ок} = \frac{72710,32}{251737,84} = 0,3 \text{ года} = 3,6 \text{ мес.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_2 - 0,15 \cdot C_{кон}, \quad (33)$$

$$\mathcal{E}_{эф} = 251737,84 - 0,15 \cdot 72710,32 = 249011,2 \text{ р.}$$

Результаты расчета экономического эффекта от внедрения конструкции представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты расчета

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	320000	72710,32
Трудоёмкость при использовании конструкции	чел.·ч.	8,0	5,0
Годовая экономия от снижения при внедрении конструкции	руб.	-	251737,84
Годовой экономический эффект	руб.	-	249011,2
Срок окупаемости	год	-	0,29

Выводы по разделу.

Анализируя раздел, можно сделать вывод, что годовая экономия, достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт меньшей стоимости составляет 251737,84 р., а срок окупаемости равен 0,29 года, что допустимо в данной конструкции.

## Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Повышение проходимости полноприводного легкового автомобиля Lada 4x4 путем разработки гусеничных движителей» была поставлена цель и сформулированы задачи для её выполнения.

Были рассмотрены возможные условия эксплуатации автомобилей в условиях отсутствия дорог и плохих дорожных условиях, выявлены конструктивные особенности внедорожных автомобилей, проведён обзор конструкций полугусеничного хода, разработана схема гусеничного хода, произведены прочностные расчёты наиболее нагруженных деталей гусеничного хода,

Также была разработана операционно-технологическая карта монтажа гусеничного хода.

Дополнительно, разработаны мероприятия БЖД для участка ремонта гусеничного хода, определены технико-экономические показатели проекта.

Затраты на изготовление конструкторской разработки (гусеничного хода) можно рассчитать сложением следующих значений: стоимость изготовления корпусных деталей; стоимость оригинальных деталей; стоимость покупных изделий; общая заработная плата на сборку; общепроизводственные накладные расходы.

В данном конкретном случае затраты на изготовление конструкции составляют 72710,32 р. по сравнению с аналогом 320000 р. Годовая экономия конструкторской разработки составляет 251737,84 р., годовой экономический эффект – 249011,2 р., а срок окупаемости равен 0,29 года.

Годовая экономия достигнута за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости с 8,0 чел.·ч. до 5,0 чел.·ч. при применении новой технологии (удешевление конструкции).

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
3. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
5. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
6. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
7. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
8. Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
9. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
10. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
11. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие

/ Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.

12. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

13. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

14. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

15. Инженерная экология и экологический менеджмент : учебник / М. В. Буторина [и др.] ; под ред. Н. И. Иванова [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2004. - 518 с.

16. Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.

17. Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.

18. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.

19. Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация [Текст] : материалы международной научно-практической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский филиал Научно-исследовательского центра "МашиноСтроение" [и др.] ; главный редактор Жуков Иван Алексеевич]. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 2018-. - 21 см. № 2. - 2019. - 157 с.

20. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

21. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.

22. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
23. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
24. Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.
25. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
26. Феодосьев В.И. «Сопrotивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
27. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
28. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
29. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк., 2010. - 366, [2] с.
30. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
31. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
32. Konig, R. Sehmieretechnik / R. Konig. – Springer, 1972. – p.164.
33. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
34. Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New York - London, 1974.
35. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А  
**Спецификации**

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дораб.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											<i>Документация</i>		
							A4		21.ДП.ПЭА.137.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
							A1		21.ДП.ПЭА.137.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	3		
										<i>Заимствованные изделия</i>			
								1		Автомобиль Lada Niva	1		
										<i>Покупные изделия</i>			
								2		Гайка ГОСТ 15589-70 M10x1,5	20		
										<i>Вновь разработанные изделия</i>			
							A1	3	21.ДП.ПЭА.137.61.03.000.СБ	Гусеничный ход	4		
							<b>21.ДП.ПЭА.137.61.00.000</b>						
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							
		Разраб.	Приходько							Лит.	Лист	Листов	
		Проб.	Галиев									1	
		Н.контр.	Галиев							ТГУ, ИМ, АТс-1601а			
		Утв.	Бабровский							Копировал Формат А4			

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль категории М1

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			21.ДП.ПЭА.137.61.03.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01	Ступица колеса	1	
		2	21.ДП.ПЭА.137.61.03.02	Диск ведущего колеса	1	
		3	21.ДП.ПЭА.137.61.03.03	Ступица треугольника	1	
		4	21.ДП.ПЭА.137.61.03.04	Треугольник	1	
		5	21.ДП.ПЭА.137.61.03.05	Рамка	1	
		6	21.ДП.ПЭА.137.61.03.06	Ролик	6	
		7	21.ДП.ПЭА.137.61.03.07	Двигатель гусеничный	1	
		8	21.ДП.ПЭА.137.61.03.08	Механизм натяжения	2	
21.ДП.ПЭА.137.61.03.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Приходько			Лит.	Лист
Проб.		Галиев				Листов
И.контр.		Галиев			1	
Утв.		Байоровский			ТГУ, ИМ, АТс-1601а	
<i>Гусеничный ход</i>				Формат А4		

Рисунок А.2 – Спецификация на гусеничный ход

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A2			21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
				Сборочные единицы		
				Детали		
		1	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.001	Цилиндр	1	
		2	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.002	Обод	1	
		3	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.003	Диск	1	
A4		4	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.004	Стакан	1	
A4		5	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.005	Крышка	1	
A3		6	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.006	Валик	1	
		7	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.007	Зуб	32	
		8	21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.008	Косынка	4	
			21.ДП.ПЭА.137.61.03.01.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Приходько				Лит.	Лист
Проб.	Галиев					Листов
Н.контр.	Галиев				1	
Утв.	Бабровский				ТГУ, ИМ, АТс-1601а	
				Ступица колеса		Формат А4
				Копировал		

Рисунок А.2 – Спецификация на ступицу колеса