

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 Разработка усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер»  
для участия в соревнованиях офф-роуд категории «Джип триал»

Студент

В.А. Князев

(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: «Разработка усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер» для участия в соревнованиях офф-роуд категории «Джип триал».

Пояснительная записка содержит пять разделов, выводы и предложения, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 107 страниц с приложениями. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В работе проведен анализ методов усиления подвесок. В качестве конструкторской разработки предложено усилить существующую подвеску автомобиля дополнительным блоком рессор (подрессорника), что делает подвеску прогрессивной и повышает грузоподъемность автомобиля. Выполнены конструкторские расчеты передней и задней усиленной подвески, подтверждающие работоспособность модернизированной подвески.

Также разработана технология технического обслуживания подвески автомобиля категории М1.

В ВКР также разработаны вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда. Намечены мероприятия по экологической безопасности.

В последнем разделе ВКР приведен сравнительный расчет технико-экономических показателей при изготовлении усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер».

В заключении сделаны выводы по ВКР.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The development of a reinforced suspension for an all-wheel drive vehicle UAZ «Hunter» for participation in «Jeep trial» category off-road competitions».

An explanatory note consists five parts, conclusions and offers, list of references, 3 appendices, totally 107 pages, including attachments. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation work is fully consistent with the issued assignment.

In the thesis, the methods of strengthening the suspension are analyzed. In our study we elucidate how to strengthen the existing car suspension with an additional block of springs in order to make the suspension progressive and increase the car carrying capacity.

The design calculations of the front and rear reinforced suspension are carried out, which is confirming the efficiency of the upgraded suspension.

Also, the suspension maintenance technology of the M1 car category is developed.

The graduation work covers safety and labor protection issues. Measures to provide an ecological safety are offered.

In the last part of graduation work we present the comparative calculation of technical and economic indicators in the reinforced suspension manufacture for an all-wheel drive UAZ «Hunter» vehicle.

In the conclusion the results of the study were presented.

## Содержание

Введение.....	5
1 Исследование состояния вопроса.....	8
1.1 Сведения о проведении автомобильных гонок.....	8
1.2 Виды и характеристики подвесок .....	15
1.3 Понятие плавности хода автомобиля.....	21
1.4 Плавность хода и устойчивость автомобиля.....	24
1.5 Требования к подвеске автомобиля, участвующего в соревнованиях ..	27
1.6 Цель и задачи дипломного проекта.....	29
2 Разработка конструкции передней и задней энергоёмкой усиленной подвески .....	31
2.1 Влияние параметров подвески на активную безопасность .....	31
2.2 Методы усиления подвесок автомобилей .....	36
2.3 Обоснование модернизации подвески автомобиля .....	36
2.4 Конструкторские расчёты подвески .....	48
3 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта подвески проектируемого автомобиля .....	71
4 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	74
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики на технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля .....	74
4.2 Определение профессиональных рисков.....	76
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	77
4.4 Пожарная безопасность .....	82
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1 .....	85
5 Расчёт технико-экономических показателей при изготовлении усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер».....	88
Заключение .....	99
Список используемой литературы и используемых источников.....	100
Приложение А Спецификации.....	103

## Введение

Данный дипломный проект выполнен на тему: «Разработка усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер» для участия в соревнованиях офф-роуд категории «Джип триал».

«Подвеской автомобиля называется совокупность деталей, обеспечивающих упругую связь между кузовом (рамой) и колесами автомобиля, уменьшение динамических нагрузок на кузов и колёса, и затухание их колебаний, а также регулировать положение кузова автомобиля во время движения. Подвеска, являясь промежуточным звеном между кузовом автомобиля и дорогой, должна быть лёгкой и наряду с высокой комфортностью, обеспечивать максимальную безопасность движения и плавность хода. Для этого необходимы точная кинематика колёс, высокая информативность рулевого управления, а также звукоизоляция кузова от жесткого качения шин. Кроме того, надо учитывать, что подвеска передаёт на кузов силы, возникающие при контакте колеса с дорогой, поэтому она должна быть прочной и надежной. Применяемые шарниры должны легко поворачиваться и обеспечивать шумоизоляцию кузова. Упругие элементы (пружина и амортизатор) должны быть простыми и компактными, и допускать достаточный ход подвески» [35].

«Энергоёмкие подвески применяются в основном на автомобилях, участвующих в ралли-рейдах.

Ралли-рейд – вид моторных гонок на длинные дистанции по пересечённой местности, проходящий в течение нескольких дней. Участники гонки обычно преодолевают за день 400... 900 километров. Временная протяжённость составляет от 3-х до 30 дней, самым долгим является ралли-рейд Париж – Москва – Пекин. Подобные гонки также называются «ралли-марафонами», а короткие – «бахами». Наибольшим зрительским интересом обладает Ралли Дакар. В ралли-рейдах на автомобилях кроме пилота участие

в гонке принимает штурман, отвечающий за навигацию. Для этой цели используются дорожная книга и ГЛОНАСС/GPS» [34].

«Работа подвески основывается на преобразовании энергии удара при наезде на неровность в сжатие упругого элемента подвески, вследствие чего сила удара, что передается на кузов, уменьшается, и плавность хода возрастает. Подвеска автомобиля обеспечивает упругую связь рамы или кузова с мостами и колесами, плавность хода, устойчивость и проходимость автомобиля. Это очень важно для автомобилей, участвующих в ралли-рейдах» [2].

«Плавность определяет комфортность езды. Устойчивость определяет способность противодействовать заносам и опрокидыванию, то есть безопасность. Для этого необходимы точная кинематика колес, высокая информативность управления (не только рулевого), а также изоляция кузова от дорожных шумов и жесткого качения радиальных шин (особенно с низким профилем)» [2].

«Проходимость определяет способность преодолевать различные препятствия. Заметим, что здесь не обходится без компромиссов, поскольку эти требования весьма противоречивы. Например, мягкое подрессоривание иногда ухудшает устойчивость автомобиля, и наоборот – повышение жесткости ухудшает комфортность езды, уменьшает ресурс» [9].

«Подвеска автомобиля, в классическом понимании, состоит из упругого, направляющего и гасящего элементов.

Назначение упругого элемента – смягчать толчки от дороги. Эту функцию могут выполнять рессоры, витые пружины, торсионы, пневматические или гидропневматические элементы. Два последних элемента позволяют изменять клиренс.

Направляющее устройство подвески определяет характер движения колеса относительно дороги и кузова и передаёт толкающие, тормозные и боковые усилия от колес на раму или корпус автомобиля. В случае пружинной подвески направляющим устройством служат грузы и штанги

подвески. В рессорной подвеске сама листовая рессора передает продольные и боковые усилия, благодаря чему конструкция подвески упрощается.

С ростом скоростей колебания кузова стали влиять не только на комфорт, но и на безопасность. Так появились амортизаторы (гасящий элемент), поначалу фрикционные, затем гидравлические рычажные и, наконец, телескопические двухтрубные, успешно применяемые по сей день.

На автомобилях в основном используются жидкостные, масляные амортизаторы. Главное их назначение – борьба с резким распрямлением пружин после проезда через неровности» [1].

Для преодоления больших препятствий автомобилем во время соревнований в основном используется энергоёмкая (то есть непробиваемая) длинноходная подвеска. Энергоёмкая длинноходная подвеска автомобиля прекрасно справляется с плохими дорогами, кочками и ямами, что немаловажно в ралли-рейдах.

## **1 Исследование состояния вопроса**

### **1.1 Сведения о проведении автомобильных гонок**

«Свойства автомобиля наиболее полно проявляются в условиях эксплуатации.

Условиями эксплуатации автомобиля называются условия, в которых осуществляются перевозки пассажиров, грузов, специального оборудования и которые характеризуются различными внешними факторами» [2].

«К условиям эксплуатации относятся дорожные, транспортные и природно-климатические условия.

Дорожные условия эксплуатации характеризуются рельефом местности, продольным профилем дороги и извилистостью в плане, шириной проезжей части, числом полос движения, ровностью и прочностью дорожного покрытия, стабильностью состояния дороги, интенсивностью, режимом и видом движения, а также помехами.

Основой дорожных условий эксплуатации являются дороги, которые по назначению подразделяются на дороги общего пользования, автомагистрали, внутрихозяйственные (сельские) и городские (улицы). Дорожные условия эксплуатации оказывают наибольшее влияние на эксплуатационные свойства автомобиля.

Транспортные условия эксплуатации характеризуются видом и количеством перевозимых грузов, дальностью перевозок, способами погрузки и выгрузки грузов, режимом работы, видом маршрутов, условиями хранения, техническим обслуживанием и ремонтом автомобиля.

Транспортные условия эксплуатации определяют специализацию автомобиля, которая обеспечивает максимальную приспособленность к перевозке определенного вида груза.

Природно-климатические условия эксплуатации характеризуются температурой окружающего воздуха, атмосферным давлением и осадками (туман, дождь, снег).

Территория России включает в себя в основном зоны умеренного и холодного климата. В зоне умеренного климата сосредоточена наибольшая часть подвижного состава автомобильного транспорта страны. Все автомобили общего назначения и специализированный подвижной состав приспособлены к перевозкам в этой зоне.

В зоне холодного климата зимой температура опускается до минус 50°C и ниже, а продолжительность зимнего периода со снежным покровом в отдельных районах с суровым климатом составляет 200 – 280 дней в году. Для этой зоны должны выпускаться специальные автомобили в северном исполнении: с морозостойкими шинами, легко запускаемыми при низких температурах двигателями и тому подобное» [33].

Автомобиль ралли-рейда испытывает огромные перегрузки во время соревнований. Перегрузки эти зависят, в первую очередь, от местности по которой приходится передвигаться автомобилю, времени суток, года, климатических условий соревнований и так далее [33].

Если покрытие сильно холмистое, то перегружается подвеска автомобиля и большинство элементов кузова, если покрытие влажное и холмистое (полное бездорожье), то дополнительно к подвеске полностью перегружается трансмиссия, если соревнования происходят при повышенных или пониженных температурах – то перегружается двигатель автомобиля и так далее. Вообще абсолютно любой ралли-рейд изначально подразумевает огромные перегрузки всех элементов автомобилей (в принципе с этой целью его и проводят).

Нагрузочные режимы зависят от сложности трассы во время соревнований, мастерства водителя и подготовленности автомобиля на тот или иной этап соревнований ралли-рейда. Именно поэтому необходимо

очень точно и грамотно подходить к выбору, как самого автомобиля, так и элементов усиления его конструкции.

В основном абсолютно все автомобили ралли рейдов полноприводные. Поэтому, начальным этапом подготовки любого автомобиля к ралли-рейду является выбор колес. Затем полностью усиливается и максимально облегчается кузов автомобиля. Кузов можно усилить специальными распорками, которые «держат» и частично смягчают удары, приходящиеся на кузов автомобиля. Далее модернизируется двигатель, трансмиссия, а уже затем производятся изменения в подвеске автомобиля. Всё это необходимо осуществлять в комплексе, иначе «слабое звено» очень быстро начнёт проявлять себя во время соревнований (перегрузочных режимов эксплуатации авто).

«Участники ралли-рейда классифицируются в разных зачётах в зависимости от типа транспортного средства. Тремя главными классами являются мотоциклетный, а также два автомобильных, легковой (внедорожники) и грузовой. Каждый из классов делится на группы» [3].

«Класс внедорожников также делится на 3 группы, все они должны весить менее 3,5 тонн. В Т-1 входят легковые автомобили с малым отличием от серийных моделей. Внедорожники Т-2 являются серьёзно улучшенными серийными автомобилями. Багги и другие созданные специально для гонок автомобили входят в Открытый класс. Яркими представителями внедорожников в ралли-рейдах являются усовершенствованные модели Volkswagen Touareg, Mitsubishi Pajero и Nissan Navara» [30].

«Автомобили весом более 3500 килограмм делятся на категории Т-4 и Т-5. Последняя включает грузовики, путешествующие от бивуака до бивуака для поддержки соревнующихся транспортных средств. Непосредственными участниками соревнований являются машины категории Т-4, они должны быть омологированы. Этот класс делится на Т-4,1 и Т-4,2: автомобили первого класса должны быть минимально усовершенствованными серийными моделями, грузовики второго класса усовершенствованы

значительно. Лучшие гоночные модели производятся на заводах КАМАЗ, LIAZ, DAF Trucks и Mercedes-Benz» [30].

«Ралли-рейды на внедорожниках – это одна из многих дисциплин автомобильного спорта, основанная на принципах классического автомобильного ралли, но отличающаяся от ралли категориями автомобилей и протяженностью соревнования. Обратимся к «первоисточникам» – правилам и определениям этой дисциплины. По определению, ралли-рейд – соревнование со средней заданной скоростью, проходящее по пересеченной местности и дорогам общего пользования, и включающее в себя несколько специальных участков, маршрут которого может проходить по территории одной или нескольких стран. По своей протяженности и длительности соревнования ралли-рейды делятся на три основных категории» [4].

«Собственно, ралли-рейд, общая дистанция соревнования не более 6500 километров и продолжительностью соревнования не более 10 дней, (включая административные проверки, техническую инспекцию, суперспециальные участки и награждение). Примером для этой категории соревнования может послужить проходивший в 2009 году ралли-рейд Abu Dhabi Desert Challenge 2009» [4].

Баха – ралли-рейд с общей протяженностью до 1200 километров и длительностью не более 5 дней. Например, прошедший в Ленинградской области первый этап Кубка мира по рейдам – Баха «Северный лес».

Марафон – ралли-рейд, с общей дистанцией более 6500 километров и продолжительностью до одного месяца. Так, например, протяженность прошедшего в 1992 году, через территорию Республики Казахстан, международного ралли-марафона Париж – Москва – Пекин, составила 17600 километров, а его длительность составила тридцать один день. За столь выдающиеся достижения этот ралли-марафон попал в книгу рекордов Гиннеса.

«Задача экипажа автомобиля, участвующего в ралли-рейде, одна – пройти дистанцию, за минимальное время, по определенному маршруту, с

обязательным проездом через контрольные точки. При организации маршрута ралли-рейда организаторы стараются максимально удлинить дистанцию и максимально сократить так называемые дорожные секции (лиазоны), которые экипажи проходят с соблюдением всех норм ПДД. Все нарушения экипажей фиксируются в специальной контрольной карте – корнете, и затем рассматриваются судьейской бригадой гонки на предмет наложения определенных штрафов и наказаний – пенализаций. В соревнованиях по ралли-рейдам участвуют спортсмены на автомобилях и мотоциклах, багги и грузовиках. Самая многочисленная категория участников – это мотоциклисты. Так, на марафоне Дакар 2009, прошедшем в Южной Америке, участвовало 264 мотоциклиста. При этом, к участию в Дакаре 2009 было заявлено в общей сложности 542 единицы – гоночные автомобили, мотоциклы и грузовики» [7].

«Специальные участки ралли-рейдов проходят в основном по бездорожью, при этом скорость гоночных машин нередко достигает отметки 200 километров в час. При такой скорости, недопустима даже малейшая ошибка в пилотировании или в навигации. От всех членов экипажа требуется максимальная концентрация и предельное внимание. Ведь экипажу на ралли-рейде не известны детали маршрута, по которому им предстоит ехать, а в «дорожной книге», выдаваемой участникам накануне старта, указаны лишь координаты старта, финиша, контрольных точек, и описаны основные ориентиры и препятствия, которые им встретятся на пути. При этом под угрозой снятия с соревнования, экипажам запрещено предварительное ознакомление с маршрутом. Поэтому так важны в этом виде автоспорта профессионализм, четкое взаимопонимание и взаимное доверие экипажа ралли-рейдового автомобиля» [24].

Многим покажется, что ралли-рейды – это удел только суперпрофессиональных гонщиков, но это не совсем так. При организации большинства ралли-рейдов организаторы соревнований предлагают участие в гонке и любителям, по облегченному маршруту с соревнованием не на

скорость, а на навигацию. Эта категория, которая обычно называется «туризм» и собирает большое число поклонников автоспорта, желающих поучаствовать в соревновании и прикоснуться к интереснейшему миру ралли-рейдов.

«Родиной» ралли-рейдов, по праву считается Франция, со столицы которой много лет начинались крупнейшие ралли-марафоны, такие как Дакар, Париж – Москва – Пекин, Париж – Москва – Улан-Батор и многие другие. История ралли-рейдов в нашей стране началась в 1992 году с ралли-марафона Париж-Пекин. С того времени, по территории нашей страны прошли маршруты огромного количества соревнований внедорожников. Были рейды Париж – Улан-Батор, были «Мастер ралли», был «Трансориенталь 2008».

Согласно техническим требованиям, к участию в национальном классе чемпионата России допускаются автомобили отечественного производства с рабочим объемом двигателя до трех литров, а, следовательно и УАЗ и Нива имеют одинаковое право выходить на старт. Однако в протоколах гонок аббревиатура ВАЗ встречается намного чаще, чем УАЗ. И это несмотря на то, что ведущие спортсмены на УАЗ нередко оказываются сильнее водителей ВАЗа.

При подготовке автомобиля к соревнованиям модернизируются и видоизменяются практически все узлы и системы транспортного средства: кузов, двигатель, трансмиссия, подвеска. Начинается модернизация с кузова, далее двигатель, трансмиссия и в конце подвеска.

«Подвеска, обеспечивающая хорошую устойчивость автомобиля на дороге, служит важным составляющим звеном общей «активной» безопасности автомобиля. В настоящее время считается, что безопасность обеспечивается лишь в том случае, если шасси автомобиля «быстрее» его двигателя, то есть рассчитано на большую скорость, чем та, которую может обеспечить двигатель. Если проанализировать тенденции развития конструкций передних подвесок автомобилей, то можно отметить

следующие особенности. За последние годы значительно увеличилось количество автомобилей, имеющих переднюю подвеску типа «качающаяся свеча» (Mac Pherson). Жесткая пространственная конструкция, образуемая стальными штамповками, хорошо воспринимает нагрузки, возникающие в элементах подвески при движении автомобиля. Распространением кузовов, имеющих такую конструкцию, и объясняется растущая популярность рычажно-свечной (или с «качающейся свечой») передней подвески типа Mac Pherson. Любая другая система подвески требует наличия массивной передней поперечины либо существенного усиления панелей передней части кузова. Амортизационно-пружинная качающаяся стойка Mac Pherson упирается верхним концом в чашку, расположенную в вершине передней надколесной арки, несколько впереди перегородки между отсеком двигателя и салоном. Основной недостаток этой подвески – необходимо несколько ограничить свободу перемещения колеса в вертикальном направлении, если капот расположен низко в соответствии с существующей тенденцией. В противном случае витки пружины могут плотно прижаться друг к другу при максимальном ходе сжатия подвески, и удар передается на кузов. Усилие на рулевом колесе в значительной степени зависит от величины смещения точки пересечения осевой линии поворотного шкворня с поверхностью дороги относительно центра отпечатка шины. Поэтому при малейшем нарушении балансировки колеса или биении шины во время качения колеса возникающие вибрации передаются непосредственно на амортизационную стойку» [4].

Подвеска автомобиля, подготовленного для участия в ралли рейде должна обеспечивать, в первую очередь, устойчивость и управляемость. К тому же она работает при колоссальных статических и динамических перегрузках, а так же при большом перепаде температур, влажности, ветре и так далее. Поэтому её необходимо максимально усилить с учётом профиля гонки и климатических условий места проведения.

Методы усиления подвески следующие:

- установка дополнительных упругих элементов (пружин, рессор);
- установка дополнительных гасительных элементов (амортизаторов);
- совершенствование конструкции гасительных элементов (газوماсляные амортизаторы);
- увеличение клиренса (установка дополнительных элементов - проставок);
- установка упругих элементов для поперечной устойчивости автомобиля;
- изменение конструкции подвески (зависимая и независимая подвеска).

## **1.2 Виды и характеристики подвесок**

«Спортивная подвеска автомобиля – совокупность устройств, обеспечивающих упругую связь между несущей системой и мостами или колёсами автомобиля, уменьшение динамических нагрузок на несущую систему и колёса, и затухание их колебаний, а также регулирование положения кузова автомобиля во время движения» [5].

«Спортивная подвеска, являясь промежуточным звеном между кузовом автомобиля и дорогой, должна быть лёгкой и наряду с высокой комфортабельностью обеспечивать максимальную безопасность движения. Для этого необходимы точная кинематика колёс, высокая информативность управления (не только рулевого), а также изоляция кузова от дорожных шумов и жесткого качения радиальных шин (особенно с низким профилем). Кроме того, надо учитывать, что спортивная подвеска передаёт на кузов силы, возникающие в контакте колеса с дорогой, поэтому она должна быть прочной и долговечной. Применяемые шарниры спортивной подвески должны легко поворачиваться, быть мало податливыми и вместе с тем обеспечивать шумоизоляцию кузова. Рычаги спортивной подвески должны

передавать силы практически во всех направлениях, а также тяговые и тормозные моменты, и быть при этом не слишком тяжелыми. Упругие элементы спортивной подвески при эффективном использовании материалов должны быть простыми и компактными, и допускать достаточный ход спортивной подвески» [22].

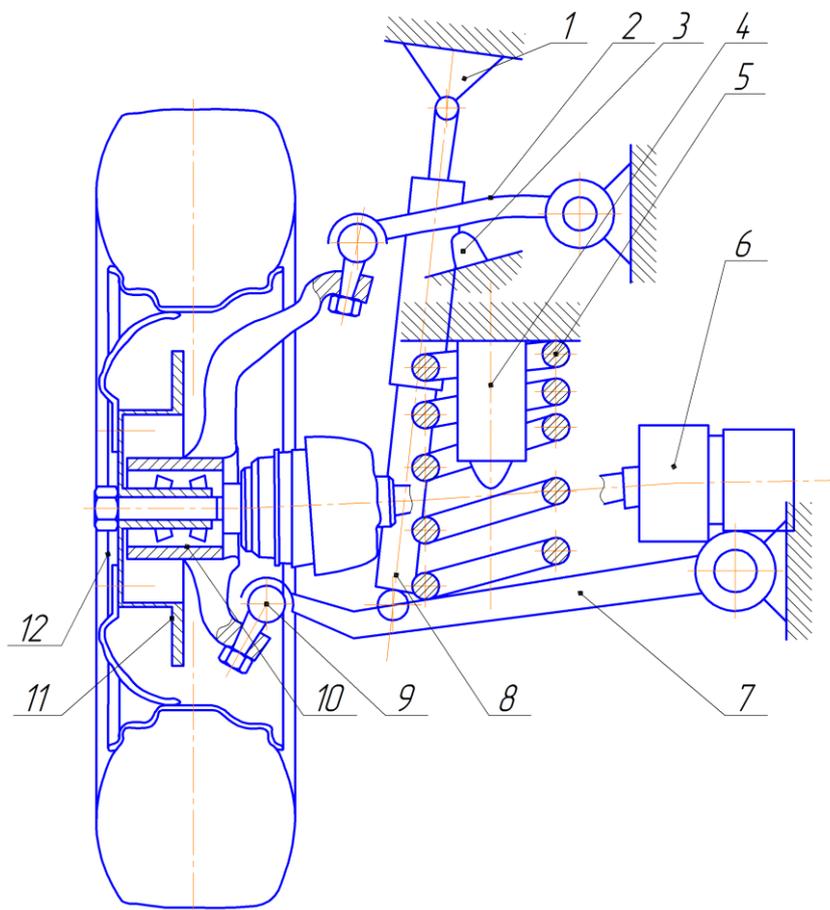
«Вообще подвесок существует огромное множество, они классифицируются по типу направляющего аппарата (зависимые подвески, независимые спортивные подвески) и по типу упругих элементов (пружинная подвеска, торсионная подвеска, рессорная подвеска, пневматическая подвеска и так далее). Каждая подвеска имеет свои недостатки и преимущества. Зависимая подвеска проще, дешевле, имеет постоянную колею, но в тоже время балка не является подрессоренной, поэтому назвать лёгкой эту подвеску нельзя. Кроме этого, при противоположных ходах левого и правого колёс одной оси, наблюдается значительный их наклон, следствием чего являются автоколебания колёс. Независимая спортивная подвеска имеет гораздо больше преимуществ, поэтому и распространена больше» [5].

Независимая спортивная подвеска различается по расположению плоскости качания колёс: продольная спортивная подвеска, поперечная спортивная подвеска, диагональная спортивная подвеска на косых рычагах. И по количеству рычагов: однорычажная спортивная подвеска, двухрычажная спортивная подвеска, многорычажная спортивная подвеска, свечная спортивная подвеска

Передняя независимая подвеска обычного полноприводного автомобиля представлена на рисунке 1.

Для того, чтобы разобраться в работе и совершенствовании подвесок автомобилей, участвующих в ралли-рейдах, необходимо рассмотреть схемы и работу простых автомобилей.

Передняя подвеска независимая, бесшкворневая, со стабилизатором поперечной устойчивости. Тип и конструкция подвески обеспечивают плавность хода и устойчивость автомобиля при высокой скорости.

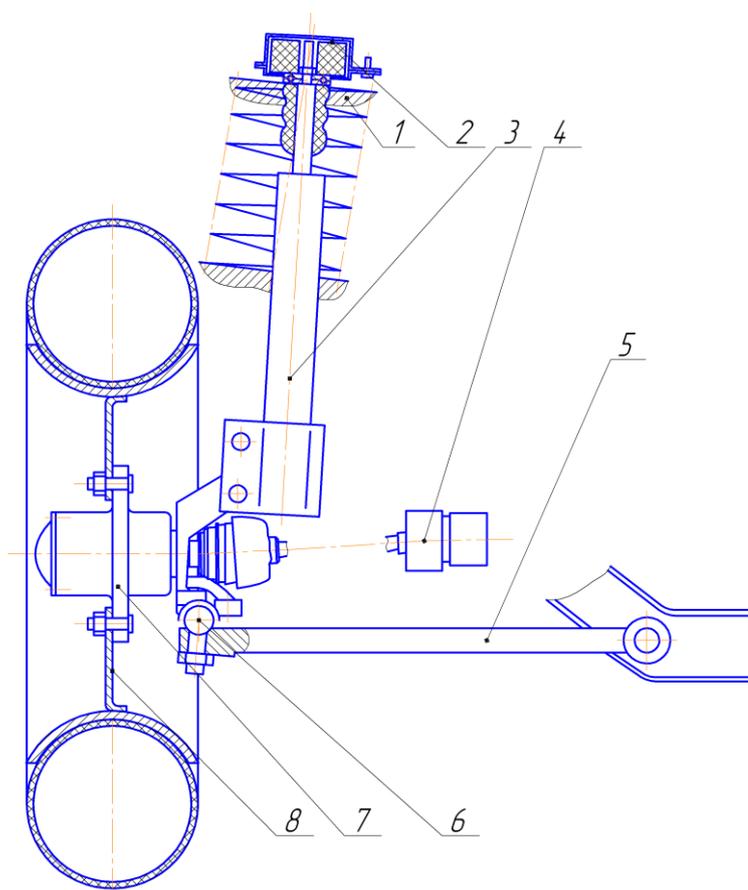


- 1 – кузов автомобиля; 2 – верхний рычаг; 3, 4 – буфер; 5 – пружина; 6 – ШРУС;  
 7 – нижний рычаг; 8 – амортизатор; 9 – шаровая опора; 10 – ступица колеса;  
 11 – диск тормозной; 12 – колесо

Рисунок 1 – Принципиальная схема передней подвески полноприводного автомобиля (независимая двухрычажная)

Направляющее устройство подвески определяет характер движения колеса относительно дороги и кузова и передает силы и моменты от колеса к кузову. К этому устройству относятся верхний 2 и нижний 7 рычаги подвески и шарнирно связанный с ними поворотный кулак со ступицей 10.

Кинематическую схему передней независимой подвески переднеприводного автомобиля можно представить в виде рисунка 2.

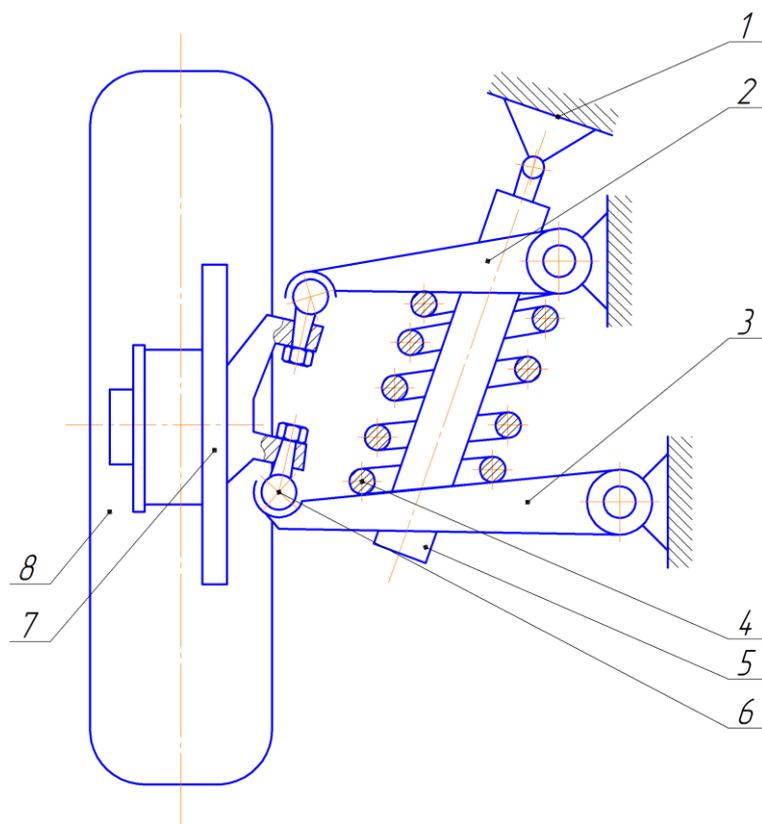


1 – кузов автомобиля; 2 – опорный подшипник; 3 – стойка; 4 – ШРУС; 5 – нижний рычаг;  
6 – шаровая опора; 7 – ступица колеса; 8 – колесо

Рисунок 2 – Принципиальная схема передней подвески переднеприводного автомобиля (независимая однорычажная)

«Передняя подвеска переднеприводных легковых автомобилей (рисунок 2) – независимая, телескопическая, с амортизаторными стойками и стабилизатором поперечной устойчивости. Амортизаторная (телескопическая) стойка 3 нижним концом соединена с поворотным кулаком при помощи штампованного клеммового кронштейна и двух болтов. Верхний болт с эксцентриковой шайбой является регулировочным. С его помощью регулируется развал переднего колеса, так как при повороте болта изменяется положение поворотного кулака относительно амортизаторной стойки» [6].

Кинематическую схему передней рычажной подвески можно представить в виде рисунка 3.



1 – кузов автомобиля; 2 – верхний рычаг; 3 – нижний рычаг; 4 – пружина;  
6 – шаровая опора; 7 – ступица; 8 – колесо

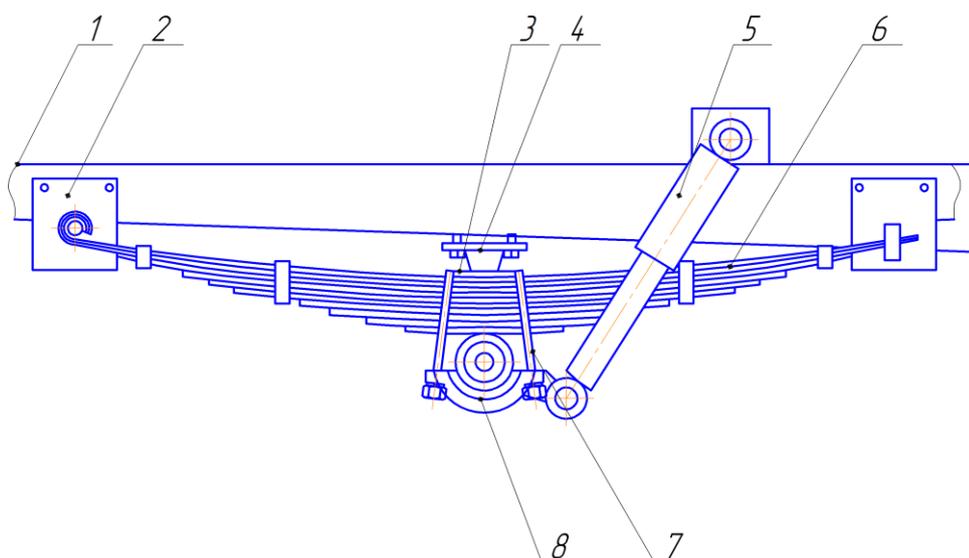
Рисунок 3 – Принципиальная схема передней рычажной подвески заднеприводного автомобиля (независимая двухрычажная)

Подвеска заднеприводного автомобиля обычно рычажная с верхним 2 и нижним 3 рычагами. Имеет две шаровые опоры 6.

Кинематическую схему передней рессорной подвески можно представить в виде рисунка 3.

Данная подвеска зависимая. Обычно применяется на полноприводных рамных автомобилях.

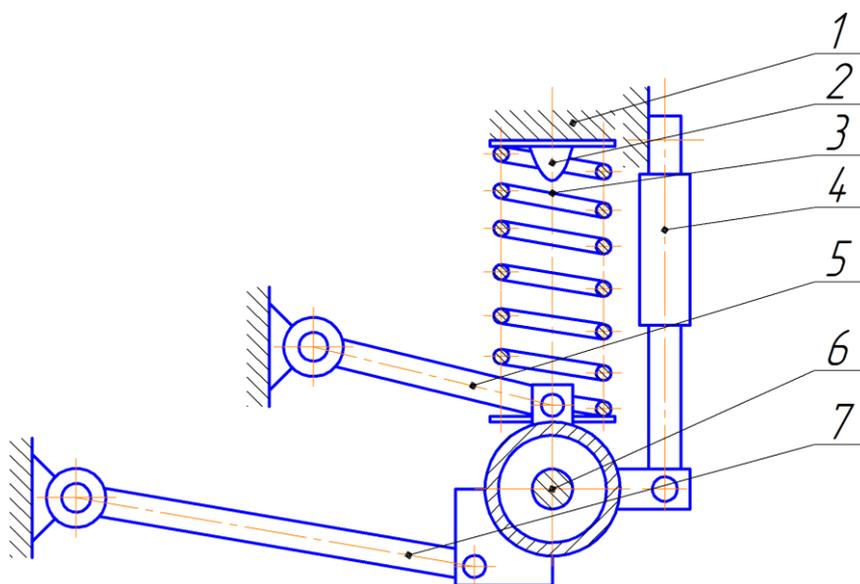
Подвеска автомобиля состоит из четырех продольных полуэллиптических рессор, работающих совместно с гидравлическими телескопическими амортизаторами двухстороннего действия (рисунок 4).



1 – рама автомобиля; 2 – кронштейн; 3 – накладка; 4 – буфер; 5 – амортизатор;  
6 – рессора; 7 – стремянка; 8 – подкладка

Рисунок 4 – Принципиальная схема передней рессорной подвески полноприводного автомобиля (зависимая)

Заднюю зависимую подвеску полноприводного автомобиля можно представить в виде схемы (рисунок 5).



1 – кузов автомобиля; 2 – буфер; 3 – пружина; 4 – амортизатор; 5 – верхняя штанга;  
6 – задний мост; 7 – нижняя штанга

Рисунок 5 – Принципиальная схема задней зависимой подвески полноприводного автомобиля (зависимая)

«Задняя подвеска полноприводного автомобиля зависимая, включает в себя направляющее устройство, упругие элементы и устройства, гасящие колебания кузова. Балка заднего моста связана с кузовом шарнирно при помощи реактивных штанг – двух нижних 7 (рисунок 5) и двух верхних 5 продольных и одной поперечной штангой. Продольные штанги передают толкающие и тормозные усилия от ведущих колес через балку заднего моста на кузов. Поперечная штанга удерживает кузов от боковых смещений. Реактивные штанги прикреплены к кронштейнам кузова и балке заднего моста через резинометаллические шарниры, которые конструктивно выполнены одинаково и отличаются только размерами» [6].

### **1.3 Понятие плавности хода автомобиля**

«Современные методы разработки автомобиля уже на стадии проектирования позволяют исследовать и совершенствовать системы поддрессоривания и виброзащиты, оценивать характеристики плавности хода и нагруженность несущей системы посредством математического моделирования его движения. Однако используемые в настоящее время при разработке автомобиля математические модели систем поддрессоривания все еще недостаточно теоретически и экспериментально наполнены.

Для создания модели колебаний автомобиля необходимо более глубокое изучение процессов преобразования воздействия микропрофиля дороги с системой поддрессоривания автомобиля. Как известно, гашение колебаний автомобиля обусловлено наличием вязкостного демпфирования, обеспеченного работой жидкости в амортизаторах, и демпфирования за счет потерь энергии на трение в подвеске автомобиля, которое можно разделить на внутреннее трение в элементах подвески и межэлементное. Именно величиной потерь на трение в подвеске определяется ширина петли гистерезиса ее характеристики вертикальной упругости» [5].

«Первые мировые рекорды скорости принадлежали автомобилям с электромоторами (электромобили). В 1898 г. электромобиль Шарля Жанто (Франция) с двумя электромоторами (общая мощность 36 л.с.) установил первый в мире абсолютный рекорд скорости 63,149 км/ч, а в 1899 г. электромобиль «Всегда недовольный» бельгийца Камиля Женатци (мощность электромотора 40 л.с.) превзошел стокилометровый барьер – 105,876 км/ч. Однако электромобильные рекорды продержались недолго. В 1902 г. француз Анри Фурнье на автомобиле «Морс» с бензиновым двигателем в 60 л.с. повысил абсолютный рекорд до 123,772 км/ч» [35].

«Прохождение автомобилями рубежа скорости 100 км/ч не обошлось без жертв. На гонках Париж – Мадрид в 1903 г. из-за высокой скорости (более 100 км/ч), плохой дороги, пыли, низкой плавности хода произошли катастрофы, и французское правительство запретило продолжать гонки. Автомобили конной тягой были доставлены на железную дорогу.

В 1904 г. молодой Генри Форд на своем автомобиле «Стрела» достиг скорости 147 км/ч.

О комфортабельности и плавности хода первых рекордных автомобилей можно судить по машине Форда «Стрела», у которой ведущие колеса жестко крепились к раме, а моторы не имели глушителей. Почему водитель не вылетел из своего сиденья, держась лишь за рукоятку управления, абсолютно неясно. Самое важное было – скорость.

Скорость в 205,443 км/ч в 1906 г. была достигнута на гоночном автомобиле «Ракета» американской фирмы «Стенлей». Машина имела паровой двигатель мощностью 150 л.с. Это была «лебединая песня» паровых автомобилей. В 1937 г. на автомобиле «Ауто-Унион», все колеса которого имели независимую подвеску, с мощностью двигателя до 640 л.с. установлен рекорд скорости 406,3 км/ч» [35].

«Какие же изобретения и усовершенствования в конструкции автомобиля позволили так быстро наращивать скорость? Основными из них были увеличение мощности двигателя, использование обтекаемых форм

кузова, совершенствование рулевого управления и тормозов, и, конечно, важнейшую роль сыграли изобретение пневматической шины и применение независимой подвески колес автомобиля.

С такой подвеской в начале 20-х гг. начал выпускаться в Италии автомобиль «Лямбда». В СССР первым легковым автомобилем с независимой подвеской был знаменитый «ГАЗ М-20» («Победа»). Применение независимой подвески не только избавило машину от опасных колебаний управляемых колес (явление шимми), но и способствовало существенному улучшению плавности хода. В наши дни дальнейшее повышение плавности хода, устойчивости и управляемости легкового автомобиля немислимо без применения управляемых (регулируемых) систем подвески» [6].

«Очевидно, что плавность хода нуждается в количественной оценке. Однако это не простая задача, при решении которой нельзя полагаться только на собственные впечатления. Впечатления водителя и пассажиров о плавности хода могут изменяться в зависимости от многих обстоятельств: их возраста, здоровья и другого. Полагаться на субъективную оценку нельзя.

Давно известно, что наилучшей плавностью хода обладают автомобили с мягкой подвеской. Снизить жесткость рессор (пружин) можно за счет увеличения их прогиба, а значит, и повышения хода колес относительно кузова. Сделать подвеску мягкой и длинноходной не всегда возможно. Препятствием для увеличения хода колес является не только необходимость в увеличении размеров колесных шин кузова, но и трудности, связанные с размещением устройств трансмиссии, тормозов и рулевого управления.

Статическим называется прогиб рессор (или осадка пружин) при неподвижном автомобиле. По величине статического прогиба можно оценить жесткость подвески и плавность хода.

Наиболее простым и доступным показателем плавности хода является частота собственных колебаний кузова автомобиля. Опыт показывает, что если частота этих колебаний лежит в пределах от 0,5 до 1,0 Гц (комфортные

колебания для человека), то машина обладает высокой плавностью хода. Интересно отметить, что указанные частоты совпадают с частотой толчков, которые испытывает человек при ходьбе со скоростью от 2 до 4 км/ч» [6].

«К сожалению, оба названных показателя плавности хода пригодны лишь для приблизительной, самой общей ее оценки. Более точное представление о плавности хода дают ускорения кузова. Их оценивают в нескольких характерных местах: на сиденьях водителя и пассажиров, на полу, над осями передних и задних колес. На основе многочисленных экспериментальных исследований предложены допустимые значения ускорений кузова и различные методы их определения. Допустимые ускорения представляют в зависимости от частоты колебаний кузова. В специальной литературе имеются таблицы и графики допустимых значений ускорений, превышение которых нежелательно. Например, при вертикальных колебаниях кузова с частотами, близкими к 1 Гц, ускорения не должны превышать  $1,0 \text{ м/с}^2$ . Если сравнить допустимые значения ускорений для вертикальных и горизонтальных колебаний при частотах от 1 до 2 Гц, то допустимые вертикальные ускорения могут быть от 1,8 до 2,8 больше, чем горизонтальные.

Находясь в кузове легкового автомобиля, человек испытывает два основных вида сложных колебательных движений: сравнительно медленные колебания с большими амплитудами и быстрые колебания с малыми перемещениями. От колебаний с малыми перемещениями можно защититься с помощью сидений, резиновых опор, прокладок, виброизоляторов и других устройств. Для защиты от колебаний с низкими частотами и большими амплитудами служат упругие подвески колес» [18].

#### **1.4 Плавность хода и устойчивость автомобиля**

«Устойчивость автомобиля является важнейшим эксплуатационным свойством, от которого во многом зависит безопасность движения.

Нарушение устойчивости автомобиля приводит к снижению безопасности движения, вследствие чего может возникнуть аварийная ситуация или произойти дорожно-транспортное происшествие. Признаком потери автомобилем устойчивости является его скольжение или опрокидывание. В зависимости от направления скольжения или опрокидывания автомобиля устойчивость может быть продольной или поперечной. Нарушение у автомобиля поперечной устойчивости в процессе эксплуатации наиболее вероятно и более опасно, чем нарушение продольной устойчивости.

Устойчивость и плавность хода очень тесно связаны. Как уже говорилось ранее, на плавность хода, в первую очередь оказывает подвеска автомобиля. У легковых автомобилей ухудшение устойчивости при эксплуатации может быть вызвано остаточной деформацией пружин передней независимой подвески. В результате осадки пружин рычаги подвески при перемещениях изменяют углы развала колес и поперечного наклона шкворней, нарушая при этом установку и стабилизацию управляемых колес. К тому же при осадке одной из пружин подвески указанные углы изменяются только с одной стороны автомобиля. Вследствие этого стабилизирующие моменты на управляемых колесах не будут уравниваться при прямолинейном движении и автомобиль начнет уводить в сторону. При уменьшении давления воздуха в одной из шин колес автомобиля увеличивается ее сопротивление качению и снижается боковая жесткость шины. В связи с этим автомобиль при движении постоянно отклоняется в сторону шины с уменьшенным давлением воздуха» [7].

Так же при повышенной мягкости пружин автомобиль во время движения может раскачиваться, что тоже пагубно сказывается на устойчивости.

«Способы повышения плавности хода:

- уменьшение колебаний автомобиля во время езды (изменение конструкции, уменьшение хода подвески, установка отбойников,

увеличение жёсткости стоек, изменение давления в шинах, распределение грузов и так далее);

- увеличение качества дорожного покрытия» [7].

«Колебания легкового автомобиля возрастают с увеличением скорости движения, повышением мощности двигателя, существенное влияние на колебания оказывает качество дороги.

Воздействие колебательных движений автомобиля на человеческий организм оценивается субъективно и характеризует плавность хода только с качественной стороны. В настоящее время еще не предложен единый параметр оценки плавности хода, устанавливающий количественную связь между физиологическими воздействиями колебаний на человеческий организм, характером этих колебаний и конструктивными особенностями автомобиля. Поэтому плавность хода оценивается с помощью нескольких измерителей.

Колебания характеризуются следующими параметрами:

- частота колебаний, сек,
- период колебаний, сек,
- амплитуда колебаний, см,
- скорость колебаний, см/с,
- ускорение колебаний, см/с<sup>2</sup>» [8].

«Экспериментально установлено, что колебания автомобиля можно разделить на две группы: высокочастотные (от 300 до 500 мин<sup>-1</sup>) и низкочастотные (от 50 до 120 мин<sup>-1</sup>). С высокой частотой преимущественно колеблются неподрессоренные массы, а с низкой - поддрессоренные массы (кузов).

Высокая частота колебаний, происходящих даже с малыми амплитудами (тряска, вибрация), вызывает неприятные ощущения, однако очень малая частота также неприятна, так как может вызвать явление, сходное с морской болезнью. Человек не ощущает колебаний при ходьбе, так как еще с детства привык к этой частоте колебаний, составляющей от 70 до

100 колебаний в минуту. Следует отметить, что у современных легковых автомобилей частота колебаний кузова находится в пределах от 60 до 80 колебаний в минуту» [24].

Добиться уменьшения колебаний можно достаточно большим количеством способов:

- изменить конструкцию подвески,
- поддерживать подвеску в работоспособном состоянии,
- изменить давление в шинах в зависимости от дорожного покрытия,
- равномерно распределить груз по базе автомобиля,
- установить жёсткие рессоры,
- установить или модернизировать подвеску (сделать её прогрессивной).

### **1.5 Требования к подвеске автомобиля, участвующего в соревнованиях**

К соревнованиям автомобилей участвующих в ралли-рейдах могут быть допущены автомобили, которые проходят по специальным техническим требованиям: «Транспортное средство, конструкция которого признана Технической комиссией опасной, не может быть допущено Спортивными Комиссарами к соревнованиям» [7].

По данным техническим требованиям к подвеске автомобиля предъявляются следующие требования:

- а) «разрешается вертикальное перемещение точек крепления подвески к кузову, раме или мостам с целью размещения комплектных колес увеличенного диаметра. Применяемые для этого проставки должны быть надежно закреплены (сварка, болты и т.п.). Разрешается изменение величины хода подвески. Если производителем предусмотрено крепление моста над рессорами, то разрешается перенос моста под рессоры;

- б) упругие элементы:
  - 1) разрешено изменение типа упругого элемента. Например: менять листовые рессоры на винтовые пружины и наоборот;
  - 2) разрешается изменение материала упругого элемента;
- в) амортизаторы:
  - 1) разрешается устанавливать не более чем по два амортизатора на одно колесо;
  - 2) допускается замена амортизаторов на другие без ограничений;
  - 3) допускается перенос штатных точек крепления амортизаторов» [7].

Для колёс существуют следующие ограничения:

- а) «запрещено применение шин от сельскохозяйственной, дорожной и специальной техники;
- б) допускается применение только автомобильных пневматических шин, внешний диаметр которых по заводской маркировке не превышает 33" включительно;
- в) разрешено применение грязевых шин (mud terrain) и шин с протектором повышенной проходимости с минимальной остаточной высотой протектора не менее 5 мм;
- г) ширина протектора шин не ограничивается, однако комплектные колеса (шины вместе с дисками), при виде сверху, должны быть полностью закрыты крыльями или расширителями арок;
- д) крепление колес болтами может быть заменено креплением шпильками и гайками при условии, что количество точек крепления и диаметр деталей, имеющих резьбу, сохраняется;
- е) тормозная система:
  - 1) разрешается прогрессивное изменение элементов тормозной системы, при условии, что данные элементы заводского изготовления;

- 2) допускается изменение расположения тормозных магистралей и их дополнительная защита» [7].

Для крыльев и колёсных арок следующие ограничения:

- «разрешается минимально необходимое изменение колесных арок для установки колес большего диаметра;
- комплектные колеса (шины вместе с дисками), при виде сверху, должны быть закрыты крыльями или расширителями арок по всей их ширине и длине. Установка расширителей должна быть безопасной» [24].

Анализируя все вышеперечисленные ограничения [7] можно перечислить основные требования, предъявляемые к подвеске автомобиля, участвующего в ралли-рейдах:

- устойчивость автомобиля,
- управляемость автомобиля,
- плавность хода автомобиля,
- высокая динамическая энергоёмкость,
- правильная кинематика управляемых колёс автомобиля,
- повышенная проходимость,
- безопасность эксплуатации подвески автомобиля,
- прочность и долговечность,
- быстрота и относительная простота проведения ТО и ремонта,
- малая масса элементов подвески,
- бесшумность во время работы,
- наличие всех комплектующих в свободной продаже.

## **1.6 Цель и задачи дипломного проекта**

В результате вышеперечисленного цель дипломного проектирования следующая – разработка энергоёмкой подвески автомобиля УАЗ для ралли-рейдов.

Для достижения данной цели ставятся следующие задачи:

- исследовать состояние вопроса;
- провести обзор и анализ подвесок гоночных автомобилей;
- выявить основные направления модернизации систем гоночного автомобиля;
- разработать собственную конструкцию подвески разрабатываемого автомобиля;
- рассчитать все элементы подвески на прочность;
- разработать и реализовать сборочный чертёж ранее разработанной подвески, а так же рабочие чертежи;
- разработать и предоставить технологию технического обслуживания и ремонта подвески;
- реализовать операционно-технологическую карту технического обслуживания и ремонта подвески;
- разработать мероприятия БЖД для участка ремонта подвески.
- рассчитать технико-экономические показатели проекта.
- сделать выводы по разделам и общие выводы.

Вывод по разделу.

В данном разделе было произведено исследование состояния вопроса подготовки автомобилей к автомобильным гонкам и ралли-рейдам, которое подразумевало исследование в области спортивных подвесок. В конце раздела нами была разработана цель и выдвинуты задачи для её решения.

## **2 Разработка конструкции передней и задней энергоёмкой усиленной подвески**

### **2.1 Влияние параметров подвески на активную безопасность**

«Активная безопасность – совокупность конструктивных и эксплуатационных свойств автомобиля, направленных на предотвращение дорожно-транспортных происшествий и исключение предпосылок их возникновения» [6].

Основным предназначением систем активной безопасности автомобиля является предотвращение аварийной ситуации

«Наиболее известными и востребованными системами активной безопасности являются:

- антиблокировочная система тормозов,
- антипробуксовочная система,
- система курсовой устойчивости,
- система распределения тормозных усилий,
- система экстренного торможения,
- электронная блокировка дифференциала» [6].

Перечисленные системы активной безопасности конструктивно связаны и тесно взаимодействуют с тормозной системой автомобиля и значительно повышают ее эффективность.

Имеются также вспомогательные системы активной безопасности (ассистенты), предназначенные для помощи водителю в трудных с точки зрения вождения ситуациях.

«К таким системам относятся:

- парктроник,
- адаптивный круиз-контроль,
- система помощи движению по полосе,
- система помощи при перестроении,

- система ночного видения,
- система распознавания дорожных знаков,
- система контроля усталости водителя,
- система помощи при спуске,
- система помощи при подъёме,
- электромеханический стояночный тормоз и другие» [20].

Особое место среди систем безопасности занимают превентивные системы безопасности.

Подвеска автомобиля в основном влияет на управляемость, плавность хода и устойчивость автомобиля. Они же в свою очередь влияют на активную безопасность, особенно устойчивость и управляемость.

«Устойчивость автомобиля является важнейшим эксплуатационным свойством, от которого во многом зависит безопасность движения. Нарушение устойчивости автомобиля приводит к снижению безопасности движения, вследствие чего может возникнуть аварийная ситуация или произойти дорожно-транспортное происшествие. Признаком потери автомобилем устойчивости является его скольжение или опрокидывание. В зависимости от направления скольжения или опрокидывания автомобиля устойчивость может быть продольной или поперечной. Нарушение у автомобиля поперечной устойчивости в процессе эксплуатации наиболее вероятно и более опасно, чем нарушение продольной устойчивости» [21].

«Управляемость автомобиля – одно из важнейших эксплуатационных свойств, определяющих возможность его безопасного движения с большими средними скоростями, особенно на дорогах с интенсивным движением» [28].

«На управляемость автомобиля оказывают влияние различные конструктивные и эксплуатационные факторы. К ним относятся установка и стабилизация управляемых колес, подвеска и шины, техническое состояние рулевого управления, блокировка колес при торможении, колебания управляемых колес, усилители рулевого управления, кузов автомобиля, квалификация водителя и другое» [10].

«При изучении движения автомобилей наиболее сложными вопросами являются управляемость и устойчивость. Для скоростных автомобилей эти вопросы имеют первостепенное значение, так как они связаны с безопасностью движения, на что с увеличением скорости должно быть обращено особенно большое внимание.

Устойчивость автомобиля определяется его способностью противостоять боковому заносу и опрокидыванию.

Под управляемостью автомобиля понимается его способность сохранять заданное направление движения (что иногда называют держанием дороги), а при движении на повороте – точно следовать повороту управляемых колес.

Оба эти качества связаны между собой, так как плохая управляемость автомобиля приводит к потере устойчивости и заносу автомобиля. Совместное рассмотрение этих вопросов дает возможность выявить влияние основных конструктивных факторов, как в том, так и в другом отношении» [8].

«Для того чтобы выявить влияние отдельных факторов на управляемость и устойчивость автомобиля, необходимо рассмотреть отдельно движение автомобиля на прямом участке и движение на повороте.

При движении по прямой должна быть обеспечена хорошая управляемость, заключающаяся в том, что автомобиль должен сохранять заданное направление, не вызывая у водителя необходимости постоянно выправлять его. В тех случаях, когда колебания одного из колес передаются через органы подвески, рулевого управления и даже раму другому колесу, может наступить явление резонанса, что приводит к колебаниям всего передка автомобиля и влиянию передних колес. Такое влияние колес, нарушив управляемость автомобиля, может привести к потере устойчивости.

При движении на повороте наибольшее значение приобретает устойчивость автомобиля против заноса и опрокидывания под действием центробежной силы» [7].

«При переходе автомобиля к прямолинейному движению после завершения поворота большое значение для управляемости имеет способность автомобиля к быстрому выпрямлению, или так называемая стабилизация. Эта способность автомобиля также зависит от ряда конструктивных факторов.

Подвеска автомобиля. Для обеспечения хорошей управляемости автомобиля подвеска должна смягчать толчки и обеспечивать быстрое гашение вызываемых ими колебаний; кроме того, она должна сохранять постоянство ширины колеи, как передних, так и задних колес в моменты подъемов и опускания при наезде на неровности дороги.

Уменьшение веса неподрессоренных частей позволяет уменьшить жесткость упругих элементов подвески (рессор, пружин или стержней) и получить мягкую подвеску, почти полностью поглощающую толчки, передаваемые колесами. При значительном увеличении внутреннего давления в шинах скоростных автомобилей толчки от небольших неровностей дороги не полностью поглощаются шинами, а передаются на подвеску, которая должна обеспечить плавность хода.

Неправильный выбор упругих элементов подвески часто способствует появлению боковых и продольных колебаний, вызывающих соответственно боковую и продольную качки и этим ухудшающих устойчивость автомобиля.

Для ослабления действия колебаний рессоры снабжаются амортизаторами, которые уменьшают амплитуду колебаний рессоры, не сокращая периода этих колебаний. Амортизаторы способствуют улучшению управляемости автомобиля, но они могут уменьшить степень свободы и повысить жесткость рессор. Устранение этих отрицательных последствий зависит от конструкции и регулировки амортизаторов, поэтому амортизаторы, подобранные соответственно параметрам свободных колебаний данной подвески, не должны намного увеличивать ее жесткости.

Описанные выше свойства подвески могут влиять главным образом на устойчивость в продольной плоскости, то есть на уменьшение продольных

колебаний. При рессорной подвеске каждая рессора подвергается скручиванию от боковых усилий, которые могут вызвать большие изменения в способности автомобиля держать дорогу» [5, 7].

«Конструкция и способ крепления подвески влияют как на её жесткость, так и на сохранение постоянства ширины колеи. При независимой подвеске постоянство ширины колеи наилучшим образом обеспечивается при качании колес в продольной плоскости. Сохранение постоянства ширины колеи необходимо для хорошей управляемости автомобиля. В случае изменения ширины колеи колеса скользят, перемещаясь в поперечном направлении, при этом часть силы сцепления оказывается использованной на это перемещение.

Использование сцепления колес в продольном направлении связано с использованием сцепления колес в поперечном направлении. Практически коэффициент сцепления колес с дорогой можно считать одинаковым в продольном и поперечном направлении. Таким образом, использование части силы сцепления на перемещение колес в поперечном направлении уменьшает сцепление колес в продольном направлении. Для ведущих колес автомобиля это уменьшение сцепления колес с дорогой в продольном направлении приводит к пробуксовке и скольжению колес, вследствие чего может наступить занос автомобиля. В случае скольжения управляемых (передних) колёс становится невозможным повернуть автомобиль, и он будет скользить в прежнем направлении с повернутыми колесами; управляемость автомобиля при этом, конечно, теряется. Кроме того, при колебаниях подвески может возникать гироскопический момент, действующий в горизонтальной плоскости. Этот момент стремится повернуть колесо, что также ухудшает управляемость.

Оба указанных явления, происходящих при изменении ширины колеи, ухудшают управляемость и устойчивость автомобиля» [7].

## **2.2 Методы усиления подвесок автомобилей**

Методы усиления подвесок бывают следующие:

- применение поперечных растяжек передних и задних стоек;
- установка газомасляных амортизаторов;
- установка дополнительного оборудования (дополнительные амортизаторы, пружины);
- установка направленных шайб под нижнюю площадку пружины (они создают необходимый угол передней пружины);
- усиление реактивных тяг (постановка сдвоенных тяг);
- установка усиленных упругих элементов (пружин, рессор);
- установка сдвоенных упругих элементов (устанавливаются как рессорные листы, так и пружины);
- ход подвески должен быть увеличенным;
- постановка на заднюю подвеску диагональных рычагов;
- установка стабилизаторов.

В данном разделе были выявлены основные требования, предъявляемые к подвеске спортивного автомобиля, на основании этого были выявлены основные направления модернизации систем гоночного автомобиля.

## **2.3 Обоснование модернизации подвески автомобиля**

### **2.3.1 Исходная информация для дальнейших исследований**

Для модернизации подвески выбираем автомобиль УАЗ-31519 (рисунок 6).

УАЗ-31519 – автомобиль категории  $M_1$  повышенной проходимости, разработанный Ульяновским автомобильным заводом. Модель УАЗ-3151 появилась на свет в 1985 году, после модернизации УАЗ-469. Значительно позже появился в продаже УАЗ-31519 [11].

Техническая характеристика автомобиля следующая [11]:

- тип автомобиля – двухосный, повышенной проходимости с колесной формулой 4×4;
- вместимость, включая водителя – 7 человек;
- грузоподъёмность (включая водителя и пассажиров) – 550...750 кг;
- допустимая полная масса – 2500 кг;
- распределение массы по осям – 1000/1500 кг;
- масса снаряжённого автомобиля – 1750 кг;
- максимальная скорость – 120 км/ч;
- двигатель – УМЗ-4218 – 4-х тактный, карбюраторный;
- мощность двигателя – 61,8 кВт (84,0 л.с.);
- коробка передач – механическая 5-ступенчатая;
- раздаточная коробка без межосевого дифференциала, 2-ступенчатая;
- передние тормоза – дисковые вентилируемые, с двумя цилиндрами, с плавающей скобой;
- задние тормоза – барабанного типа, с одним цилиндром, с автоматическим регулированием зазора между накладками и барабаном
- шины – 225/75R16, 245/70R16;
- рулевое управление – передача «винт-шариковая гайка-сектор» с гидроусилителем;
- передняя подвеска – зависимая, пружинно-рессорная со стабилизатором поперечной устойчивости, гидропневматическими амортизаторами телескопического типа двухстороннего действия, с двумя продольными рычагами и поперечной тягой;
- задняя подвеска – зависимая, на двух продольных полуэллиптических малолистовых рессорах и гидропневматических амортизаторах телескопического типа двухстороннего действия.

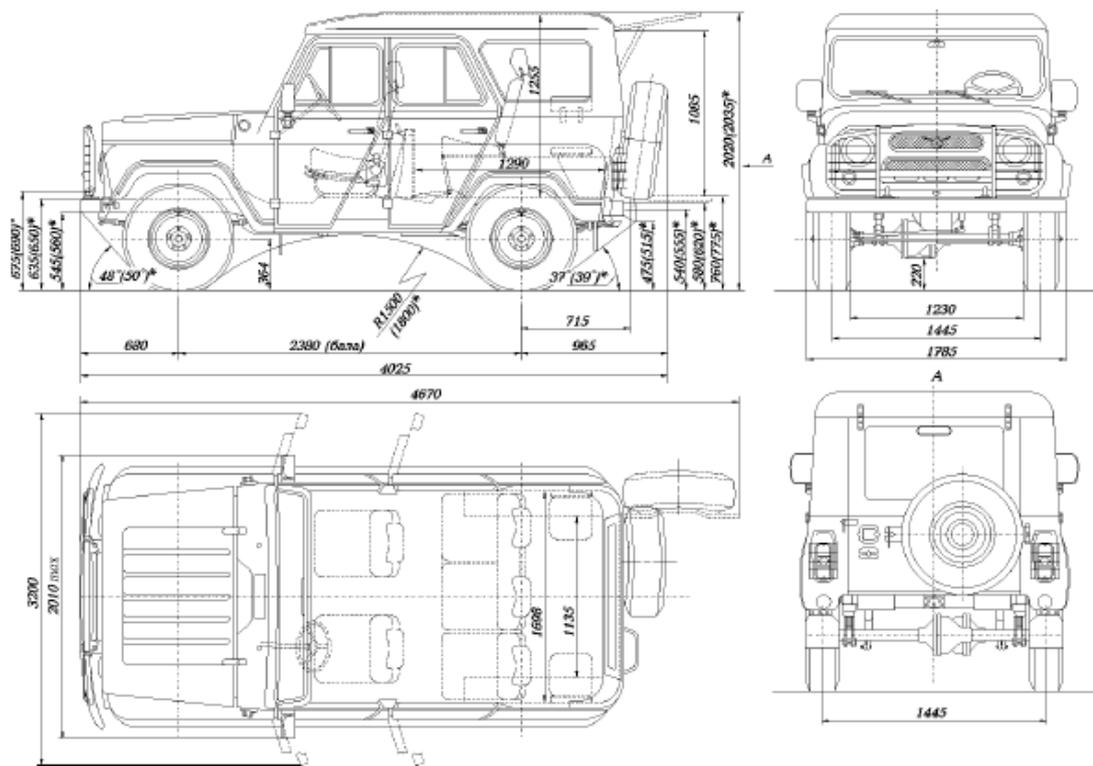
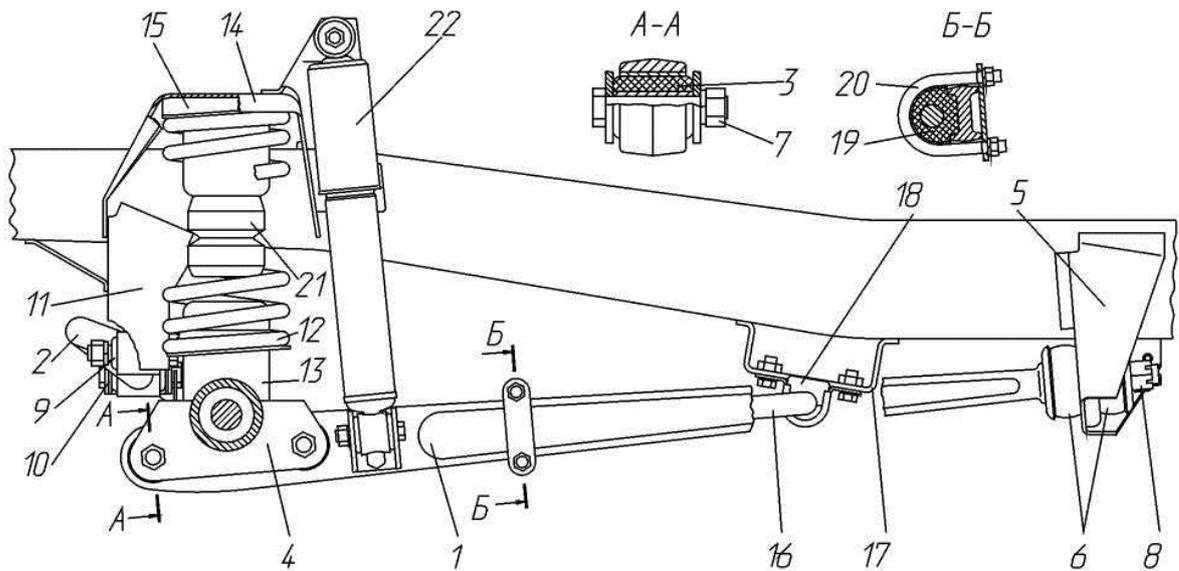


Рисунок 6 – Общий вид автомобиля УАЗ-31519

На автомобилях УАЗ-31512-10, УАЗ-31514-10 и УАЗ-31519-10 устанавливаются передняя пружинная подвеска со стабилизатором поперечной устойчивости, и задние малолистовые рессоры. Спецификация на автомобиль в Приложении А (рисунок А.1)

Передняя подвеска (рисунок 7) состоит из направляющего аппарата, упругих и гасящих элементов.

Направляющий аппарат подвески обеспечивает правильную установку моста и влияет на управляемость, устойчивость и тормозные качества автомобиля. Состоит из двух продольных рычагов 1 и поперечной тяги 2. Продольные рычаги соединены с передним мостом посредством неразборных резинометаллических шарниров 3 и кронштейнов 4, а с рамой - через резиновые шарниры 6 и кронштейны 5. Крепление осуществляется гайками 7, с моментом затяжки от 14 до 16 кгс·м, и гайками 8 до упора. Торцевая гайка 8 шплинтуется. Поперечная тяга соединяется через резинометаллические шарниры 9 и кронштейн 10 с мостом, а кронштейн 11 – с рамой.



- 1 – рычаг продольный; 2 – тяга поперечная; 3,9 – шарниры резинометаллические;  
 4, 5 – кронштейны продольного рычага; 6 – шарниры резиновые; 7, 8 – гайки;  
 10, 11 – кронштейны поперечной тяги; 12 – пружина; 13, 14 – кронштейны пружины;  
 15 – прокладка вибропоглощающая; 16 – стабилизатор; 17 – кронштейн стабилизатора;  
 18, 19 – втулки резиновые; 20 – стремянка; 21 – буфер; 22 – амортизатор

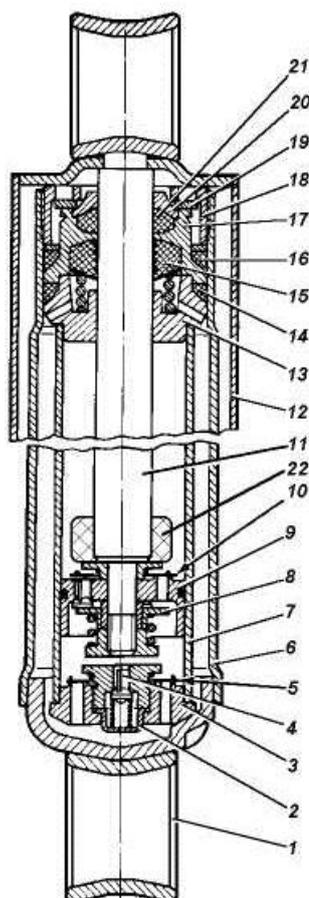
Рисунок 7 – Передняя подвеска

Пружины 12 опираются через нижний кронштейн 13 на мост и верхний кронштейн 14 на раму. Между верхним кронштейном 14 и пружиной 12 установлена вибропоглощающая резиновая прокладка 15.

Стабилизатор 16 поперечной устойчивости установлен неподвижно своей центральной частью на кронштейны 17 рамы через резиновые втулки 18. Концы стабилизатора зажаты в резиновых втулках 19 стремянками 20 на продольных рычагах подвески. Осевые перемещения концов стабилизатора относительно рычагов происходят за счет сдвига резины во втулке 19. Скольжение концов во втулке не допускается, и появление его указывает на износ и необходимость замены втулок.

Предельный ход подвески вверх ограничивается буфером 21. Буфер одновременно выполняет функцию дополнительного упругого элемента (подрессорника). Для гашения вертикальных колебаний в передней подвеске имеются два телескопических амортизатора 22. Кроме того, амортизаторы являются ограничителями хода подвески вниз.

Амортизатор передней пружинной подвески (рисунок 8) состоит из рабочего цилиндра, штока с поршнем в сборе, клапана сжатия и резервуара. На штоке поршня, между поршнем и направляющей, находится буфер отбоя из специального материала.



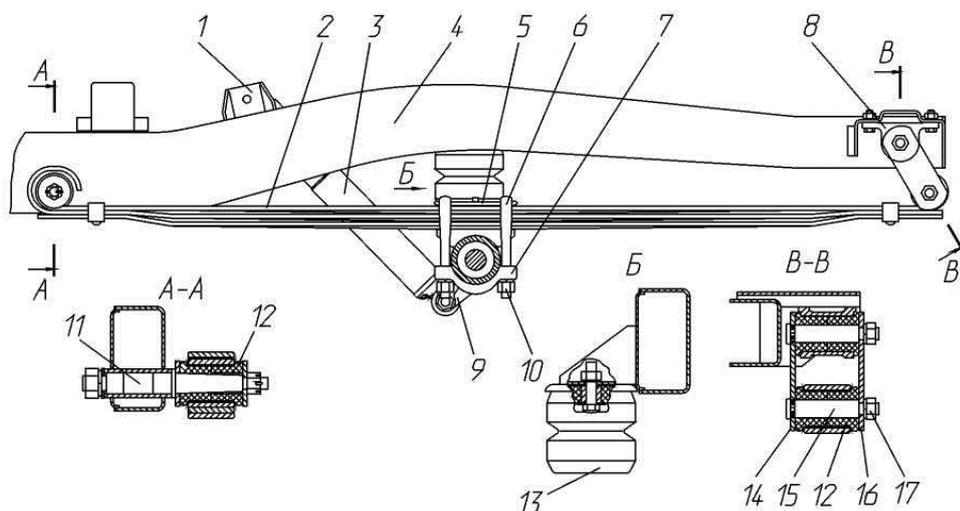
1 – проушина; 2 – ограничитель клапана сжатия; 3 – корпус клапана сжатия;  
 4 – клапан сжатия; 5 – впускной клапан; 6 – резервуар; 7 – цилиндр; 8 – клапан отдачи;  
 9 – поршень; 10 – перепускной клапан; 11 – шток; 12 – кожух; 13 – направляющая втулка штока;  
 14 – нижнее уплотнительное кольцо; 15 – сальник; 16 – верхнее уплотнительное кольцо;  
 17 – обойма сальников; 18 – гайка резервуара; 19 – шайба; 20 – защитное кольцо;  
 21 – сальник штока; 22 – буфер отбоя

Рисунок 8 – Амортизатор передней пружинной подвески

Амортизатор крепится шарнирно: верхней проушиной, соединенной со штоком, к кронштейну рамы, а нижней, соединенной с резервуаром, - к продольному рычагу подвески. Верхний и нижний шарниры сборные и невзаимозаменяемые.

Эксплуатация автомобиля с неисправным амортизатором или без него не допускается. Передние и задние амортизаторы невзаимозаменяемые. Передние амортизаторы имеют встроенный буфер отбоя и в сжатом состоянии короче задних на 25 мм.

Задняя подвеска (рисунок 9) состоит из двух малолистовых рессор 2, работающих совместно с двумя гидравлическими телескопическими амортизаторами 3.



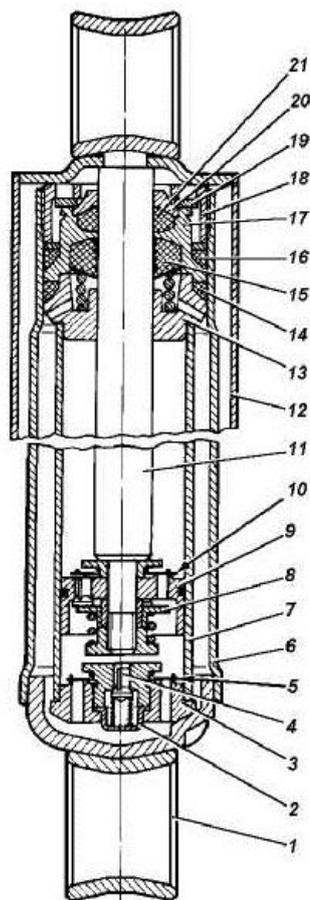
1 – кронштейн амортизатора; 2 – рессора; 3 – амортизатор; 4 – рама; 5 – накладка; 6 – стремянка; 7 – подкладка; 8 – кронштейн серьги; 9 – кронштейн амортизатора; 10 – гайка стремянки; 11 – ось; 12 – втулка резиновая; 13 – буфер; 14 – щека серьги внутренняя; 15 – палец; 16 – щека серьги наружная; 17 – гайка пальца

Рисунок 9 – Задняя подвеска

Рессора состоит из трех листов, имеющих переменную толщину. Предельный ход моста вверх ограничивается резиновыми буферами 13.

К мосту рессора крепится при помощи стремянок 6, накладки 5 и подкладки 7. Момент затяжки гаек стремянок от 100 до 120 Н м (от 10 до 12 кг см) (усилие на конце ключа из комплекта шоферского инструмента от 30 до 36 кгс). Передний конец рессоры при помощи резиновых втулок 12 устанавливается на неподвижной оси 11. Задний конец посредством серьги и резиновых втулок установлен шарнирно. Гайки 17 затягивать до упора

наружной щеки серьги 16 в заплечики пальцев 15. Амортизаторы 3 задней подвески крепятся шарнирно через кронштейны 1 к раме и кронштейны 9 к заднему мосту. Шарниры задних амортизаторов унифицированы с верхними шарнирами передних амортизаторов. Конструкцию задних амортизаторов можно представить в виде рисунка 10.



- 1 – проушина; 2 – ограничитель клапана сжатия; 3 – корпус клапана сжатия;  
 4 – клапан сжатия; 5 – впускной клапан; 6 – резервуар; 7 – цилиндр; 8 – клапан отдачи;  
 9 – поршень; 10 – перепускной клапан; 11 – шток; 12 – кожух;  
 13 – направляющая втулка штока; 14 – нижнее уплотнительное кольцо;  
 15 – сальник; 16 – верхнее уплотнительное кольцо; 17 – обойма сальников;  
 18 – гайка резервуара; 19 – шайба; 20 – защитное кольцо; 21 – сальник штока

Рисунок 10 – Амортизатор задней рессорной подвески

При подготовке машины к соревнованиям изменениям в основном подвергается передняя подвеска автомобиля.

Согласно техническим требованиям, к участию в национальном классе чемпионата России допускаются автомобили отечественного производства с рабочим объемом двигателя до трех литров, следовательно, УАЗ-31519 имеет право выходить на старт.

### **2.3.2 Обзор существующих способов усиления подвесок спортивных автомобилей**

«Наиболее кардинальным способом повышения проходимости является лифтовка подвески. В зависимости от конструкции автомобиля существует множество способов лифтовки подвески. Однако лифтовка подвески повышает центр тяжести автомобиля, что уменьшает допустимые крены и делает езду на нем более опасной» [12].

«Трудно однозначно определить, на какую высоту лучше всего поднимать подвеску. С одной стороны, чем выше рама автомобиля от земли, тем выше его проходимость, с другой стороны увеличивается опасность опрокидывания. Но самое важное это то, что карданные валы имеют предельный угол наклона, при котором они способны работать, и чем ближе угол к предельному, тем быстрее будут изнашиваться валы (обычно наибольший износ происходит в шлицевом соединении валов). Естественно, существует угол, при котором валы вообще откажутся вращаться.

Для борьбы с опрокидыванием применяют способ расширения колеи при помощи колесных проставок, широкой резины, применение колесных дисков с отрицательным вылетом или вообще заменой мостов (например, на «Барс» или «Спайсер»). Установка дисковых тормозов расширяет колею от 4 до 5 см» [12].

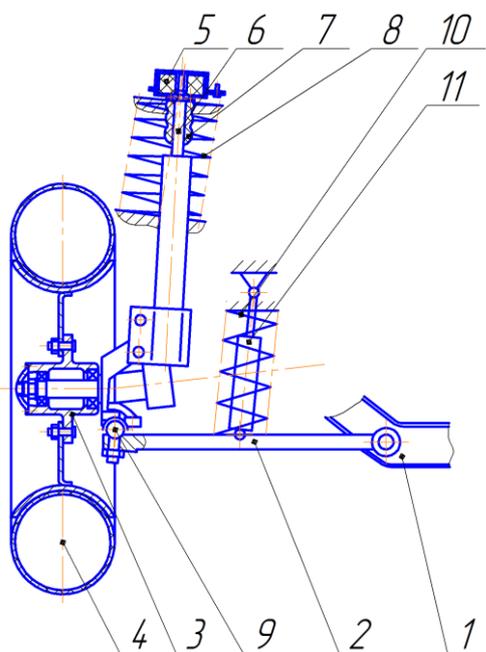
Для решения проблемы карданов существуют такие методы, как установка удлиненных карданов от других моделей, установка проставок между фланцами моста и кардана, или, в особых случаях, наращивание карданного вала с последующей его балансировкой.

Для того чтобы внести новизну в динамику УАЗ-31519, улучшить приемственность и управляемость автомобиля, получить еще лучшие ходовые качества нужно провести некоторую доработку подвески.

Тюнинг подвески – это достаточно ответственный момент. Если внешний тюнинг или тюнинг салона в основном не может уменьшить уровень безопасности, то подвеска напрямую на него влияет.

Для начала произведём обзор существующих способов усиления подвесок спортивных автомобилей.

Для этого рассмотрим независимую однорычажную подвеску (рисунок 11), зависимую подвеску и независимую двухрычажную.



1 – поперечная балка; 2 – рычаг; 3 – ступица; 4 – колесо; 5 – опорный подшипник; 6 – телескопическая стойка; 7 – буфер хода сжатия (отбойник); 8 – пружина подвески; 9 – шаровая опора; 10 – дополнительная пружина; 11 – дополнительный газомасляный амортизатор

Рисунок 11 – Кинематическая схема передней независимой однорычажной подвески автомобиля категории М1

Для независимой однорычажной подвески существуют следующие методы усиления и модернизации:

- применение газомасляных спортивных усиленных амортизаторов;

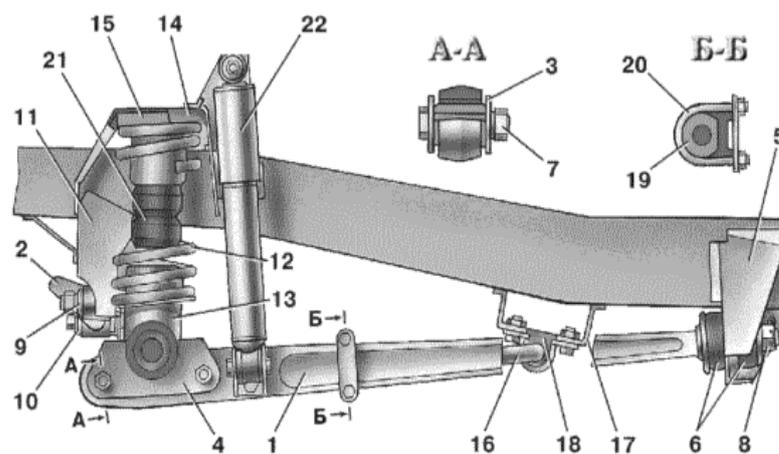
- установка двух амортизаторов (основного и вспомогательного);
- применение усиленных пружин;
- Установка дополнительных пружин;
- Изготовление нижнего рычага с дополнительным усилением;
- установка кронштейнов отвязки редуктора;
- установка направленных шайб под нижнюю площадку пружины (они создают необходимый угол передней пружины);
- установка пружин с переменным шагом и бочкообразных пружин (подвеска приобретает прогрессивную характеристику).

Усиление зависимой подвески достигается другим путем. На зависимой передней подвеске обычно в качестве упругого элемента устанавливаются либо пружины, либо рессоры. В качестве же гасящего элемента устанавливаются амортизаторы. В данном конкретном случае на передней подвеске стоят пружины и амортизаторы. Вид сбоку передней подвески автомобиля УАЗ-31519 представим в виде рисунка 12.

Конструкция достаточно проста в исполнении обслуживании и ремонте, достаточно крепка, так как автомобиль УАЗ-31519 уже изначально обладает внедорожными качествами, но для ралли-рейдов этого недостаточно.

Именно поэтому способы усиления следующие:

- применение газомясляных спортивных усиленных амортизаторов,
- установка двух амортизаторов (основного и вспомогательного),
- применение усиленных пружин,
- установка дополнительных пружин (листов рессор),
- усиление крепёжных элементов подвески без увеличения веса,
- увеличение хода подвески,
- установка пружин с переменным шагом и бочкообразных пружин (подвеска приобретает прогрессивную характеристику).



1 – продольная штанга; 2 – поперечная тяга; 3, 9 – резинометаллические шарниры;  
 4, 5 – кронштейны продольной штанги; 6 – резиновые шарниры; 7, 8 – гайки;  
 10, 11 – кронштейны поперечной тяги; 12 – пружина; 13, 14 – кронштейны пружины;  
 15 – вибропоглощающая прокладка; 16 – стабилизатор; 17 – кронштейн стабилизатора;  
 18, 19 – резиновые втулки; 20 – стремянка; 21 –буфер; 22 – амортизатор

Рисунок 12 – Передняя пружинная подвеска автомобиля УАЗ-31519

Для соревнований один из способов подготовки подвески на данный автомобиль устанавливают дополнительно рессорные листы – подвеска получается комбинированной (рисунок 13). Это, прежде всего, усиливает подвеску и делает элементы пружины и рессор резервными, например, если в пути сломается пружина, то у экипажа есть возможность доехать до места ТО и ремонта на рессорных листах.



а)



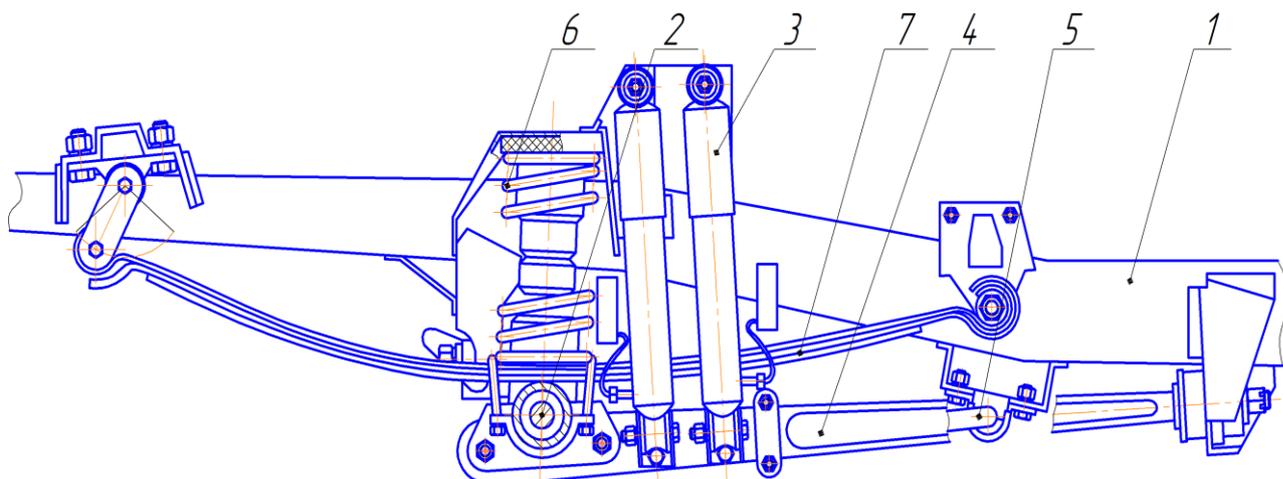
б)

а) вид спереди; б) вид сбоку

Рисунок 13 – Пример комбинированной подвески автомобиля УАЗ-31519

Далее для усиления необходимо поставить вместо одного масляного амортизатора два газомасляных амортизатора.

Схему модернизированной передней подвески автомобиля представим в виде рисунка 14. Это так же усиливает подвеску и делает второй амортизатор резервным. Спецификация на переднюю подвеску автомобиля представлена в Приложении А (рисунки А.2, А.3)



1 – рама; 2 – мост передний; 3 – газомасляный амортизатор; 4 – продольная штанга;  
5 – стабилизатор поперечной устойчивости; 6 – пружина; 7 – рессоры

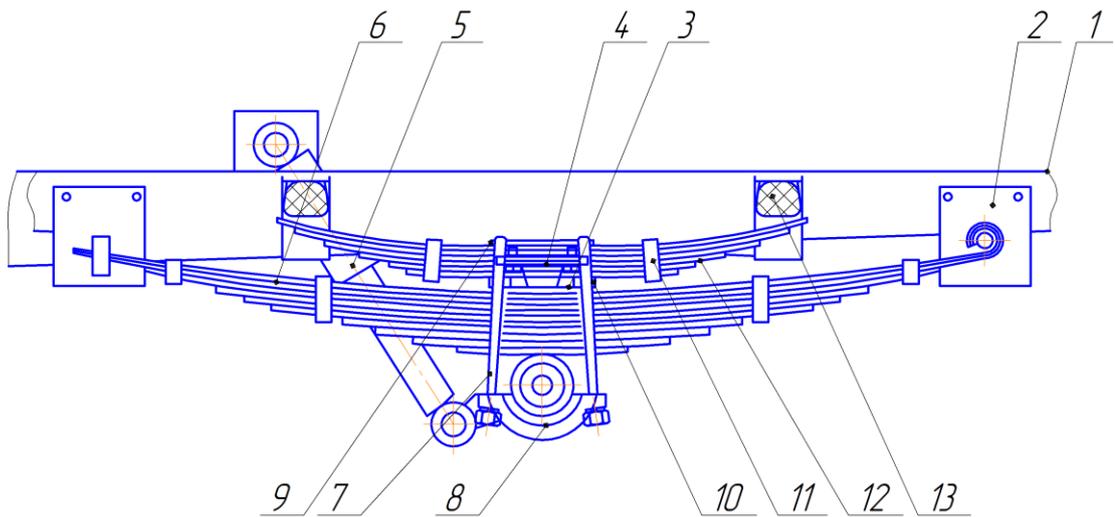
Рисунок 14 – Кинематическая схема конструкции передней усиленной зависимой подвески автомобиля категории М1

Грузоподъемность автомобиля категории М1 составляет до модернизации 550-750 кг, и предлагается на заднюю подвеску установить с каждой стороны ещё по одному подрессорнику, которые увеличивают грузоподъемность на сторону на 150 кг, тогда общая грузоподъемность автомобиля составит:  $750+150\cdot 2=1050$ кг.

Тем самым получится увеличить грузоподъемность автомобиля и тем самым усилить подвеску.

Итак, схематически разрабатываемую конструкцию задней усиленной подвески можно представить в виде рисунка 15.

Спецификация на заднюю подвеску автомобиля представлена в Приложении А (рисунки А.4, А.5)



- 1 – рама автомобиля; 2 – кронштейн; 3 – накладка; 4 – буфер; 5 – амортизатор; 6 – рессора;  
 7 – стремянка; 8 – подкладка; 9 – накладка; 10 – проставка; 11 – стремянка малая;  
 12 – подрессорные листы; 13 – кронштейн

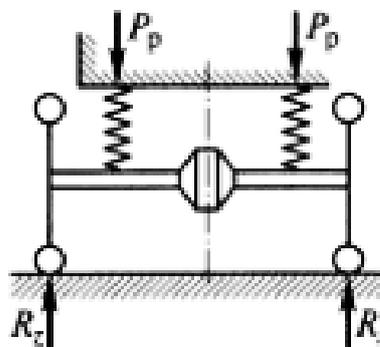
Рисунок 15 – Кинематическая схема модернизированной задней подвески проектируемого автомобиля

## 2.4 Конструкторские расчёты подвески

### 2.4.1 Расчёт передней усиленной подвески

Расчёт пружины подвески. Подвеска пружинно рессорная, а это значит необходимо сосчитать как рессоры так и пружину.

Полная масса автомобиля УАЗ-3151 составляет 1770 кг. Вес автомобиля –  $P^1 = 2 \cdot P_p^1 = 17700,0 \text{ Н} = 17,70 \text{ кН}$  (рисунок 16) [13].



$P_p$  – нагрузка на подрессоренную часть, Н;  $R_z$  – нормальная реакция, Н

Рисунок 16 – Расчётная схема для определения нагрузок на подвеску

«Нагрузка на пружинно рессорную часть составляет (на одну сторону моста):

$$P_p = R_z - 0,5 \cdot G_{H.M.}, \quad (1)$$

где  $R_z$  – нормальная реакция, Н;

$G_{H.M.}$  – вес неподрессоренных масс, 700 Н» [13].

На одну сторону моста:

$$P_p = \frac{P}{2}. \quad (2)$$

Нормальная реакция зависит от веса автомобиля и распределения его по платформе, а так же от дорожных условий. Для проверочных расчётов примем самый наихудший случай (нагрузка на весь передний мост):

$$R_z^1 = \frac{17700 \cdot 2}{3} = 11800 \text{ Н} = 11,8 \text{ кН.}$$

Предположим, что спортивный автомобиль работает в наихудших условиях бездорожья, а это значит что вся нагрузка, приходящаяся на передний мост может восприниматься одним колесом при кренах и заваливаниях корпуса автомобиля УАЗ-31519, тогда нагрузка на одну сторону переднего моста:

$$R_z = R_z^1 = 11800 \text{ Н} = 11,8 \text{ кН.}$$

Тогда:

$$P_p = 11800 - 0,5 \cdot 700 = 11450 \text{ Н} = 11,45 \text{ кН.}$$

В данном случае подвеска пружинно-рессорная, именно поэтому:

$$P_p = P_{\text{ПП}} + P_{\text{РЕ}}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{ПП}}$  – нагрузка на пружину, Н;

$P_p$  – нагрузка на рессоры, Н.

Изначально (до модернизации) подвеска была пружинная, именно поэтому при проектировании новой подвески (добавили 3 листа рессор и дополнительный амортизатор) заложили распределение нагрузки на пружину  $2/3 \cdot P_p$  и на рессоры  $1/3 \cdot P_p$ , тогда:

$$P_{\text{ПП}} = \frac{2 \cdot P_p}{3}, \quad (4)$$

$$P_{\text{ПП}} = \frac{2 \cdot 11450}{3} = 7633,33 \text{ Н} = 7,63 \text{ кН},$$

$$P_{\text{РЕ}} = \frac{1 \cdot P_p}{3},$$

$$P_{\text{РЕ}} = \frac{1 \cdot 11450}{3} = 3816,67 \text{ Н} = 3,82 \text{ кН}.$$

Прогиб пружины (рисунок 17) определяется из равенства:

$$f_{\text{ПП}} = \frac{f_k \cdot a}{l} = \frac{8 \cdot i_p \cdot D^3 \cdot P_{\text{ПП}}}{d^4 \cdot G}, \quad (5)$$

где  $i_p$  – число рабочих витков пружины,

$D$  – наружный диаметр пружины, согласно данным [14] равен 0,13 м;

$d$  – диаметр прутка пружины,  $d = 0,015$  м [14];

$G$  – модуль упругости, для стальной проволоки (сталь 65 или 65Г) принимаем равным  $(8,0 \dots 8,3) \cdot 10^4$  МПа [14].

$$f_{\text{пр}} = \frac{8 \cdot 5 \cdot 0,13^3 \cdot 7633,33}{0,015^4 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 10^6} = 0,17 \text{ м.}$$

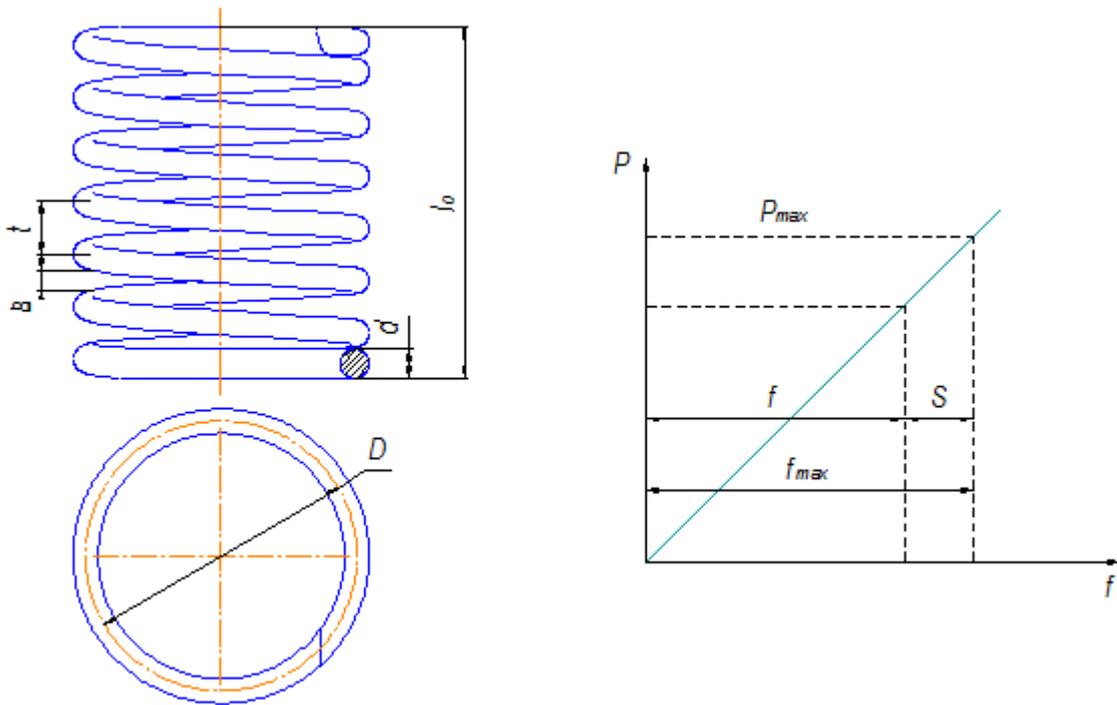


Рисунок 17 – Пружина сжатая и ее характеристика

Напряжение кручения:

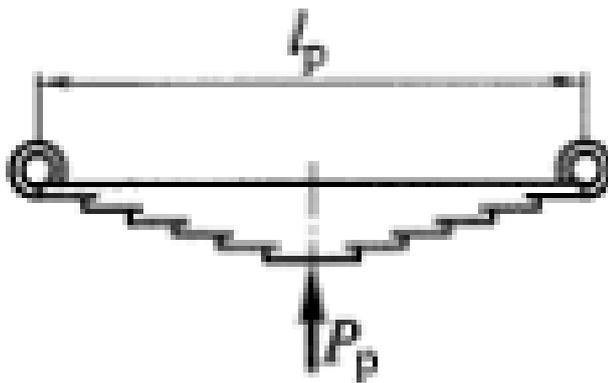
$$t_{\text{кр}} = \frac{8 \cdot P_{\text{пр}} \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (6)$$

$$t_{\text{кр}} = \frac{8 \cdot 7633,33 \cdot 0,130}{3,14 \cdot 0,015^3} = 749,11 \text{ МПа.}$$

Данное напряжение не превышает пределы от 800 до 1100 МПа, следовательно, пружина подобрана, верно [14].

Расчёт рессоры подвески.

Ранее была подсчитана нагрузка, действующая на одну сторону рессора:  $P_{\text{PE}} = 3816,67 \text{ Н} = 3,82 \text{ кН}$ . Изначально при разработке рессора задались симметричной схемой для упрощения расчёта (рисунок 18).



$l_P$  – длина фиксации рессора, м;  $P_{PE}$  – нормальная реакция, Н

Рисунок 18 – Нагружения симметричной рессоры

«Жёсткость рессоры находится из выражения:

$$c_P = \frac{P_{PE}}{f_P}. \quad (7)$$

где  $P_{PE}$  – нормальная реакция,  $P_{PE} = 3816,67 \text{ Н} = 3,82 \text{ кН}$ ;

$f_P$  – прогиб рессоры, м» [3].

«Прогиб рессоры находится из выражения:

$$f_P = \frac{\delta \cdot P_{PE} \cdot l_{PE}}{4 \cdot E \cdot n_{PE} \cdot b \cdot h^3} c_P = \frac{P_{PE}}{f_P}. \quad (8)$$

где  $\delta$  – коэффициент прогиба рессоры, принимаем равным 1,25 [3];

$l_{PE}$  – длина рессоры, принимаем равной 1,12 м;

$E$  – модуль упругости при растяжении,  $2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$  [3];

$n_{PE}$  – число листов рессора, принимаем равным 3 шт.;

$b$  – ширина листа, принимаем равным 0,060 м;

$h$  – толщина листа, принимаем равным 0,006 м» [3].

Тогда:

$$f_p = \frac{1,25 \cdot 3816,67 \cdot 1,12}{4 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3 \cdot 0,060 \cdot 0,006^3} = \frac{5343,34}{31104,0} = 0,17 \text{ м.}$$

В результате получили:  $f_{IP} = 0,17 = f_{PE} = 0,17 \text{ м}$  – что не противоречит условиям компоновки, пружина и рессоры подобраны верно, продолжаем расчёт.

Далее необходимо рассчитать рессоры на прочность. Проверку произведём по напряжению изгиба [3]:

$$\sigma_{изг.} = \frac{1,5 \cdot P_{PE} \cdot l_{PE}}{n_{PE} \cdot b \cdot h^2}, \quad (8)$$

$$\sigma_{изг.} = \frac{1,5 \cdot 3816,67 \cdot 1,12}{3 \cdot 0,060 \cdot 0,006^2} = \frac{6412,01}{0,00000648} = 989,51 \text{ МПа.}$$

Полученное напряжение укладывается в пределы от 800 до 1100 МПа, следовательно, рессора подобрана, верно [14].

Расчёт амортизатора.

На одну сторону передней подвески действует 11,45 кН. На сторону приходится по два амортизатора, а это значит что в номинальных условиях работы (оба амортизатора исправны) на один амортизатор приходится половина нагрузки 5725,0 Н. У нас же амортизаторы при поломке одного из них могут являться резервными, именно поэтому расчёт произведём для усилия 10,0 кН (снова рассматриваем наихудший случай эксплуатации).

На колебания автомобиля оказывает влияние амортизатор [15]. Определяющим фактором является создаваемая при определенной скорости поршня сила сопротивления, приведенная к колесу и выраженная через коэффициент сопротивления в [кгс·с/м] или (Н·с/м = кг/с):

$$K = \frac{F}{V}. \quad (9)$$

Коэффициент относительного демпфирования колебаний кузова рассчитываем с использованием коэффициента, жесткости пружины и доли массы кузова над одним колесом:

$$D_2 = \frac{k}{2 \cdot \sqrt{c_2 \cdot m_2}}. \quad (10)$$

Демпфирование колеса определяем также с помощью, но с добавлением половины массы оси, жесткости шины и подвески и коэффициента увеличения жесткости шины [15]:

$$D_1 = \frac{k}{\sqrt{(k_f c_1 + c_2) \cdot m_1}}. \quad (11)$$

При определении безразмерных величин демпфирования в качестве единицы длины следует использовать метр.

Коэффициент  $k$  относительного демпфирования приводится к колесу. Сам амортизатор при независимой подвеске колес, как правило, смещен внутрь и поэтому должен при меньших скоростях создавать большую силу. В расчете следует дополнительно учесть соотношение плеч между пятном контакта и местом закрепления амортизатора [15].

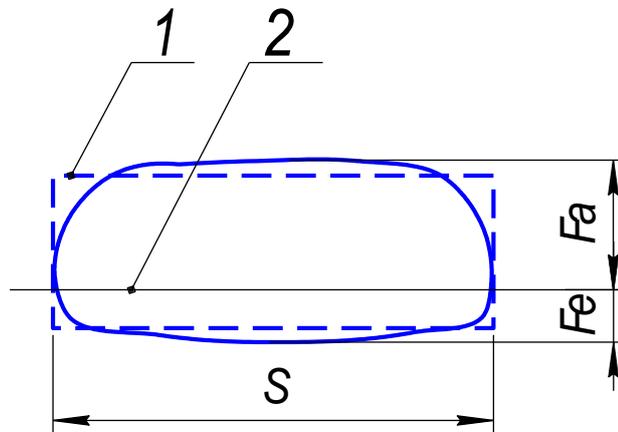
Вводя индекс 2 для колеса  $D$  и для амортизатора, получаем следующую зависимость соответственно для силы (в [кгс] или (Н)) и для скорости [в м/с].

$$F_2 = \frac{F_D}{ix}, \quad (12)$$

$$V = V_D \cdot ix. \quad (13)$$

На основе рабочей диаграммы амортизатора (рисунок 19) определяем коэффициент сопротивления, приведенный к колесу:

$$k = \frac{F_2}{V} = \frac{F_D}{(\cdot V_D \cdot i^2 x)} \dots \quad (14)$$



1 – средняя сила демпфирования; 2 – нулевая линия; S – ход

Рисунок 19 – Рабочая диаграмма амортизатора

Для расчета должна быть известна скорость поршня, которая может быть получена на основе частоты вращения испытательного стенда (в  $\text{мин}^{-1}$ ) и хода  $s$  поршня (в м). При этом может идти речь о максимальной  $V_{Dmax}$  и средней  $V_{Dcp}$  скорости. Для упрощения сопоставляем  $V_{Dmax}$  с легко получаемыми по рабочей диаграмме амортизатора наибольшими значениями сил демпфирования. Входящую в  $k$  силу  $F_D$  получаем как среднее между силой растяжений  $F_A$ , создаваемой амортизатором при ходе отбоя и силой сжатия  $F_E$ , возникающей при ходе сжатия.

При определении коэффициента сопротивления амортизатора используются максимальные значения сил сопротивления на ходе отбоя  $F_a$  и сжатия  $F_e$ . Собственно форма диаграммы не учитывается. Следовало бы осуществить планиметрирование диаграммы и использовать при расчете среднее значение силы сопротивления. В среднем эта величина составляет 80% максимального значения.

Среднее значение  $V_{Dcp}$  достаточно для расчетов. При этом не учитываются ни соотношения сил растяжения и сжатия, ни диаметр поршня и нагрев масла [15] а применяемые при расчетах уравнения будут иметь вид:

$$V_{D_{\max}} = \pi s n, \quad (14)$$

$$V_{D_{\max}} = \frac{\pi s n D}{60}, \quad (15)$$

$$F_D = \frac{(F_A + F_E)}{2}. \quad (16)$$

В качестве расчета рассмотрим коэффициент относительного демпфирования  $D_1$  для переднего ведущего моста легкового автомобиля. В прежней системе единиц принимаем следующие параметры:

- нагрузка на передний мост ..... 1000 (10,0);
- вес, кгс (кН) ..... 100 (1);
- жесткость подвески, кгс/см (Н/мм) ..... 18 (18);
- передаточное число ..... 1,2;
- шины тип ..... 6,5x15;
- давление, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) ..... 2,0 (0,20);
- скорость движения, км/ч ..... 190.

Параметры амортизатора при  $S$  равном 100 мм/ход,  $n_D$  равном 100 мин<sup>-1</sup> (на стенде):  $F_A$  равном 120 кгс (1200 Н);  $F_E$  равном 40 кгс (400 Н).

Используя эти данные в соответствии с уравнениями рассмотренными выше, получаем:

$$V_{D_{\max}} = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 100}{60} = 0,524 \text{ м/с},$$

$$F_D = \frac{(120 + 40)}{2} = 80 \text{ кгс},$$

$$k = \frac{80}{(0,524 \cdot 1,2^2)} = 106 \text{ кгс/м},$$

$$m = \frac{(G_h - U_h)}{2g}, \quad (17)$$

$$m = \frac{(1000 - 100)}{2 \cdot 9,81} = 35,7 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2/\text{мм}$$

$$D_2 = \frac{106}{(2 \cdot \sqrt{1800 \cdot 35,7})} = 0,21.$$

Таким образом, величина относительного демпфирования в подвеске должна быть в пределах от 0,19 до 0,23 м.

Для обеспечения безопасности движения амортизатор должен обеспечить величину относительного демпфирования колебаний  $D_1$  колеса. Объединяя уравнения 14 и 15 можно получить безразмерную величину зависимости между  $D_1$  и величиной относительного демпфирования колебаний  $D_2$  кузова.

$$D_1 = D_2 \sqrt{\frac{c_2}{(k_F c_1 + c_2)}} \cdot \sqrt{\frac{(G_h - U_h)}{U_h}}. \quad (18)$$

Используя приведенные постоянные жесткости шин [15]  $c_1 = 174$  кгс/см = 174 Н/мм, а также  $k_F = 1,27$  [15] для радиальных шин при скорости 190 км/ч, получаем:

$$D_1 = 0,21 \sqrt{\frac{18}{(1,27 \cdot 174 + 18)}} \cdot \sqrt{\frac{(1000 - 100)}{100}} = 0,152.$$

Такое демпфирование недостаточно для тяжелого ведущего моста и можно было бы ожидать его отрыва от опорной поверхности при движении по неровной дороге. При более легких неподрессоренных частях независимой подвески ( $U_h = 100$  Н) значение  $D_1 = 0,2$  вполне приемлемо.

Расчет  $D_2$  и  $D_1$  относится только к определенной скорости поршня ( $100 \text{ мин}^{-1}$ ) и ходе 100 мм. В зависимости от характеристики амортизатора силы сопротивления перемещению поршня в точках до расчетных или за ними будут больше или меньше. Возможен и обратный случай, когда

известна величина относительного демпфирования колебаний (например,  $D_2 = 0,3$ ), по которой определяют параметры амортизатора. В этом случае вначале следует определить отношение сопротивлений на ходах сжатия и отбоя:

$$d = \frac{F_A}{F_E}. \quad (19)$$

Затем, полученное из уравнения  $F_A = dF_R$  подставляем в уравнение (19). В приведенном примере:

$$d = \frac{1200}{400} = 3.$$

$D_1$  и  $D_2$  несколько уменьшают значения величин  $n_{шД}$  и  $n_{лД}$ , полученные ранее без учета демпфирования. Эти частоты колебаний соответственно для кузова и колеса будут равны:

$$n_{шД} = n_{ш} \cdot \sqrt{1 - D_2^2}, \quad (19)$$

$$n_{лД} = n_{л} \cdot \sqrt{1 - D_2^2}. \quad (20)$$

При  $D_2 = 0,25$  получаем  $n_{шД} = 0,968 \cdot n_{ш}$ , а при  $D_2 = 0,3$ ,  $n_{шД} = 0,954 \cdot n_{ш}$ .

В большинстве случаев уменьшением частоты примерно на 4% можно пренебречь [15].

#### 2.4.2 Расчёт задней усиленной подвески

«Построение упругой характеристики рессорной подвески производят с упрощениями:

- пренебрегаем трением в подвеске и действием неподрессоренных масс;
- считают упругую характеристику рессоры прямолинейной;
- исходят из того, что на колесо действует только нормальная реакция дороги ;
- сила, деформирующая рессору, равная реакции дороги, а прогиб рессоры равен ходу колеса.

Определяем статическое значение нормальной реакции для ненагруженного автомобиля  $Z'_c$ , задаются желаемой частотой собственных колебаний подрессоренных масс, определяют статический ход колеса  $h'_c$ , обеспечивающий необходимую плавность хода ненагруженного автомобиля. Откладывая полученные значения  $Z'_c$ , и  $h'_c$ , (рисунок 20), проводят прямую ОА, представляющую собой ориентировочную упругую характеристику проектируемой подвески.

Определяет нормальную статическую реакцию на колесо при полной нагрузке на автомобиль  $Z''_c$ , и находят по графику соответствующий ей ход  $h'_c$ , колеса.

При нагрузке  $Z_{\max}$  и линейной характеристики рессоры динамический ход колеса получается приемлемо большим. Для его ограничения устанавливают деформируемый резиновый буфер. Это позволяет задаться величиной динамического хода. Для легковых автомобилей принимают  $h_d = 0,5 \cdot h_c$ , для автобусов  $h_d = 0,75 \cdot h_c$ , для грузовых автомобилей  $h_d = 1 \cdot h_c$ . Откладывая значение  $Z_{\max}$  и  $h_d$  на графике находят точки D и C характеристики» [16].

Построенная упругая характеристика представлена на рисунке 19.

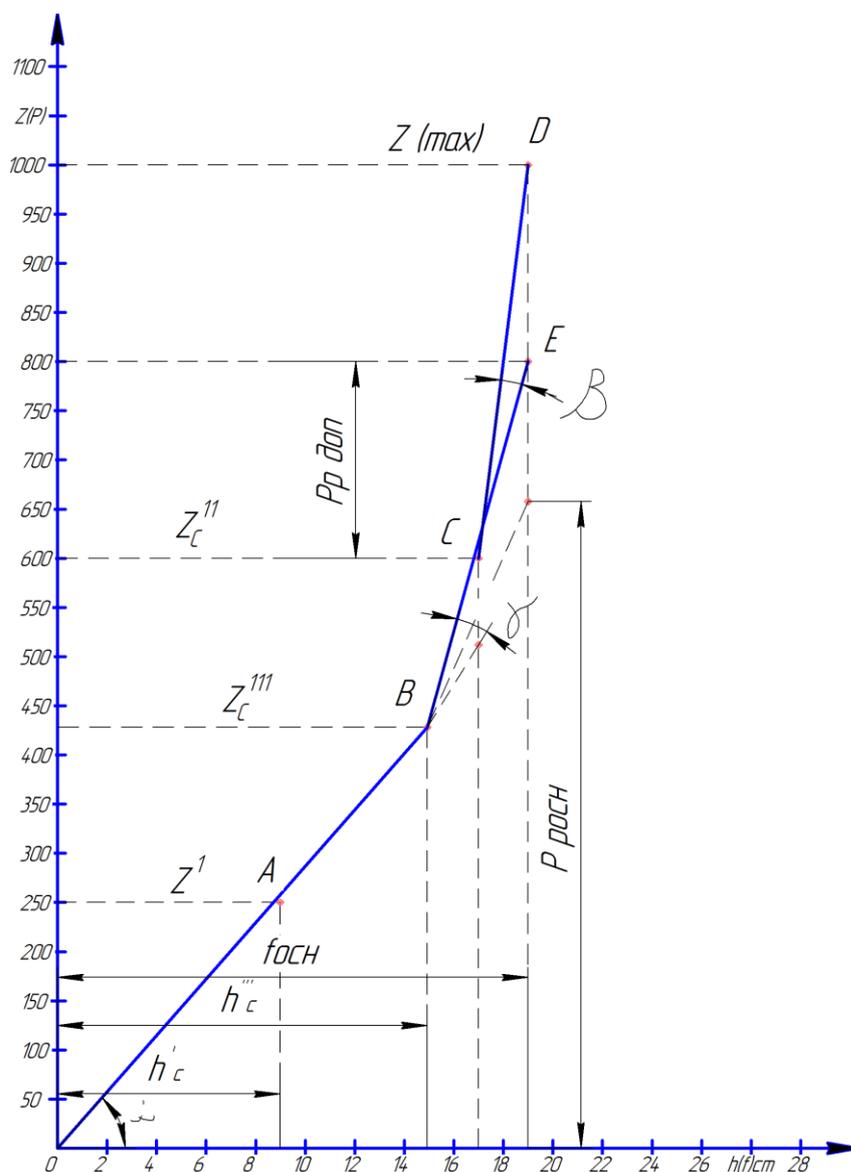


Рисунок 20 – Упругая характеристика зависимой рессорной подвески с дополнительной рессорой

«Высокие динамические возможности подвески реализуются сравнительно редко, поэтому допускается значительное увеличение жесткости в конце хода сжатия» [16].

Учитывая это, задают деформацию буфера в пределах  $f_{\sigma} = (0,35/0,4)h_{д}$ .

«Нагрузки, действующие на заднюю подвеску нагруженного грузового автомобиля, различаются значительно, вследствие чего для нагруженного автомобиля статический прогиб получается неприемлемо большим. Это и

вызывает применение дополнительной рессоры. Принимают, что дополнительная рессора включается в работу при нагрузке

$$z_c''' = z_c'' + (G_2'' + G_2') / 4, \quad (21)$$

где  $G_2''$  и  $G_2'$  – часть веса соответственно нагруженного и ненагруженного автомобиля, приходящаяся на задний мост» [14].

$$z_c''' = 250 + (1200 + 500) / 4 = 425 \text{ кг.}$$

На ориентировочной упругой характеристике (рисунок 20) отмечают точку с ординатой  $z_c'''$ , соответствующую началу вступления в действие дополнительной рессоры.

«Установлено, что жесткости дополнительной  $c_{доп}$  и основной  $c_{осн} = tg\alpha$  рессор должны быть связаны зависимостью исходя из которой строят участок характеристики, на котором обе рессоры должны работать совместно. Для этого через точку В проводят линию ВЕ, пересекающую линию ОБ под углом  $\gamma = arctg \cdot c_{доп}$  из построенного графика находят ход  $h_c''$  колеса при полной нагрузке на колесо и проверяют достигается ли необходимая плавность хода.

$$C_{доп} \leq C_{осн} \cdot \Delta h_c' / h_c', \quad (22)$$

где  $C_{доп}$  – жесткость дополнительной рессоры;

$C_{осн}$  – жесткость основной рессоры;

$h_c'$  – статический ход колеса» [3].

$$C_{осн} = tg\alpha, \quad (23)$$

$$C_{осн} = tg45 = 1.$$

$$C_{\text{доп}} = 1 \cdot 6 / 9 = 0,66.$$

Принимаем 0,38.

$$\gamma = \text{arctg} C_{\text{доп}}, \quad (24)$$

где  $\gamma$  – угол совместной работы двух рессор,

$$\gamma = \text{arctg} 0,38 = 21^\circ.$$

Определяем динамический ход рессоры:

$$fp_{\text{доп}} = 0,4 \cdot h_c, \quad (25)$$

$$fp_{\text{доп}} = 0,4 \cdot 9 = 3,6 \text{ см.}$$

Последний участок характеристики, когда вступает в действие резиновый буфер.

Найденные и принятые значения из рисунка 20.

$$h'_c = 9 \text{ см}, h''_2 = 15 \text{ см}, h'''_2 = 17,2 \text{ см.}$$

$$Z'_c = 250 \text{ кг}, Z''_2 = 650 \text{ кг}, Z'''_2 = 425 \text{ кг}, Z'_{\text{max}} = 850 \text{ кг.}$$

$$P_p = 525 \text{ кг}, P_{\text{рдо}} = 400 \text{ кг}, P = 550 \text{ кг.}$$

«Расчет рессоры производят только на изгиб, проверяя, выполняется ли условие необходимой упругости рессоры и условия прочности рессоры.

$$f = \frac{4 \cdot \delta \cdot P \cdot (l^1)^4}{(E \cdot l \cdot b \cdot i \cdot s^3)}, \quad (26)$$

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{6P(l^1)^2}{(l \cdot b \cdot i \cdot s^3)} \leq 850 \dots 900 \text{ МПа.}$$

где  $\delta$  – коэффициент деформации, учитывающий отклонение формы

рессоры от балки равного сопротивления;  $\delta = 1,25/1,45$  (меньшие значения соответствуют рессорам с несколькими листами одинаковой длины);

$P$  и  $fp$  – расчетная нагрузка и деформация, которые определяют по упругой характеристике;

$l'$  – приведенная длина рессоры;

$E$  – модуль упругости первого рода,  $2 \cdot 10^5$  МПа;

$l$  – длина рессоры, м;

$b$  и  $s$  – ширина и толщина листа, м;

$i$  – число листов» [14].

«Расчет основной рессоры:

$$l' = \sqrt{l_1 \cdot l_2}, \quad (27)$$

где  $l_1, l_2$  – размер листа рессоры» [13].

$$l' = \sqrt{0,6 \cdot 0,6} = 0,6 \text{ м.}$$

$$f = \frac{4 \cdot 1,25 \cdot 5500 \cdot 0,6^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 0,045 \cdot 13 \cdot 0,0065^3} = 590 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{II} = \frac{6 \cdot 5500 \cdot 0,6^4}{1,2 \cdot 0,045 \cdot 13 \cdot 0,0065^2} = 400,55 \text{ МПа} \leq 850 \dots 900 \text{ МПа.}$$

Расчет дополнительной рессоры:

$$\sigma_{II} = \frac{6 \cdot 5500 \cdot 0,6^4}{1,2 \cdot 0,045 \cdot 13 \cdot 0,0065^2} = 400,55 \text{ МПа} \leq 850 \dots 900 \text{ МПа,}$$

$$l' = \sqrt{0,375 \cdot 0,375} = 0,375 \text{ м.}$$

Условия прочности выполняются  $332,4 \text{ МПа} \leq 850 \dots 900 \text{ МПа}$ .

Основной целью расчета параметров амортизатора является определение параметров амортизатора и выбор его по каталогу. Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизированы (ГОСТ 11728-76).

«Основные определяемые параметры амортизатора являются:

- коэффициент аperiodичности в подвеске при колебаниях автомобиля;
- максимальные усилия при сжатии и отбое;
- критические движения поршня, при которых открываются клапаны;
- энергоемкость и степень ее уменьшения при нагреве» [19].

«На начальном участке сила сопротивления определяется:

$$P_H = k_H \cdot V_n^m, \quad (28)$$

где  $V_n$  – скорость поршня;

$m$  – показатель степени;

$k_H$  – коэффициент сопротивления на начальном участке» [14].

$$P_H^{отб} = 0,15 \cdot 52,5^2 = 409,5 \text{ Н},$$

$$P_H^{сж} = 0,11 \cdot 35^2 = 136 \text{ Н}.$$

«Различают коэффициенты сопротивления при сжатии  $k_{H.C}$  и при отбое  $k_{H.O}$ . У несимметричных амортизаторов они не равны.

Сопротивление сжатия принимается меньшим ( $k_{H.C} = 0,2 \cdot k_{H.O}$ ), чтобы при наезде колеса на неровность и быстром сжатии амортизатора через него на раму не передавалось большое усилие.

Завышенное сопротивление отбоя может привести к отрыву колеса от дороги при высококачественном резонансе. При больших скоростях это опасно, поэтому на автомобилях малой грузоподъемности сопротивление

сжатия и отбоя значительно меньше различаются и их, иногда, делают одинаковыми» [14].

«На клапанном участке сила сопротивления определяется:

$$P_K = P'_H + k_k \cdot (V'_n - V_n')^m, \quad (29)$$

где  $V'_n$  – критическая скорость поршня, соответствующая открытию клапана;

$P'_H$  – сопротивления, соответствующие началу открытия клапана;

$k_k$  – коэффициент сопротивления на клапанном участке» [14].

$$P^{омб}_K = 409,5 + 0,15 \cdot (52,5 - 75)^2 = 285 \text{ Н},$$

$$P^{сж}_K = 136,5 + 0,11 \cdot (50 - 35)^2 = 161,25 \text{ Н}.$$

Коэффициент сопротивления определяют тангенсами углов наклона характеристик.

Амортизатор с линейной характеристикой рассеивает мощность ( $\tau=1$ ).

$$N_a = \frac{((P^{сж}_H + P^{омб}_H) \cdot 30)}{2 \cdot 100}, \quad (30)$$

$$N_a = \frac{((136,5 + 409,5) \cdot 30)}{2 \cdot 100} = 81,9 \text{ Н} \cdot \text{м/с}.$$

При нелинейной характеристике рассеиваемая мощность определяется площадью по кривой характеристике. Приравняв мощность, рассеиваемую при сжатии  $N_c$ , мощности условного амортизатора с линейной характеристикой, можно найти среднее значение сопротивления хода сжатия.

$$k_{ср.с} = 2 \cdot \frac{N_c^2}{V_c^2}, \quad (31)$$

$$k_{cp.c} = 2 \cdot \frac{81,9^2}{35^2} = 4.$$

Аналогично для хода отбоя:

$$k_{cp.o} = 2 \cdot \frac{N_o^2}{V_o^2}, \quad (32)$$

$$k_{cp.o} = 2 \cdot \frac{81,9^2}{75^2} = 1,19.$$

$$k_{cp.o} = (0,15 \dots 30) \cdot k_{cp.}$$

Эквивалентный коэффициент сопротивления амортизатора определяется как среднее для хода сжатия и отбоя:

$$k_{\text{э}} = 0,5 \cdot (k_{cp.c} + k_{cp.o}), \quad (33)$$

$$k_{\text{э}} = 0,5 \cdot (5,4 + 1,19) = 5,9.$$

«Характеристика амортизатора, приведена к колесу, зависит от кинематики направляющего устройства и угла наклона амортизатора. Показатель сопротивления, приведенный к колесу, определяется формулой:

$$n_n = k_{\text{э}} \cdot i^2 \cdot \cos^2 \gamma, \quad (34)$$

где  $i$  – передаточное число установки амортизатора в подвеске;

$\gamma$  – угол наклона амортизатора, принимаем равным  $40^\circ$ » [14].

$$n_n = 5,9 \cdot 1^2 \cdot \cos^2 40 = 9,17.$$

«По величине периодичности определяется коэффициент апериодичности:

$$\psi_a = \frac{n_n}{M \omega} = \frac{n_n}{\sqrt{M_c}}, \quad (35)$$

где  $M$  – масса поддресоренных частей;

$\omega$  – частота колебаний» [14].

$$\psi_a = \frac{9,17}{(500 \cdot 0,15)} = 0,12,$$

$$0,1 \leq \psi_a \leq 0,25.$$

Строим по расчетным значениям характеристику работы амортизатора (рисунок 21).

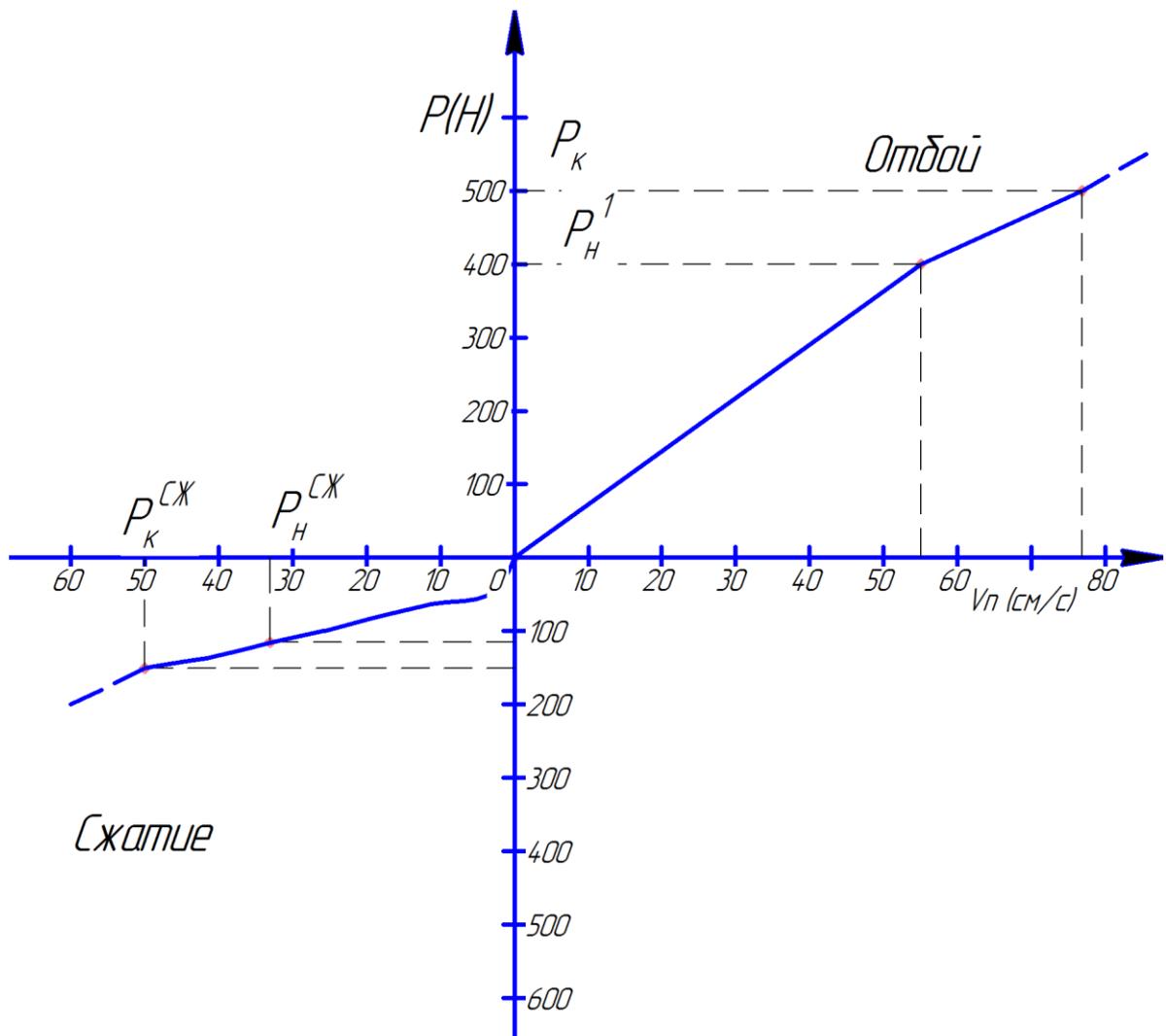


Рисунок 21 – Характеристика работы гидравлического амортизатора

Проектируем амортизатор на основе амортизатора 2905006-13, который соответствует данным параметрам. Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизованы (ГОСТ 11728 – 76).

Выбранный амортизатор имеет:

- запас прочности по напряжениям изгиба 1600 МПа;
- запас прочности по напряжениям кручения 700 МПа.

Рассчитываем на прочность продольную балку рамы, нагруженную нагрузкой с кузова 8000 Н и имеющей длину участка 1,2 м, 0,6 м, 0,6 м.

Расчетная схема и эпюры поперечных сил и изгибающих моментов представлены на рисунке 22.

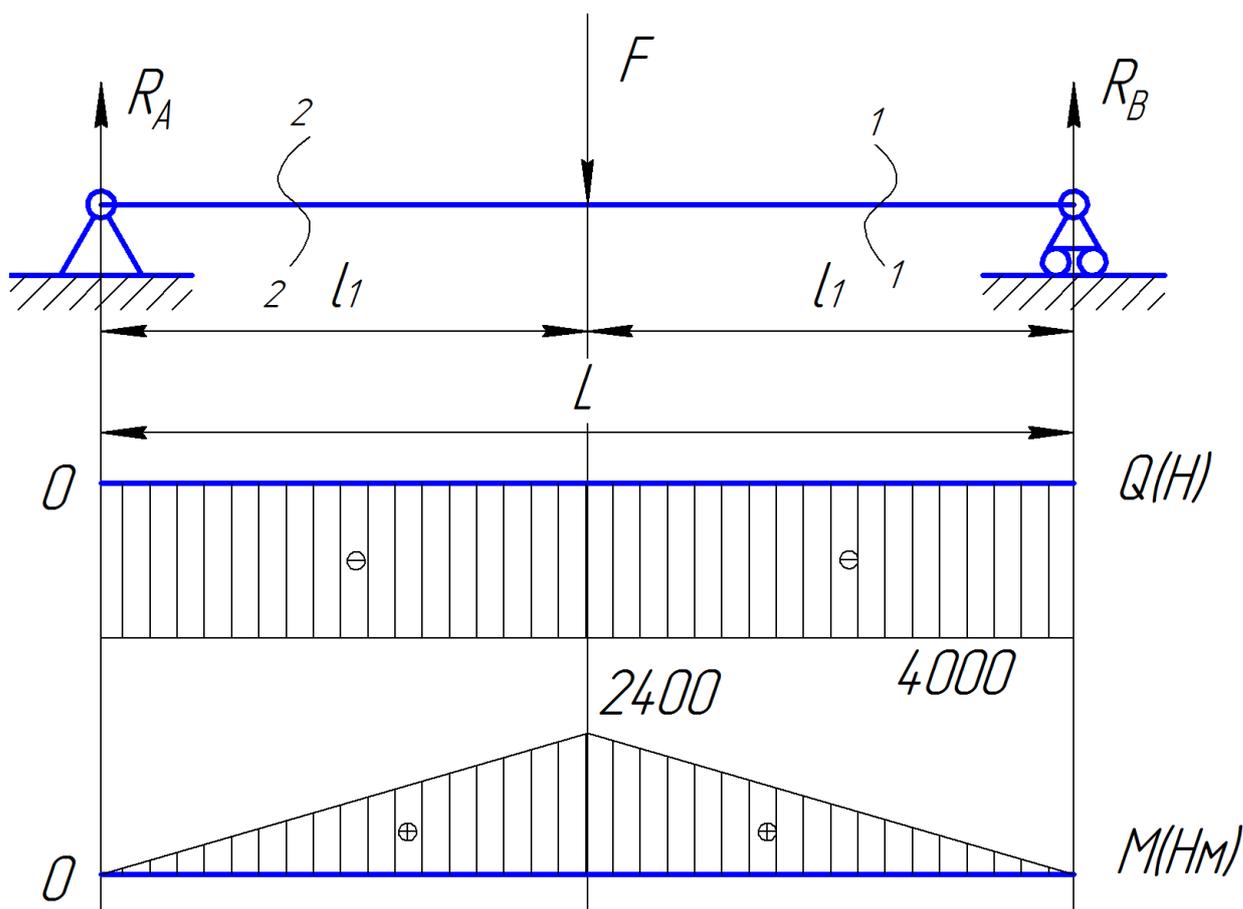


Рисунок 22 – Расчетная схема балки и эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

Найдем реакции в эпюрах балки. Для этого составляем уравнение изгибающих моментов относительно эпюр А и В:

$$\Sigma M_A = 0; F \cdot 0,16 - R_B \cdot 1,2 = 0.$$

$$R_B = \frac{(8000 \cdot 0,6)}{1,2} = 4000 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_B = 0; -F \cdot 0,16 + R_A \cdot 1,2 = 0.$$

$$R_A = \frac{(8000 \cdot 0,6)}{1,2} = 4000 \text{ Н.}$$

Выполним проверку правильности выражений. Для этого составим уравнение проекций всех сил на ось Y:

$$\Sigma R_Y = 0; R_A + R_B - F = 0,$$

$$4000 + 4000 - 8000 = 0.$$

Равенство выполняется, значит, вычисления выполнены правильно.

Строим эпюры поперечных сил  $Q_y$  и изгибающих моментов  $M_x$ . Для этого рассмотрим сечение балки 1 – 1 и 2 – 2.

Сечение 1 – 1:  $0 \leq Z_1 \leq 0,6$ ,

$$Q_1 = -R_B = -4000 \text{ Н;}$$

$$z_1 = 0; M_1 = 0;$$

$$z_1 = 0,6; M_1 = R_B \cdot Z_1 = 4000 \cdot 0,6 = 2400 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Сечение 2 – 2:  $0 \leq Z_2 \leq 0,6$ ,

$$Q_2 = -R_A = -4000 \text{ Н;}$$

$$\text{при } z_2 = 0; M_2 = 0;$$

$$\text{при } z_2 = 0,6; M_2 = R_A \cdot Z_2 = 4000 \cdot 0,6 = 2400 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Расчет заклепочного соединения ведут по срезу и смятию.

«Условия прочности среза:

$$\tau = \frac{F}{(\pi/4) \cdot d^2 \cdot i}, \quad (36)$$

где  $d$  – диаметр заклепки, мм;

$i$  – число плоскостей среза.

Согласно [15] принимаем предельную прочность 140 МПа»

$$\tau = \frac{4000}{(3,14/4) \cdot 0,012^2 \cdot 1} = 35,38 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}. \quad (37)$$

Условие прочности на срез выполняется.

«Условия прочности на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(d \cdot \delta_2)} \leq [\delta_{см}] \quad (38)$$

где  $\delta_2$  – толщина листа» [15].

$$\sigma_{см} = \frac{4000}{(0,012 \cdot 0,015)} = 22 \text{ МПа} \leq 320 \text{ МПа}.$$

Условие прочности на смятие выполняется.

Вывод по разделу.

В конструкторском разделе работы были рассмотрено:

- влияние параметров подвески на активную безопасность,
- методы усиления подвесок автомобилей.

На основании анализа информации приведено обоснование модернизации подвески автомобиля и наиболее нагруженные узлы и детали рассчитаны на прочность.

Далее предлагается рассмотреть вопрос диагностики, технического обслуживания и ремонта подвески автомобиля.

### **3 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта подвески проектируемого автомобиля**

«Периодически проверяется состояние рессор, пружин подвески и амортизаторов, их крепление.

Листы рессор не должны иметь трещин. Срез центрального болта рессоры может вызвать продольное смещение листов, а ослабление затяжки стремянок – поперечное смещение листов.

Для предупреждения коррозии и устранения скрипа необходимо смазывать листы рессор согласно указаниям таблицы смазывания» [15].

«Стуки и скрипы в ушках рессор и шарнирах пружинной подвески указывают на износ или неполную затяжку резиновых втулок или износ резинометаллических шарниров. В этой случае необходимо заменить шарниры и втулки или затянуть их плотнее. Для увеличения во втулках рессор необходимо установить между ними резиновые прокладки (кольца), вырезанные из камеры или подобной резины.

Признаком неисправности амортизаторов является продолжительное раскачивание автомобиля после переезда через неровность дороги.

При обслуживании амортизаторов периодически осматривают и своевременно подтягивайте их крепление, а также проверяют состояние резиновых втулок в ушках.

Амортизаторы во время эксплуатации специальных регулировок не требуют» [15].

«Разборку амортизаторов производите только в следующих случаях:

- возникновения не устранимой течи жидкости,
- потери усилий амортизатора при растяжении или сжатии,
- замены жидкости» [16].

«Без особой надобности разбирать амортизаторы не следует.

Прежде чем разбирать, амортизатор очищают его от грязи, тщательно промывают и протирают. Операции разборки и последующей сборки

выполняют в условиях, обеспечивающих полную чистоту» [15].

Для обеспечения выполнения установленного перечня (объема) работ ТО на данном посту при нормативной затрате рабочего времени и расчетной продолжительности простоя автомобиля на посту используются операционно-технологические карты. Они составляются на основании перечня операции ТО, трудоемкостей отдельных операций для конкретной модели автомобиля согласно второй части, которая является приложением. Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [16].

«Технологический процесс технического обслуживания представляет собой совокупность операций по соответствующим воздействиям, которые выполняются в определенной последовательности с помощью различного инструмента, приспособлений и других средств механизации с соблюдением технических требований (технических условий).

Технологический процесс технического обслуживания оформляется в виде операционно-технологической или постовой технологической карты.

Операционно-технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания или отдельных видов работ по этим воздействиям по агрегату, системе автомобиля.

Постовая технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания по агрегатам, системам, которые выполняются на одном из постов технического обслуживания.

В соответствии с требованиями операционно-технологическая и постовая технологическая карты выполняются по форме 1,1а, 2 и 2а МУ-200 РСФСР-12-0139-81» [17].

«Любая технологическая карта является руководящей инструкцией для каждого исполнителя, кроме того, служит документом для технического контроля выполнения технического обслуживания.

Технологические карты составляются на:

- определенный вид работ технического обслуживания;

- специализированный пост зоны технического обслуживания (постовая карта);
- специализированное переходящее звено рабочих при методе универсальных постов;
- операцию технического обслуживания;
- операции, выполняемые одним или несколькими рабочими (карта на рабочее место)» [17].

«В процессе эксплуатации автомобиля происходит изнашивание элементов подвески, изменяются величины зазоров и натягов. В результате снижаются: управляемость, устойчивость, безопасность движения и надежность автомобиля в целом. Для своевременного обнаружения неисправностей и восстановления работоспособности подвески автомобиля, необходимо регулярно производить работы по техническому обслуживанию и ремонту» [17].

Выводы по разделу.

В данном разделе рассмотрен вопрос диагностики, технического обслуживания и ремонта подвески автомобиля. В заключение разработана операционно-технологическая карта на технологическую операцию по установке дополнительной рессоры и для удобства демонстрации карты она представлена на графическом листе А1.

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

### **4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики на технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля**

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы.

За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются:

- рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений,
- рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии,
- рациональная организация рабочих мест,
- изоляция производственного процесса,

- улучшение технологии производства,
- механизация,
- автоматизация,
- защита персонала,
- организационно-массовые мероприятия» [27].

«Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются» [27].

«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» [27].

В таблице 1 представлен паспорт безопасности на технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля.

Таблица 1 – Паспорт безопасности на техническое обслуживание подвески автомобиля

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию	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
Технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля	1 Установка автомобиля на пост. 2 Проведение обслуживания элементов	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Подъемник, стенд для регулировки углов установки колес. Ключи по размеру крепежных элементов: – рожковые,	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь.

Продолжение таблицы 1

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию	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
	подвески (проверка состояния рулевых тяг, гофр, отбойников, рычагов, затяжку стремянок, резинометаллических шарниров подвески, верхних креплений амортизаторов, , регулировка углов установки колес). 3 Снятие автомобиля с поста		– накидные, – с трещоткой. Динамометрический ключ. Отвертки по размеру крепежных элементов: – плоские, – крестообразные. Манометр	

## 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» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при техническом обслуживании подвески автомобиля представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Установка автомобиля на пост.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты автомобиля
2 Проведение обслуживания элементов подвески (проверка состояния	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Подъемник

## Продолжение таблицы 2

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
рулевых тяг, гофр, отбойников, рычагов, затяжку стремянок, резинометаллических шарниров подвески, верхних креплений амортизаторов, опор амортизаторов, регулировка углов установки колес). 3 Снятие автомобиля с поста	Повышенный уровень шума	Подъемник, автомобили на участке ремонта
	«Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта» [27].
	«Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, подъемник
	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 техническом обслуживании подвески» [31].
	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 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [27].

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.

Основные мероприятия по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков:

- 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» [27];
- 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) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) 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;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) 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;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) 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» [27].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 3.

Таблица 3 – 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» [27].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)

Продолжение таблицы 3

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <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» [27].</li> </ul>	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)</p>
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> <li>– «уменьшение величины шума на пути его распространения;</li> <li>– снижение шума в источнике;</li> <li>– проведение лечебно-профилактических мероприятий;</li> <li>– организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин,</li> <li>– оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;</li> <li>– контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин;</li> <li>– введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях);</li> <li>– архитектурно-планировочные меры</li> <li>– уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений;</li> <li>– формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест,</li> <li>– акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов» [31].</li> </ul>	<p>Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход;</p> <p>противошумные шлема и каски;</p> <p>противошумные костюмы</p>
«Возможность поражения электрическим током	<p>К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изоляция токопроводящих элементов (рабочая, двойная, усиленная);</li> <li>– зануление;</li> <li>– заземление;</li> <li>– защитное отключение.</li> </ul> <p>К организационным мерам защиты от</p>	<p>Диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики, предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы</p>

Продолжение таблицы 3

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<p>действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени работы;</li> <li>– ответственных лиц, мер безопасности;</li> <li>– обучение персонала и оформление допуска;</li> </ul> <p>надзор над проведением работ. Технические средства защиты от действия электрического тока:</p> <p>а) изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики);</p> <p>б) предохранительные - специальные средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность во время проведения электромонтажных работ в особо сложных условиях: на высоте, при световом, тепловом и механическом воздействии электрической дуги (предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы;</p> <p>в) ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты) » [32].</p>	<p>из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего. Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра» [27].</p>	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям Руководства</p>	–

### Продолжение таблицы 3

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<p>Р2.2.2006-05. В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и так далее современным требованиям эргономики, антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека» [27].</p>	
<p>Монотонность труда, вызывающая монотонию</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– «расширение круга обязанностей;</li> <li>– усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника;</li> <li>– руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда;</li> <li>обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение. Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета» [27].</li> </ul>	<p>–</p>

#### 4.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и

сооружений СНИП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категорируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники,
- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей

ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

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 техническом обслуживании подвески автомобиля представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при техническом обслуживании подвески автомобиля

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
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» [29].
«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» [29].
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
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» [29].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [32].

#### 4.5 Экологическая безопасность технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М1

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса ТО-1 подвески автомобиля категории М<sub>1</sub> представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация экологических факторов при техническом обслуживании подвески автомобиля

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Технологический процесс ТО-1 подвески автомобиля категории М <sub>1</sub>	Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [31].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия при ТО-1 подвески автомобиля представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия при техническом обслуживании подвески автомобиля

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса технического обслуживания подвески автомобиля на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
«Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ» [27].	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются

Выводы по разделу.

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс технического обслуживания подвески автомобиля (таблица 1);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технического обслуживания подвески автомобиля (таблица 2) и определены пути их снижения (таблица 3);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе технического обслуживания подвески автомобиля (таблицы 4, 5);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса технического обслуживания подвески автомобиля (таблица 6).

## 5 Расчёт технико-экономических показателей при изготовлении усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер»

Определим затраты на разработку усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер» для участия в соревнованиях офф-роуд категории «Джип триал» по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (39)$$

где  $C_{\text{к.д}}$  – «стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$  – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{сб.п}}$  – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{п.д}}$  – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{о.н}}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [23].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (40)$$

где  $Q_{\text{к}}$  – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [23].

В таблице 7 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 7 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Балки	Ст5сп1	20	19,5	110	2200

Продолжение таблицы 7

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
	ГОСТ 535-2005 Двугавр ГОСТ 8239-89				
Итого:	–	–	–	–	2200

Тогда по формуле (40) стоимость корпусных деталей:

$$C_{к.д} = 20 \cdot 110 = 2200 \text{ руб.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_M, \quad (41)$$

где  $C_{прн}$  – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

$C_M$  – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [25].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (42)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, для изготовления усиленной подвески понадобятся: буфер отбоя – 6 шт.; чашка – 2 шт.; буфер сжатия – 4 шт.; рессора – 44 шт.; направляющая шайба – 12 шт.; пружина – 2 шт.; нижняя ось – 4 шт.; верхняя ось – 4 шт.; втулка – 4 шт.; уплотнитель – 2 шт.) чел.-ч.;

$$t = 6 \cdot t_{\delta.o} + 2 \cdot t_{\text{чаш}} + 4 \cdot t_{\delta.c} + 44 \cdot t_{\text{рес}} + 12 \cdot t_{\text{шайб}} + 2 \cdot t_{\text{нр}} + 4 \cdot t_{\text{ось}} + 4 \cdot t_{\text{ось}} + 4 \cdot t_{\text{ст}} + 2 \cdot t_{\text{ул}},$$

$$t = 6 \cdot 0,35 + 2 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,4 + 44 \cdot 0,25 + 12 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 = 23,1 \text{ чел. - ч.}$$

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

$k_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [23].

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.

Таблица 8 – Средняя трудоёмкость на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Трудоёмкость изготовления одной единицы, чел.·ч.	Суммарная трудоёмкость, чел. ч.
Буфер отбоя	Резина ГОСТ 7338-90	6	0,50	0,35	2,10
Чашка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	2	2,0	0,40	0,80
Буфер сжатия	Резина ГОСТ 7338-90	4	0,50	0,40	1,60
Рессора	Сталь 65Г ГОСТ 1050-88	44	50,0	0,25	11,0
Направляющая шайба	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	12	0,75	0,20	2,40

Продолжение таблицы 8

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Трудоемкость изготовления одной единицы, чел. · ч.	Суммарная трудоёмкость, чел. ч.
Пружина	Сталь 65Г ГОСТ 1050-88	2	6,0	0,50	1,0
Нижняя ось	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	4	1,0	0,45	1,80
Верхняя ось	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	4	1,0	0,25	1,0
Втулка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	4	0,75	0,25	1,0
Уплотнитель	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	0,20	0,40
Итого:	–	–	–	–	23,10

Из формулы (42) получим:

$$C_{\text{пр}} = 23,1 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 2939,86 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{д}} = (5...12) \cdot C_{\text{пр}} / 100, \quad (43)$$

Подставив числовые значения в формулу (43), получим:

$$C_{\text{д}} = 10 \cdot 2939,86 / 100 = 293,98 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (44)$$

Подставив числовые значения в формулу (44), получим:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (2939,86 + 293,98) / 100 = 970,15 \text{ р.},$$

$$C_{\text{сипр}} = 2939,86 + 293,98 + 970,15 = 4203,99 \text{ р.}$$

В таблице 9 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 9 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	2939,86
Дополнительная заработная плата	293,98
Начисления на заработную плату	970,15
Итого:	4203,99

Вывод: как видно из таблицы 9 заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 4203,99 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (45)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [23].

Таблица 10 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Буфер отбоя	Резина ГОСТ 7338-90	6	1,50	75,0	112,50
Чашка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	2	2,0	110,0	220,0
Буфер сжатия	Резина ГОСТ 7338-90	4,0	1,0	75,0	75,0
Рессора	Сталь 65Г ГОСТ 1050-88	44	50,0	155,0	7750,0
Направляющая шайба	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	12	0,75	110,0	82,50

Продолжение таблицы 10

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Пружина	Сталь 65 ГОСТ 1050-88	2	6,0	155,0	930,0
Нижняя ось	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	4	1,0	155,0	155,0
Верхняя ось	Сталь 45	4	1,0	155,0	155,0
Втулка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	4	0,75	110,0	82,50
Уплотнитель	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	75,0	37,50
Итого:	—	—	—	—	9600,0

Подставив числовые значения в формулу (45), получим:

$$C_M = 75 \cdot 15 + 110 \cdot 2 + 75 \cdot 1 + 155 \cdot 50 + 110 \cdot 0,75 + 155 \cdot 6 + 155 \cdot 1 + 155 \cdot 1 + 110 \cdot 0,75 + 75 \cdot 0,50 = 9600 \text{ р.}$$

Тогда затраты на изготовление оригинальных деталей составят (таблица 11):

$$C_{o,d} = 4203,99 + 9600 = 13804 \text{ р.}$$

Таблица 11 – Затраты на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений	4203,99
Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей	9600,0
Итого:	13804

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

$$C_{CB,П} = C_{CB} + C_{д,CB} + C_{соц,CB}, \quad (46)$$

где  $C_{CB}$  – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{д.сб}$  – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{соц.сб}$  – отчисления соцстраху рабочих, р» [23].

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

$$C_{сб.} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (47)$$

где  $T_{сб}$  – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [23].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (48)$$

где  $t_{сб}$  – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

$k_c$  – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [25].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 18,0 чел.-ч.

Подставив числовые значения в формулу (48), получим:

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 18 = 22,5 \text{ чел. - ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 22,55 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 2869,86 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 2869,86 = 286,98 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (2939,86 + 293,98) = 970,15 \text{ р.}$$

Общую заработную плату из формулы (46) получим:

$$C_{сб.п} = 2939,86 + 293,98 + 970,15 = 4203,99 \text{ р.}$$

Таблица 12 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	2939,86
Дополнительная заработная плата	293,98
Отчисления соцстраху	970,15
Итого	4203,99

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = (C'_{IP} \cdot R_{OH}) / 100, \quad (49)$$

где  $C'_{IP}$  – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{OH}$  – процент общепроизводственных накладных расходов, %»

[26].

$$C'_{IP} = (C_{IP} + C_{сб.п}). \quad (50)$$

Подставив числовые значения в формулу (49), получим:

$$C'_{IP} = (183,87 + 128,39) + (1250,52 + 125,05) = 2787,83 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = (2787,83 \cdot 15) / 100 = 418,17 \text{ р.}$$

Для данной усиленной подвески необходимо приобрести покупные детали, изделия, агрегаты (подшипники, гайки, болты, стойки и так далее) представленные в таблице 7 [29].

Таблица 13 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Ступица колеса	4	675,0	2700,0
Элемент заднего моста	2	565,0	1130,0
Элемент переднего моста	2	765,0	1530,0
Амортизатор в сборе	6	1000,0	6000,0
Опора	4	250,0	1000,0
Рычаг в сборе	2	456,0	912,0
Болт	13	20,0	260,0
Гайка	22	10,0	220,0
Шайба	14	5,0	70,0
Итого:			13822,0

$$C_{\text{ид}} = 2700 + 1130 + 1530 + 6000 + 1000 + 912 + 260 + 220 + 70 = 13822 \text{ р.}$$

По формуле (39) находим затраты на изготовление конструкции (таблица 14):

$$C_{\text{кон}} = 2200 + 11435,94 + 1788,24 + 418,17 + 13822 = 29664,35 \text{ р.}$$

Таблица 14 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	2200,0
Затраты на изготовление оригинальных деталей	11435,94
Затраты на сборку	1788,24
Общепроизводственные накладные расходы	418,17
Стоимость покупных изделий (деталей)	13822,0
Итого:	29664,35

Вывод: как видно из таблицы 14 общие затраты на изготовление конструкции равны 29664,35 руб. Стоимость комплекта с установкой на

автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж):  
 $29664,35 \cdot 1,125 = 33372,39$  р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (51)$$

где  $C_{ПР}$  – стоимость прототипа, р. [25];

Подставив числовые значения в формулу (51), получим:

$$\mathcal{E}_Г = 45000 - 33372,39 = 11627,61 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = C_{КОН} / \mathcal{E}_Г. \quad (52)$$

Подставив числовые значения в формулу (52), получим:

$$O_{ОК} = 33372,39 / 11627,61 = 2,95 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}. \quad (53)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 11627,61 - 0,15 \cdot 33372,39 = 6621,75 \text{ р.}$$

В таблице 15 представлены показатели по модернизации подвески.

Таблица 15 – Показатели по модернизации подвески

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	45000,0	33372,39
Трудоёмкость при изготовлении конструкции	чел. · ч.	47,60	45,60
Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	р.	-	11627,61
Экономический эффект	р.	-	6621,75
Срок окупаемости	год	-	2,95

Выводы по разделу.

Подводя итоги раздела, посвященного оценки экономической эффективности от внедрения разработки, можно сделать вывод, что годовая экономия, достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт снижения стоимости, составляет 11627,61 р., а срок окупаемости равен 2,95 года, что является допустимым для данной конструкции усиленной подвески.

## Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Разработка усиленной подвески полноприводного автомобиля УАЗ «Хантер» для участия в соревнованиях офф-роуд категории «Джип триал» была обоснована тема дипломного проекта, выявлены особенности работы задней подвески автомобиля, поставлены цели и задачи.

В качестве разработки предложено усилить существующую переднюю и заднюю подвеску автомобиля дополнительным блоком рессор (подрессорника), что делает подвеску прогрессивной и повышает грузоподъемность автомобиля.

Разработана технологическая карта на техническое обслуживание подвески.

Были рассмотрены мероприятия по обеспечению производственной и экологической безопасности, определены профессиональные риски, разработаны мероприятия по снижению их.

Проведен расчет технико-экономических показателей разработки усиленной подвески, который показал, что затраты на изготовление конструкции подвески, складываемые из стоимости изготовления корпусных деталей, стоимости оригинальных деталей, стоимости покупных изделий, общей заработной платы на сборку и общепроизводственных накладных расходов за комплект составят 33372,39 руб.

Годовой экономический эффект по разработке составит 6621,75 руб.

Срок окупаемости разработанного проекта равен 2,95 года.

Экономия от внедрения конструкции составляет за год 11627,61 руб., которая получается за счёт снижения стоимости внедряемой конструкции, и за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости.

Всё это говорит о целесообразности применения данной 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, 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. Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

16. 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.

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

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

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

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

21. 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.

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

23. 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.
24. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
25. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
26. 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.
27. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
28. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
29. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
30. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк., 2010. - 366, [2] с.
31. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
32. 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.
33. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
34. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
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**

Формат Зона		Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>						
A4			21.ДП.ПЭА.163.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
A1			21.ДП.ПЭА.163.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Заимствованные изделия</i>						
		1		Автомобиль УАЗ-3151	1	
<i>Вновь разработанные изделия</i>						
A1		2	21.ДП.ПЭА.163.61.02.000.СБ	Подвеска передняя	2	
A1		3	21.ДП.ПЭА.163.61.03.000.СБ	Подвеска задняя	2	
<b>21.ДП.ПЭА.137.61.00.000</b>						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Князев				
Пров.		Галиев				
Н.контр.		Галиев				
Утв.		Байоровский				
				Автомобиль категории М <sub>1</sub>		Лит. Лист Листов 1
				ТГУ, ИМ, АТС-16016		1
				Копировал		Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль категории М1

Продолжение Приложения А

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кол.	Примечание	Инв. №	Взам. инв. №	Инв. № д.ф.л.	Подп. и дата	Перв. примен.	Формат	Зачн.	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
													A1						
<i>Документация</i>																			
													A1			21.ДП.ПЭА.163.61.02.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Покупные изделия</i>																			
															1	Рама 469-2800010-11		1	
															2	Передний мост 469Б-2300015-01		1	
															3	Стабилизатор поперечной устойчивости 469Б-2300015-02		1	
															4	Штанга продольная 469Б-2300015-03		1	
															5	Болты ГОСТ 15589-70 М12х1,75-30		2	
															6	М12х1,75-65		6	
															7	М12х1,75-105		2	
															8	М18х2,0-45		2	
															9	Гайки ГОСТ 15526-70 М12х1,75		10	
															10	М18х2,0		2	
															11	Шайбы ГОСТ 6402-70 12.65Г		10	
															12	18.65Г		2	
																<i>Вновь разработанные изделия</i>			
															13	21.ДП.ПЭА.163.61.02.13.000	Газомасляный амортизатор	2	
															14	21.ДП.ПЭА.163.61.02.14.000	Система пружины и буферов	1	
<b>21.ДП.ПЭА.163.61.03.000</b>																			
<b>Подвеска передняя</b>																			
Копировал <span style="float: right;">Формат А4</span>																			

Рисунок А.2 – Спецификация на переднюю подвеску автомобиля



Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			21.ДП.ПЭА.163.61.03.000.СБ	Сборочный чертёж	1		
<i>Сборочные единицы</i>							
Справ. №		1	21.ДП.ПЭА.163.61.03.01.000	Рама	1		
		2	21.ДП.ПЭА.163.61.03.02.000	Кронштейн передней рессоры	1		
		3	21.ДП.ПЭА.163.61.03.03.000	Комплект рессор	1		
		4	21.ДП.ПЭА.163.61.03.04.000	Кронштейн задней рессоры	1		
		5	21.ДП.ПЭА.163.61.03.05.000	Газомасляный амортизатор	1		
		6	21.ДП.ПЭА.163.61.03.06.000	Кронштейн передний	1		
		7	21.ДП.ПЭА.163.61.03.07.000	Кронштейн задний	1		
<i>Детали</i>							
Подл. и дата	A3	8	21.ДП.ПЭА.163.61.03.008	Лист №1	1		
		9	21.ДП.ПЭА.163.61.03.009	Лист №2	1		
		10	21.ДП.ПЭА.163.61.03.010	Лист №3	1		
Инв. № д.д.		11	21.ДП.ПЭА.163.61.03.011	Лист №4	1		
		12	21.ДП.ПЭА.163.61.03.012	Лист №5	1		
		13	21.ДП.ПЭА.163.61.03.013	Лист №6	1		
Взам. инв. №		14	21.ДП.ПЭА.163.61.03.014	Накладка	1		
		15	21.ДП.ПЭА.163.61.03.015	Проставка	1		
		16	21.ДП.ПЭА.163.61.03.016	Стремянка	2		
		17	21.ДП.ПЭА.163.61.03.017	Крышка	1		
21.ДП.ПЭА.163.61.03.000							
Инв. № подл.	Разраб.	Князев			Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Галиев					
	Н.контр.	Галиев			ТГУ, ИМ, гр. АТС-1601В		
	Утв.	Бабровский					
Изм. Лист № докум. Подп. Дата				Подвеска задняя			
				Копировал		Формат А4	

Рисунок А.4 – Спецификация на заднюю подвеску автомобиля

