

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Колесных и гусеничных машин»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ 2020 г.
«__»_____

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., профессор

_____ В.Н. Бондарь
«__»_____ 2020 г.

Модернизация подвески переднеприводного легкового автомобиля с целью
улучшения его безопасности

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 23.05.01.2020.077.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

По экономической части

старший преподаватель

_____ С. Ю. Лелекова
«__»_____ 2020 г.

По БЖД

к.т.н., доцент

_____ А. В. Кудряшов
«__»_____ 2020 г.

Руководитель работы:

к.т.н., доцент каф. КГМ

_____ В.А. Козьминых
«__»_____ 2020 г.

Автор работы

студент группы П-503

_____ Т.У. Хуснуллин
«__»_____ 2020 г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

_____ В.И. Дуюн
«__»_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Хуснуллин Т. У. Выпускная квалификационная работа на тему: «Модернизация подвески переднеприводного легкового автомобиля с целью улучшения его безопасности». – Челябинск, ЮУрГУ, АТ, 2020 г. –93 с., 20 – таблиц, 32 – ил., библиогр. список – 33 наим., 12 листов формата А1

В выпускной квалификационной работе было сделано следующее: выявлены конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на устойчивость, управляемость и плавность хода (активная безопасность автомобиля); выявлены способы повышения активной безопасности автомобиля; проведён обзор существующих конструкций подвесок легковых автомобилей; предложен свой вариант подвески (данная разработка позволяет изменять жёсткость подвески); произведены основные прочностные расчёты элементов конструкции модернизированной подвески.

В работе освещены вопросы экономических затрат на внедрение конструкторских разработок, а также требования безопасности жизнедеятельности (БЖД) при эксплуатации и обслуживании подвески.

					23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>Модернизация подвески переднеприводного легкового автомобиля с целью улучшения его безопасности</i>	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Хуснуллин Т.					3	93
Провер.		Козьминых В.				ЮУрГУ Кафедра «КГМ»		
Н. Контр.		Дуюн В.И.						
Утверд.		Бондарь В.Н.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА.....	6
1.1 Анализ эксплуатационных свойств автомобиля ВАЗ-2170.....	6
1.2 Влияние подвески автомобиля на безопасность.....	7
1.3 Влияние различных факторов на плавность хода автомобиля.....	9
1.4 Способы повышения плавности хода.....	13
1.5 Значение подвески в устойчивости автомобиля.....	14
1.6 Значение подвески в управляемости автомобиля.....	19
2 ВЫБОР И РАСЧЁТ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ПОДВЕСКИ.....	24
2.1 Разработка конструкции подвески легкового автомобиля.....	24
2.1.1 Исходная информация для дальнейших исследований.....	24
2.1.2 Обзор конструкций подвесок легковых автомобилей.....	25
2.1.3 Обоснование разработки подвески автомобиля.....	31
2.1.4 Разработка структурной схемы устройства, меняющего плавность хода автомобиля.....	38
2.2 Конструкторские расчёты разрабатываемой подвески.....	43
2.2.1 Расчёт упругого элемента передней и задней подвески.....	43
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	52
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	59
4.1 Построение графика Ганнта.....	59
4.2 Расчет стоимости работы.....	59
4.3 Расчет себестоимости изделия.....	61
4.5 Оценка коммерческой состоятельности ВКР.....	63
4.5.1 Простая норма прибыли (ПНП).....	63
4.5.2 Срок окупаемости.....	64
4.5.3 Точка безубыточности.....	65
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	68
5.1 Введение.....	68
5.2 Нормирование опасных и вредных производственных факторов.....	70
5.2.1 Микроклимат производственных помещений.....	70
5.2.2 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.....	72
5.2.3 Требования к производственному освещению.....	74
5.2.3.1 Общие положения.....	74
5.2.3.2 Искусственное освещение.....	74
5.2.4 Уровень шума в производственных помещениях.....	76
5.2.5 Правила устройства электропроводки в производственных помещениях.....	78
5.2.6 Правила пожарной безопасности в производственных помещениях.....	78
5.2.7 Общие требования охраны труда.....	82
5.2.8 Требования охраны труда перед началом работы.....	83

ВВЕДЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на тему: «Модернизация подвески переднеприводного легкового автомобиля с целью улучшения его безопасности».

Подвеска является одним из основных элементов автомобиля. Это промежуточное звено между кузовом и дорогой. Поэтому подвеска автомобиля должна быть комфортабельной, долговечной, прочной, легкой, безопасной, шумоизолированной, информативной, а также должна обеспечивать кинематику перемещения колеса и обеспечивать передачу горизонтальных (разгон-торможение) и вертикальных нагрузок (обеспечение плавности хода).

Подвеска автомобиля влияет, с точки зрения безопасности, на устойчивость, управляемость и плавность хода.

Устойчивость – это способность автомобиля сохранять движение по заданной траектории, противодействуя силам, вызывающих его занос и опрокидывание в различных дорожных условиях при высоких скоростях.

Управляемость – способность автомобиля двигаться в направлении, заданном водителем.

Плавность хода – способность автомобиля двигаться на высоких скоростях по разным дорогам с наименьшими колебаниями, вибрациями, раскачиваниями и сотрясениями самого автомобиля, а также перевозимых пассажиров и грузов.

От плавности хода автомобиля существенно зависит возможная скорость его движения. Кроме того, она определяет величину динамических (двигательных) воздействий на механизмы, которые могут повлиять на срок их службы. Чем выше плавность хода, тем, естественно, меньше степень воздействия колебательных движений автомобиля на его отдельные системы и на водителя.

Известно, что «жесткость» автомобиля может вызвать нарушения физиологических функций в человеческом организме и при длительной езде стать причиной общей усталости, головокружения, шума в ушах, тошноты, снижающих работоспособность водителя и, таким образом, безопасность движения.

В связи с этим делаем вывод – подвеска автомобиля и её основные характеристики напрямую связаны с безопасностью человека [1].

Именно поэтому цель выпускной квалификационной работы – модернизация подвески автомобиля ВАЗ-2170 путём разработки передней и задней подвески с регулируемой жесткостью. Это обусловлено значительным повышением плавности хода, высокой комфортабельностью, а также более высокой степенью безопасности.

Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выбрать объект последующей модернизации;
- 2) выявить основные требования, предъявляемые к подвеске автомобиля;
- 3) выявить конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на плавность хода автомобиля;

1 ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Анализ эксплуатационных свойств автомобиля ВАЗ-2170

К свойствам автомобиля, которые определяют удобство и эффективность его использования относятся управляемость, эксплуатационная технологичность, вместимость, топливная экономичность, динамичность, долговечность, надежность и проходимость.

Вместимость легкового автомобиля определяется его способностью перевозить определенное число пассажиров.

Динамичность автомобиля – это возможность и способность автомобиля осуществлять перевозку пассажиров и грузов с максимально возможной средней скоростью, в заданных дорожных условиях.

Топливная экономичность определяется тем, насколько способен автомобиль перевозить грузы и пассажиров на каждый километр при минимальном расходе топлива.

Проходимость – это качество автомобиля работать в дорожных условиях, которые характеризуются как трудные.

Устойчивость – характеризуется свойствами автомобиля противостоять заносу и опрокидыванию и сохранять направление движения (курсовую устойчивость).

Управляемость – свойство и способность автомобиля, без труда менять и направление движения во время поворота рулевого колеса и сохранять данное направление. Определяя по степени приближения фактической траектории движения автомобиля к желаемой, можно оценить устойчивость качественно.

Надежность – определяется свойством осуществлять грузоперевозки и перевозку пассажиров, при этом сохранять свои эксплуатационные показатели (экономичность, рентабельность и производительность) в пределах, которые соответствуют заданным режимам и условиям эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения. Надежность определяется тем насколько части автомобиля безотказны, пригодны ремонту, долговечны и сохраняют работоспособное состояние.

Долговечность – сохранение работоспособности до наступления предельного состояния при установленном систематически техническом обслуживании и ремонте.

Предельное состояние – это состояние при котором должна быть прекращена дальнейшая эксплуатация автомобиля называется предельным. Показатель долговечности – это ресурс автомобиля (средний срок службы) т.е. его продолжительность работы от начала эксплуатации или капитального ремонта до достижения предельного состояния.

Эксплуатационная технологичность – это пригодность к техническому обслуживанию и текущему ремонту. Трудоемкость и периодичность технологического обслуживания и текущего ремонта автомобиля является

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				6

показателем свойства эксплуатационной технологичности. Эксплуатационные свойства автомобиля зависят от конструкции автомобиля и его агрегатов, условий эксплуатации, качества топлива и смазочных материалов, технического состояния автомобиля и мастерства вождения [2].

1.2 Влияние подвески автомобиля на безопасность

Система подвески – это механизм, соединяющий колеса автомобиля с рамой его кузова. Система подвески равномерно передает усилия (вес) от автомобиля к поверхности дороги и изолирует автомобиль от воздействий, исходящих от поверхности дороги, тем самым повышая комфортность и управляемость автомобиля.

Системы подвески могут быть грубо разделены на две подгруппы – зависимого и независимого типа. Эти термины характеризуют способность противостоящих колес двигаться независимо друг от друга. Колеса соединяются с кузовом автомобиля посредством шарнирной системы, которая позволяет колесам двигаться вверх и вниз самостоятельно, не влияя на противостоящее колесо. Это обеспечивает большую стабильность, а также устойчивость на дороге и комфортность езды.

В системе, зависимого типа, которую также называют системой с жесткой осью, колеса одноименной оси соединены цельной штангой. Если при такой конфигурации угол развала одного из колес изменяется, то угол развала противостоящего колеса изменяется на ту же величину, но в противоположном направлении [2].

Основные преимущества и недостатки зависимой подвески:

- + относительная дешевизна;
- + высокая долговечность;
- низкая управляемость;
- низкая устойчивость на дороге.

Основные преимущества и недостатки независимой подвески:

- + высокая устойчивость на дороге;
- + комфортность езды;
- высокая стоимость;
- сложность конфигурации.

Большой интерес у владельцев автомобилей вызывает наличие пассивно подруливающей задней подвески. Такая подвеска способствует безопасному прохождению поворотов. Но ведь поворотными являются только передние колеса. Как же задние колеса участвуют в повороте?

Рассмотрим поведение автомобиля во время поворота. Поворачиваемость – это способность автомобиля следовать по заданной траектории. Существует три вида такой способности к поворотам: нейтральная, недостаточная и избыточная.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

Нейтральная поворачиваемость характеризуется тем, что траектория движения автомобиля полностью зависит от поворота руля. При этом не происходит заносов во внутрь или наружу поворота ни передней, ни задней части автомобиля. Траектория движения передних и задних колес полностью определяется степенью поворота рулевого колеса.

При недостаточной поворачиваемости траектория задних и передних колес во многом определяется реальным радиусом поворота и скоростью движения автомобиля в момент прохождения поворота. Причем радиус поворота обычно получается больше, чем задает водитель рулевым колесом.

Избыточная поворачиваемость также определяется траекторией движения колес, которая зависит от скорости движения и степени поворота руля, но при этом радиус поворота оказывается меньше, чем задавал водитель при помощи руля. Неуправляемость колес приводит к излишней или недостаточной управляемости. Обычно причиной неуправляемости может быть потеря сцепления колес с дорогой или деформация профиля шин – шинная поворачиваемость [3].

При установке на авто пассивно подруливающей подвески возникает подруливающий эффект, который работает в нужную сторону и обеспечивает нейтральную поворачиваемость. Данный эффект возникает благодаря способности колес поворачиваться вокруг своей вертикальной оси. При этом никаких действий на дополнительные механизмы со стороны водителя не требуются.

Современные конструкторы способны выполнять такие конструкции подвесок, которые обеспечивают любую управляемость, необходимую в данный момент.

Можно сказать, что пассивно подруливающая подвеска – это разновидность задних подвесок автомобилей, в которых отклонение колес происходит на небольшой угол и только в случае большого крена автомобиля в момент прохождения поворота на высокой скорости. В обычном городском режиме движения, когда все повороты осуществляются на небольшой скорости, подруливающая подвеска обеспечивает нейтральную поворачиваемость.

Сегодня пассивно подруливающие подвески можно увидеть не только на современных марках зарубежных производителей. Наличие пассивного подруливания можно заметить на легковых автомобилях и грузовиках с рессорами. Например, во время поворота в грузовом автомобиле образуется крен кузова, что вызывает поворот на несколько градусов сплошного заднего моста. При этом происходит эффект подруливания, который зависит от формы и деформации рессор, а также от режима движения. Если рессора имеет вогнутую форму, то передняя точка остается неподвижной, а задняя как бы подвешивается на маятнике.

Наличие избыточной управляемости нельзя считать удобным для водителя. Только на первый взгляд кажется, что чем меньше крутишь руль в повороте, тем удобней. На самом деле это провоцирует образование заносов. Высокая скорость

увеличивает крен автомобиля, что и способствует уменьшению радиуса поворота и повышению угла поворачиваемости колес. Неопытному водителю порой сложно справиться с такой ситуацией, хотя избыточная поворачиваемость приветствуется у спортсменов-автолюбителей.

Задние подвески, которые обеспечивают нейтральную поворачиваемость, прекрасно борются с заносами. Правильный выбор скорости и образовавшийся при этом крен автомобиля не повлекут за собой изменения движения. Машина будет двигаться по заданной траектории.

Для обеспечения безопасности оптимальным решением являются конструкции, которые характеризуются недостаточной поворачиваемостью. При этом во время поворота на большой скорости задние колеса поворачиваются в ту же сторону, что и передние. При этом устойчивость и управляемость автомобиля становятся больше.

Основными факторами, влияющими на плавность хода, являются конструкция подвески и ее техническое состояние. Чем «мягче» подвеска, тем плавнее ход автомобиля. Плавность хода и реальное повышение скорости движения находятся в прямой зависимости от энергоемкости подвески и ее способности обеспечить устойчивость автомобиля. Неслучайно конструкции подвески придается особое значение в процессе дальнейшего совершенствования автомобилей.

При плохом состоянии ходовой части автомобиля и шин в значительной мере утрачивается плавность хода. Так, например, при заправке амортизатора маслом большей вязкости, застывании масла или его утечки, повышается сопротивление амортизатора, вследствие чего автомобиль, проезжая неровности, испытывает резкие толчки и, минуя их, продолжает качаться из-за потери способности амортизатора гасить колебания. Нарушение плавности хода, а вследствие этого заметное ухудшение устойчивости и управляемости автомобилем могут привести к снижению безопасности автомобиля, это может произойти в результате того, что колеса начинают сильно подпрыгивать и могут отрываться от дороги из-за ее неровностей [4].

1.3 Влияние различных факторов на плавность хода автомобиля

На плавность хода автомобиля очень большое влияние оказывают следующие факторы: состояние подвески техническое состояние, шины, масса груза, который перевозится, а также неровности дороги. Лучшая плавность хода обеспечивается независимой подвеской колес больше, чем зависимой. Отличием независимой подвески (рисунок 1.3, б) от зависимой (рисунок 1.3, а) является то, что перемещение одного колеса автомобиля не приводит к перемещению другого колеса, т.к. они не имеют между собой связи. К тому же, статический прогиб полученный от использования независимой подвески управляемых колес приблизительно равен статическому прогибу задней зависимой подвески. Поэтому, когда автомобиль наезжает на препятствие перемещение элементов его кузова происходит практически параллельно друг к другу. Применение

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР	9

независимой подвески для задних ведущих колес значительно улучшает плавность хода автомобиля, но является более дорогостоящей из-за усложнения привода ведущих колес [5].

Листовые рессоры, пружины, пневматические баллоны и торсионы применяют в качестве упругого устройства в подвесках автомобилей (рисунок 1.2).

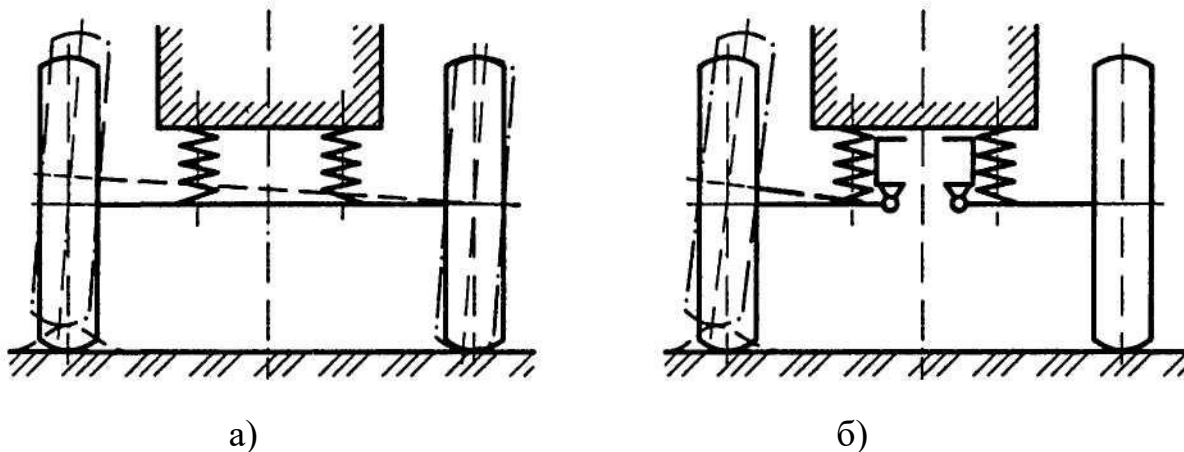
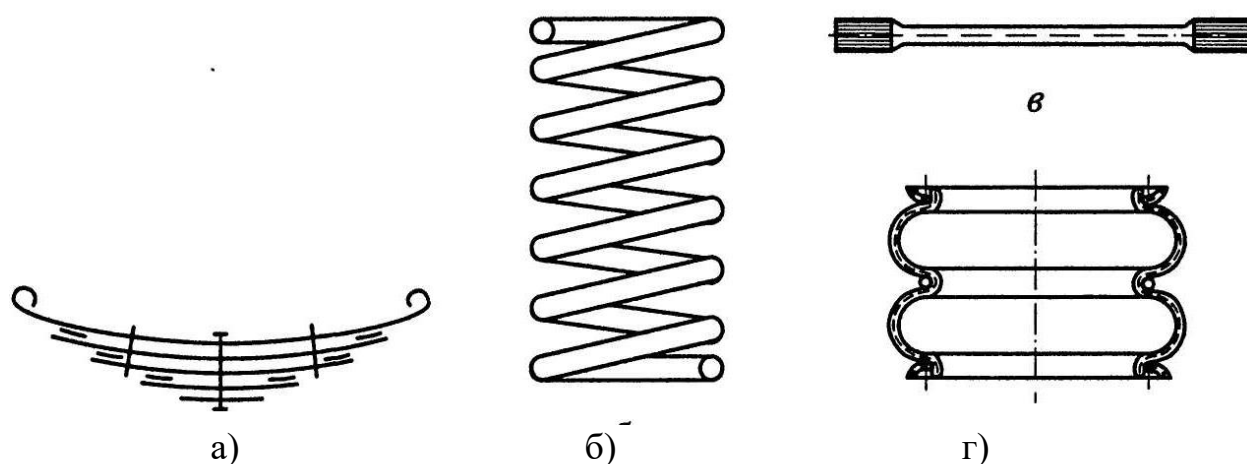


Рисунок 1.1 – Схемы зависимой (а) и независимой (б) подвесок колес автомобиля

Торсионы и пружины по сравнению с листовыми рессорами имеют меньшую массу. Они более удобны для обслуживания при эксплуатации, просты по конструкции, а также не обладают сухим трением, вследствие чего более долговечны. По этой причине в передних независимых подвесках легковых автомобилей, для обеспечения лучшей плавности хода, используют пружины и торсионы, а не рессоры.

Из-за того, что пневматические баллоны обладают возможностью регулирования высоты положения груза и жесткости подвески (в широких пределах) они обеспечивают высокую плавность хода. Но предпочтительно применение пневматических подвесок на автобусах, так как при массовой перевозке пассажиров нагрузка на них значительно изменяется.



а – рессора; б – пружина; в – торсион; г – пневматический баллон

Рисунок 1.2 – Упругие устройства подвески

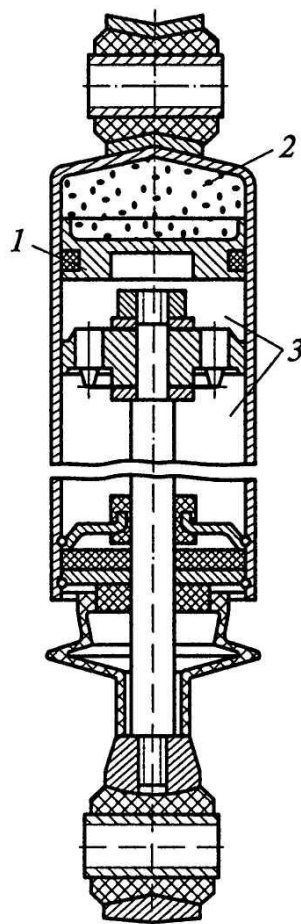
Неподдресоренные массы. Влияние на плавность хода автомобиля также оказывает вес неподдресоренных масс автомобиля (мостов, колес). Например, сила ударов и толчков, которые могут передаваться от неровностей дороги на несущую систему автомобиля (раму, кузов) ослабевает вследствие меньшего веса неподдресоренных масс, и это приводит к улучшению плавности хода автомобиля. Так, вес неподдресоренных масс автомобиля значительно меньше при независимой подвеске, чем при зависимой.

Гасящее устройство подвески. Гидравлические телескопические амортизаторы низкого и высокого давления используются в качестве гасящего устройства подвески. Лучшую плавность хода обеспечивают амортизаторы высокого давления (газонаполненные, рисунок 1.3). Это происходит из-за более эффективного охлаждения амортизаторной жидкости, меньшим внутренним давлением, отсутствием вспенивания, что улучшает условия работы газонаполненных амортизаторов. Кроме того, наличие плавающего поршня, который разделяет амортизаторную жидкость и газ, имеется возможность устанавливать на автомобиле амортизаторы высокого давления в любом положении (от горизонтального до вертикального). Но газонаполненные амортизаторы более дорогостоящие и имеют большую длину, чем амортизаторы низкого давления [5].

Пневматические шины. Деформации шины подвергаются в меньшей степени нежели подвеска, потому влияние, оказываемое на колебания кузова (низкочастотные) при движении по неровностям дороги, незначительное. Однако, снижение жесткости шин имеет большое влияние на колебания высокой частоты автомобиля путем снижения вертикальных перемещений и ускорения кузова.

Для улучшения плавности хода автомобиля предпочтительно использование более эластичных шин. При снижении давления воздуха и увеличении ширины

профиля шин достигается их более высокая эластичность. К примеру, низкопрофильные, сверхнизкопрофильные и шины низкого давления применяются на легковых автомобилях. Кроме повышения плавности хода при использовании таких шин также повышается устойчивость и безопасность движения автомобиля.



1 – плавающий поршень; 2 – газ; 3 – амортизаторная жидкость

Рисунок 1.3 – Газонаполненный амортизатор

Техническое состояние подвески. Неудовлетворительное техническое состояние подвески приводит к ухудшению плавности хода автомобиля при этом она может быть значительной. Так, сухое трение, которое появляется, если рессоры плохо и недостаточно смазаны, негативно сказывается на кузове, так как увеличивает его частоту колебаний, также оно способно блокировать (выключать) подвеску из-за этого кузов автомобиля будет подвержен влиянию резких ударов и толчков при переезде неровностей дороги. Похожая ситуация и при заправке гидравлических амортизаторов маслом с высокой вязкостью, из-за того, что сопротивление их увеличивается.

Утечка амортизаторной жидкости приводит к ухудшению и отсутствию эффективности гашения колебаний кузова. Происходит долгое раскачивание

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

12

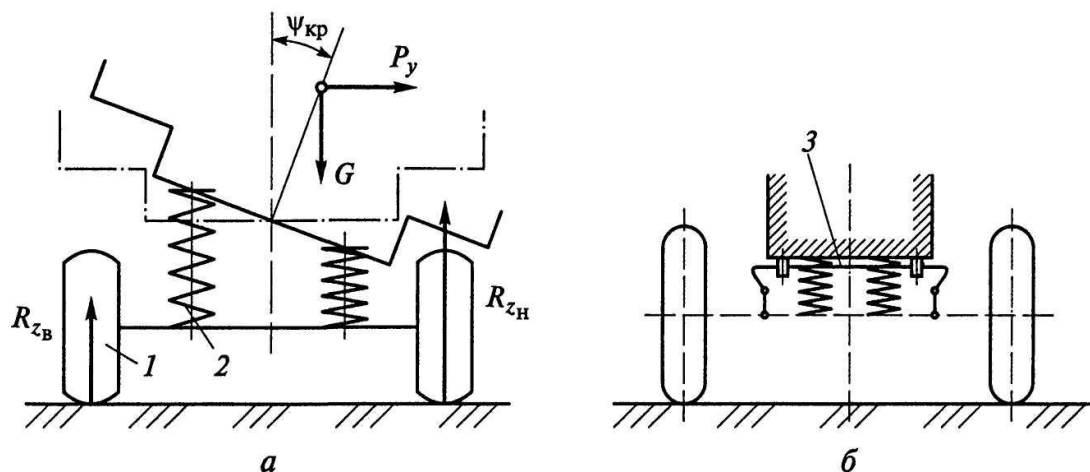
опасным является нарушение поперечной устойчивости автомобиля нежели нарушение продольной устойчивости [6].

Эксплуатационные и конструктивные факторы, которые оказывают влияние на поперечную устойчивость автомобиля, различные. Так, к ним относится следующее: износ шин, неисправность тормозных механизмов, крен кузова автомобиля, расположение груза в кузове, центр тяжести автомобиля и колея колес, повороты и виражи дороги, способ торможения автомобиля, дорожное покрытие и т.д.

Подробнее рассмотрим факторы, которые влияют на поперечную устойчивость автомобиля.

Поперечный крен кузова. При определении показателя поперечной устойчивости автомобиль рассматривался как единое твердое тело, не учитывались эластичность шин и упругость подвески.

На самом деле автомобиль – это система масс, поддресоренных (кузов) и неподдресоренных (мосты, колеса), которая соединяется посредством подвески между собой.



1 – шина; 2 – упругое устройство подвески; 3 – стабилизатор

Рисунок 1.4 – Крен кузова (а) и стабилизатор (б) поперечной устойчивости кузова

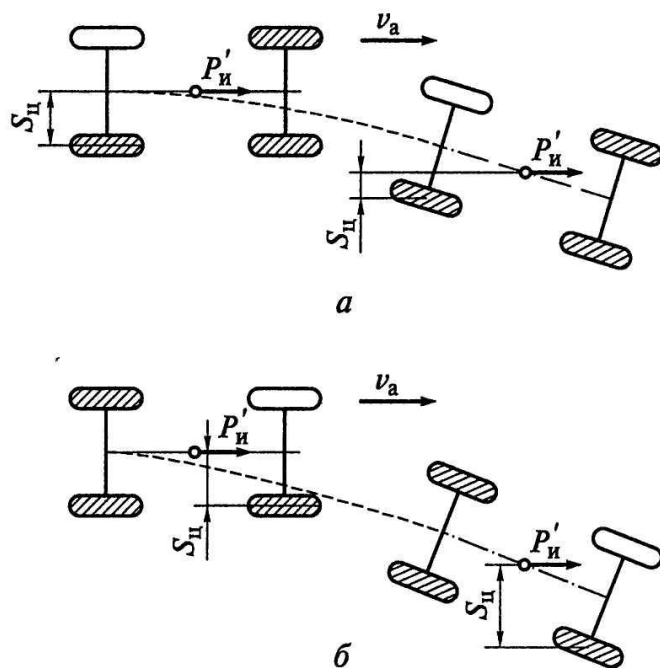
При разгоне, торможении и повороте автомобиля, а также езде по неровностям дороги вследствие действия боковой силы P_y (рисунок 1.4, а) шины 1 и упругие устройства 2 подвески (рессоры, пружины и др.) с одной стороны автомобиля разгружаются, а с другой – нагружаются. В результате кузов автомобиля наклоняется в поперечном направлении. Угол $\psi_{кр}$ крена кузова увеличивается с возрастанием боковой силы P_y . Он может быть уменьшен при увеличении угловой жесткости подвески, что достигается установкой в подвеске стабилизатора 3 (рисунок 1.4, б) поперечной устойчивости, который препятствует крену кузова и уменьшает его поперечные угловые колебания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

15



а – заторможено заднее правое колесо; б – заторможено переднее правое колесо

Рисунок 1.5 – Устойчивость автомобиля при торможении

На стабильное состояние устойчивости автомобиля значительное воздействие оказывает блокировка колес (доведение до юза) при торможении.

Одновременная блокировка всех колес автомашины имеет возможность случиться лишь только на дорогах с подходящим коэффициентом сцепления, который имеет значение 0,40...0,45. На дорогах, которые имеют иные значения коэффициента сцепления, случается блокировка передних или же задних колес.

На дорожной поверхности с низким коэффициентом сцепления происходит блокировка задних колес, что собственно и приводит к потере устойчивости автомобиля.

Тоже самое происходит и при высоком коэффициенте сцепления автомобиля с дорогой, но отличие в том, что первыми блокируются передние колеса. Это также приводит к потере устойчивости автомобиля.

Одними из факторов, влияющих на поперечную устойчивость автомобиля являются высота расположения центра тяжести автомобиля, а также ширина колеи передних и задних колес. Например, опрокидывание автомобиля возможно при воздействии боковой силы, если центр тяжести автомобиля расположен высоко. Вероятность опрокидывания возрастает при отсутствии виражей на поворотах малого радиуса из-за уменьшения критической скорости автомобиля по опрокидыванию.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

17

Способ торможения. Устойчивость автомобиля существенно зависит от способа торможения. Равномерное распределение тормозных сил по колесам при торможении автомобиля двигателем, не отсоединяющимся от трансмиссии и работающим на компрессорном режиме (без подачи горючей смеси в цилиндры) или режиме холостого хода, может обеспечить устойчивость автомобиля против заноса. Дифференциал трансмиссии обеспечивает наиболее равномерное распределение тормозных сил по колесам во время комбинированного торможения автомобиля, то есть совместно двигателем и тормозными механизмами колес, в результате увеличивается поперечная устойчивость автомобиля при этом снижается вероятность его заноса.

Этот способ торможения автомобиля надлежит использовать на дорогах с низким коэффициентом сцепления, например скользких, обледененных и так далее, так как в этом случае происходит увеличение не только устойчивости автомобиля, но и безопасности его движения [6].

1.6 Значение подвески в управляемости автомобиля

Одной из наиболее важных эксплуатационных характеристик автомобиля можно назвать управляемость автомобиля. Она определяет возможность безопасного движения автомобиля на дорогах с интенсивным движением с высокими средними скоростями [7].

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 др.

Установка управляемых колес. Правильная установка управляемых колес с развалом в вертикальной плоскости и со сходимением в горизонтальной, а также регулировка углов развала и схождения колес существенно влияют на управляемость автомобиля. При их отклонении от требуемого положения возрастает сопротивление движению и может произойти изменение соотношения между углами поворота управляемых колес (внутреннего и наружного). В результате затрудняется управление автомобилем. При этом увеличивается износ шин и снижается топливная экономичность автомобиля. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо правильно регулировать углы установки управляемых колес автомобиля.

Стабилизация управляемых колес. Возмущающие силы, действующие на автомобиль при движении, стремятся нарушить нейтральное положение управляемых колес и вывести их из этого положения, отвечающего прямолинейному движению. Для того чтобы не произошел поворот управляемых колес под действием возмущающих сил (толчки от наезда на неровности дороги, порывы ветра и др.), колеса должны обладать соответствующей стабилизацией. При нарушении стабилизации управляемых колес затрудняется управление

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				19

автомобилем, ухудшается безопасность движения, увеличивается износ шин и рулевого управления.

В процессе эксплуатации стабилизация колес ухудшается при увеличении зазоров в подшипниках ступиц управляемых колес и шкворневых соединениях, а также из-за неправильной регулировки рулевого управления. Так, например, чрезмерная затяжка шаровых пальцев продольной рулевой тяги, конических подшипников и рабочей пары рулевого механизма увеличивает сопротивление в рулевом управлении, затрудняет возвращение рулевого колеса в нейтральное положение и усложняет управление автомобилем.

В процессе эксплуатации необходимая стабилизация управляемых колес достигается регулировкой углов наклона шкворней или оси поворота колес в поперечной и продольной плоскостях.

Подвеска и шины. У легковых автомобилей ухудшение управляемости 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.

Блокировка колес при торможении. При торможении автомобиля одновременная блокировка (доведение до юза) передних и задних колес может произойти только на дорогах с определенным оптимальным коэффициентом сцепления $\varphi_{\text{опт}} = 0,4 \dots 0,45$. На дорогах с другими значениями коэффициента сцепления происходит блокировка сначала либо передних, либо задних колес. Так, при торможении на дорогах с коэффициентом сцепления меньше оптимального

($\varphi_x < \varphi_{\text{опт}}$) у автомобиля первыми блокируются передние управляемые колеса. Это может привести к потере управляемости автомобиля. При торможении на дорогах с коэффициентом сцепления больше оптимального ($\varphi_x > \varphi_{\text{опт}}$) у автомобиля первыми доводятся до юза задние ведущие колеса, что может привести к заносу.

Колебания управляемых колес. При движении возникающие колебания управляемых колес вокруг шкворней (осей поворота) в горизонтальной плоскости происходят с высокой и низкой частотами.

Колебания колес с высокой частотой (более 10 Гц) совершаются в пределах упругости рулевого привода и шин. Они поглощаются в рулевом управлении, не передаются на рулевое колесо и не нарушают управляемости автомобиля. Однако колебания высокой частоты вызывают дополнительный износ шин и деталей

рулевого привода, возрастание сопротивления движению и снижение топливной экономичности автомобиля.

Колебания колес с низкой частотой (менее 1 Гц) нарушают управляемость автомобиля и безопасность движения. Для устранения их влияния следует снижать скорость движения автомобиля.

Колебания управляемых колес вокруг шкворней полностью устранить невозможно, их можно только уменьшить. Это достигается различными конструктивными мерами: применением независимой подвески управляемых колес, их балансировкой и др. В результате уменьшается гироскопическая связь между колесами и устраняется их неуравновешенность, вызывающие колебания колес вокруг шкворней.

Усилители рулевого управления. В рулевых управлениях автомобилей применяют гидравлические, пневматические и электрические усилители. Среди них наибольшее распространение получили гидроусилители. Так, 90% всех автомобилей с усилителями рулевого управления оборудованы гидравлическими усилителями.

Гидроусилитель значительно облегчает работу водителя, который при его наличии прикладывает к рулевому колесу в 2...3 раза меньшее усилие, чем без гидроусилителя. Так, например, для поворота автомобиля средней и большой грузоподъемности и автобусов без рулевых усилителей требуется усилие водителя до 400 Н и более. Это очень существенно, так как из всей затрачиваемой водителем энергии на управление автомобилем 50% приходится на рулевое управление. Кроме того, гидроусилитель смягчает толчки и удары от дорожных неровностей, передаваемые от управляемых колес на рулевое колесо. Гидроусилитель также повышает безопасность движения при повреждении шин управляемых колес (прокол, разрыв и т. п.) и маневренность автомобиля.

Маневренность автомобиля возрастает при быстром и точном действии гидроусилителя. Так, время срабатывания гидроусилителей составляет 0,2...2,4 с (у пневмоусилителей оно в 5...10 раз больше). Это приводит к высокой точности при управлении автомобилем в процессе поворота на закруглениях дорог.

Кузов автомобиля. Форма кузова легковых автомобилей оказывает существенное влияние на их управляемость, так как она определяет метацентр автомобиля – точку приложения боковой аэродинамической силы P_6 (силы ветра). У автомобилей метацентр обычно не совпадает с их центром тяжести. Так, у одних автомобилей метацентр расположен перед центром тяжести, а у других – за ним.

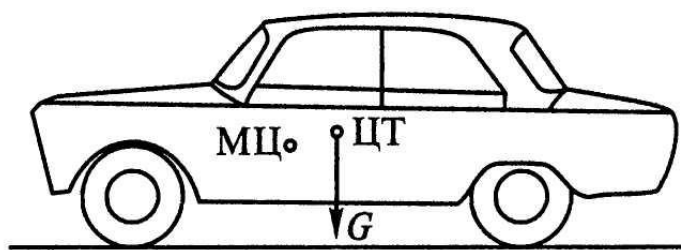
Если метацентр находится перед центром тяжести автомобиля, то при действии бокового ветра двигавшийся прямолинейно автомобиль начнет поворачиваться в направлении действия силы ветра. Это вызовет появление центробежной силы $P_{ц}$ (рисунок 1.7), под влиянием которой увеличится склонность автомобиля к повороту.

Если метацентр находится за центром тяжести автомобиля, то при действии бокового ветра P_6' автомобиль будет стремиться повернуть против ветра.

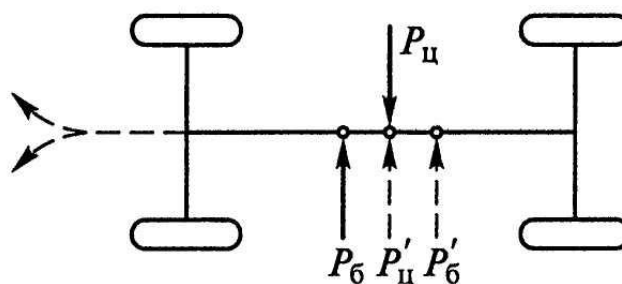
									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР					21

Возникающая при этом центробежная сила $P_{ц}$ будет способствовать уменьшению поворота автомобиля.

Таким образом, для обеспечения лучшей управляемости автомобиля при действии бокового ветра необходимо, чтобы метацентр располагался за центром тяжести автомобиля.



а



б

а – расположение метацентра автомобиля; б – схема сил, действующих при боковом ветре; МЦ – метацентр; ЦТ – центр тяжести

Рисунок 1.7 – Влияние формы кузова на управляемость автомобиля

Это может быть достигнуто соответствующей формой кузова автомобиля, например с пониженным капотом двигателя, высокими задними крыльями и др [7].

Квалификация водителя. Управляемость автомобиля и точность выполнения маневра во многом зависят от квалификации водителя.

Управление автомобилем на повороте представляет собой сложный процесс, состоящий из нескольких фаз: вход автомобиля в поворот, его поворот и выход из поворота.

При управлении автомобилем водители, не имеющие достаточного опыта, часто допускают ошибки: выводят автомобиль за осевую линию дороги, за пределы занимаемого ряда и срезают углы при маневрировании. Все подобные действия приводят к нарушению не только управляемости автомобиля, но и безопасности движения.

Особенностью пневмоподвески является то, что, чем больше сжимаются пневмобаллоны, тем выше становится жесткость подвески.

Большинство пневмобаллонов имеют прогрессивную характеристику – чем больше они сжимаются, тем их жесткость становится выше. Таким образом прогрессивность характеристики пневмоэлементов и возможность быстрой настройки давления в них прямо из салона автомобиля дает широчайший диапазон рабочих характеристик пневмоподвески. При повышенных требованиях к управляемости пневматические упругие элементы могут устанавливаться совместно с амортизаторами, а также с более жесткими стабилизаторами поперечной устойчивости.

ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ ОДИН

Были выявлены конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на устойчивость, управляемость и плавность хода (активная безопасность автомобиля), а также способы повышения активной безопасности автомобиля.

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

2 ВЫБОР И РАСЧЁТ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ПОДВЕСКИ

2.1 Разработка конструкции подвески легкового автомобиля

2.1.1 Исходная информация для дальнейших исследований

Итак, для разработки дан автомобиль ВАЗ-21730. Ниже представлены технические характеристики данного автомобиля.

- 1) Двигатель – инжекторный бензиновый двигатель 16 кл. ЕВРО – 3;
- 2) Максимальная мощность – 72 кВт, 98 л/с;
- 3) Максимальная скорость – 183 км/ч;
- 4) Коробка перемены передач – механическая, 5 и 1;
- 5) Рулевое управление – рулевой привод с электроусилителем;
- 6) Масса в снаряжённом состоянии – 1088 кг;
- 7) Полная масса автомобиля – 1670 кг;
- 8) Габаритные размеры – 4350x1680x1420 мм;
- 9) Колея передних колёс – 1410 мм;
- 10) Колея задних колёс – 1380 мм;
- 11) Колёсная формула – 4x2;
- 12) Тип кузова/количество дверей – седан/4;
- 13) Ёмкость топливного бака – 43 л;
- 14) Система пассивной безопасности – комплектация «Норма» – одна подушка безопасности водителя; комплектация «Люкс» – две подушки безопасности водителя и пассажира [8].

Для начала посмотрим, где устанавливаются и как работают существующие подушки данного авто.

Немного истории. Впервые, в российских автомобилях начали устанавливать подушку безопасности на ладу приору.

При ударе определенной силы спереди автоматически происходит наполнение подушки безопасности газом. Подушка не срабатывает при ударе сзади, сбоку и спереди с силой, меньше заданной силы, требуемой привести подушку в действие и наполнить ее. Заполнение подушки безопасности газом происходит моментально, поэтому желательно, если происходит срабатывание системы безопасности, руки на руле держать слегка согнутыми в локтях и быть всегда пристегнутым. Систему подушек безопасности крайне нежелательно изменять или дорабатывать, это поможет избежать нежелательных травм.

При случае, когда подушка безопасности сработала на лада приора, подушку следует обязательно заменить.

Дополнительные боковые подушки можно поставить как в бока сидений, так и в наддверные рамки кузова автомобиля, а также во внутренние полости дверей. Третий вариант предпочтительнее, поскольку, объем внутреннего пространства двери допускает гораздо большее раскрытие подушки.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР					

2.1.2 Обзор конструкций подвесок легковых автомобилей

Основные типы подвески:

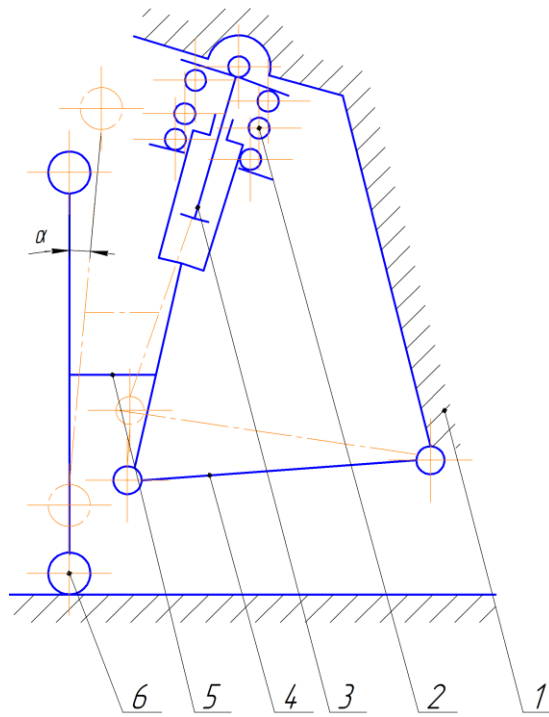
- подвеска МакФерсона;
- двухрычажная;
- многорычажная.

По способу связывания колес между собой, подвески подразделяются на:

- независимые;
- зависимые;
- смешанные (полунезависимые).

Подвеска МакФерсона так названа в честь Эрла Макферсона, который придумал ее в 1960 году. Она представлена подвеской колеса, которая состоит из одного рычага, стабилизатора поперечной устойчивости и блока из пружинного элемента и амортизатора телескопического типа, который называется качающейся свечой, из-за того, что он закреплен в верхней части к кузову при помощи упругого шарнира и имеет возможность качаться вверх-вниз при движении колеса. Кинематическая схема менее совершенна, чем подвеска на двух поперечных или продольных рычагах: что при большом ходе подвески развал (угол наклона колеса к вертикальной плоскости) будет меняться, и тем больше, чем больше ход подвески. Но в связи с технологичностью и дешевизной данный тип подвески получил очень большое распространение в современном автомобилестроении (рисунок 2.1) [9].

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				



1 – кузов автомобиля; 2 – пружина подвески; 3 – стойка амортизатора;
4 – рычаг; 5 – ступица колеса; 6 – колесо

Рисунок 2.1 – Независимая рычажно-телескопическая подвеска

Двухрычажная подвеска с коротким верхним и длинным нижним рычагами обеспечивает минимальные поперечные перемещения колеса (вредные для боковой устойчивости автомобиля и вызывающие быстрый износ шин), а также незначительные угловые перемещения при ходе вверх и вниз (рисунок 2.2).

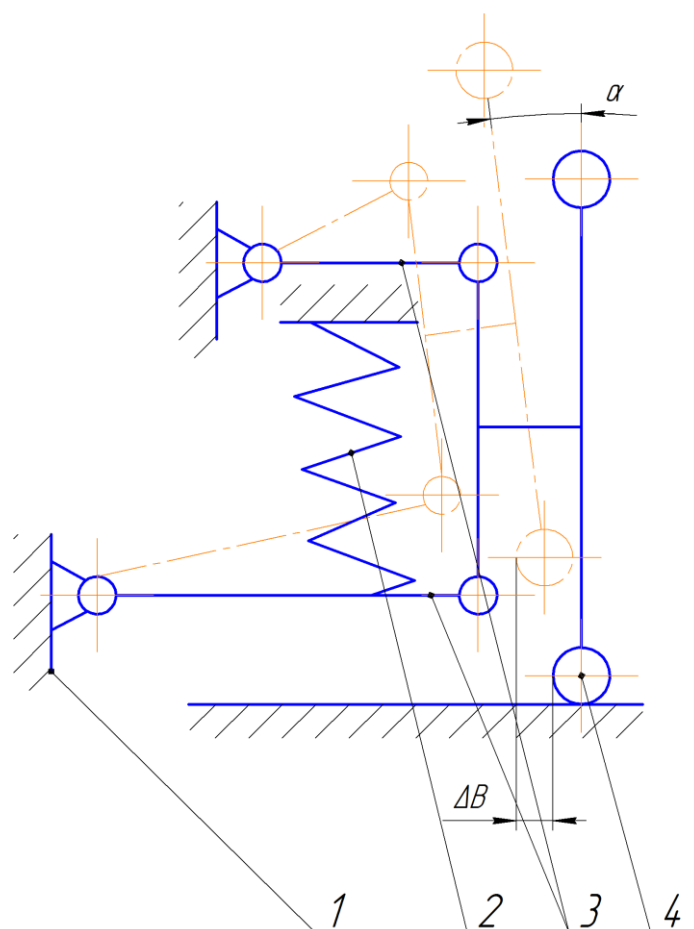
Конфигурация поперечного рычага позволяет каждому колесу независимо воспринимать неровности и оставаться более вертикальным на поверхности дороги. А это означает лучшее сцепление с дорогой.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

26



1 – кузов автомобиля; 2 – пружина подвески; 3 – рычаги; 4 – колесо

Рисунок 2.2 – Двухрычажная независимая подвеска с рычагами разной длины

Многорычажная подвеска несколько напоминает двухрычажную подвеску и имеют все ее положительные качества (рисунок 2.3).

Эти подвески более сложны и более дорогие, но обеспечивают большую плавность хода и лучшую управляемость автомобиля. Большое количество элементов – сайлент-блоков и шаровых шарниров хорошо гасят удары при резком наезде на препятствия. Все элементы крепятся на подрамнике через мощные сайлент-блоки, что позволяет увеличить шумоизоляцию автомобиля от колес.

Применение многорычажной независимой подвески, которая главным образом используется на автомобилях представительского класса, придает подвеске стабильный контакт колес с любым покрытием на дороге и четкий контроль автомобиля при изменениях направления движения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

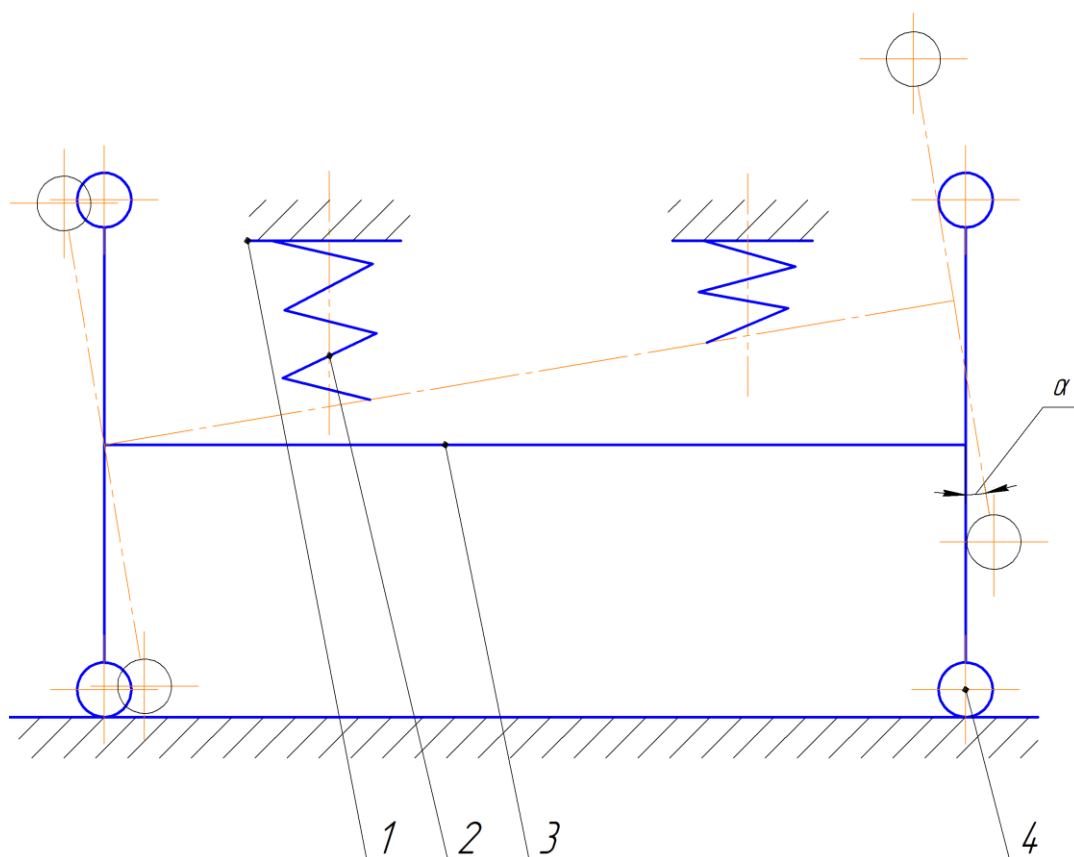
27



Рисунок 2.3 – Многорычажная независимая подвеска

Типичным представителем конструкции зависимой подвески может служить задняя подвеска с цилиндрическими винтовыми пружинами в качестве упругих элементов. Как пример можно привести конструкцию задних подвесок классических ВАЗов. В этом случае балка заднего моста «подвешивается» на двух винтовых пружинах и дополнительно крепится к кузову при помощи четырех продольных рычагов. Кроме этого, для улучшения управляемости, уменьшения крена кузова в поворотах и улучшения плавности хода устанавливается поперечная реактивная штанга (рисунок 2.4).

Основным недостатком этого типа подвески является значительная масса балки заднего моста. Этот показатель особенно возрастает, когда мост выполняется ведущим: приходится «нагружать» балку весом картера главной передачи, редуктора и т. п. А приводит все это к возрастанию так называемых неподрессоренных масс, из-за чего значительно ухудшается плавность хода и появляются вибрации.



1 – кузов автомобиля; 2 – пружина подвески; 3 – ось; 4 – колесо

Рисунок 2.4 – Зависимая подвеска

Стремясь как можно больше «облегчить» задний мост, инженеры многих автомобильных компаний начали применять подвеску типа «Де Дион», названную по имени своего изобретателя, француза Альберта Де Диона. Главное ее отличие – картер главной передачи теперь отделен от балки моста и прикреплен непосредственно к кузову. Теперь крутящий момент передается от двигателя автомобиля к ведущим колесам через полуоси, качающиеся на шарнирах равных угловых скоростей. Этот тип подвески может быть как зависимым, так и независимым. Нечто похожее применяется на внедорожных автомобилях, в конструкции передней подвески независимого типа (рисунок 2.5).

Но несмотря на совершенствование конструкции, все зависимые подвески обладают одним и весьма существенным минусом: проявляется несбалансированное поведение автомобиля при старте и торможении. Машина начинает «приседать» при интенсивном разгоне и «клевать носом» во время торможения. Для устранения этого эффекта стали применять дополнительные направляющие элементы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

29



Рисунок 2.5 – Подвеска типа «Де Дион»

Полунезависимая задняя подвеска. Конструктивно она выполняется в виде двух продольных рычагов, которые соединены посередине поперечиной. Этот тип подвески применяется только сзади, но практически на всех переднеприводных автомобилях. Среди плюсов этой конструкции можно выделить легкость монтажа, компактность и небольшой вес, как следствие – уменьшение «неподдресоренных масс», и самое ее весомое достоинство – наиболее оптимальная кинематика колеса. Недостаток можно выделить всего один: такую подвеску можно применять только на не ведущем заднем мосту (рисунок 2.6).

В случае если пружина и амортизатор конструктивно установлены отдельно друг от друга, пружина просто заменяется на пневмоэлемент с проставками необходимой толщины. Проставками подбирается минимальный и максимальный дорожный просвет автомобиля.

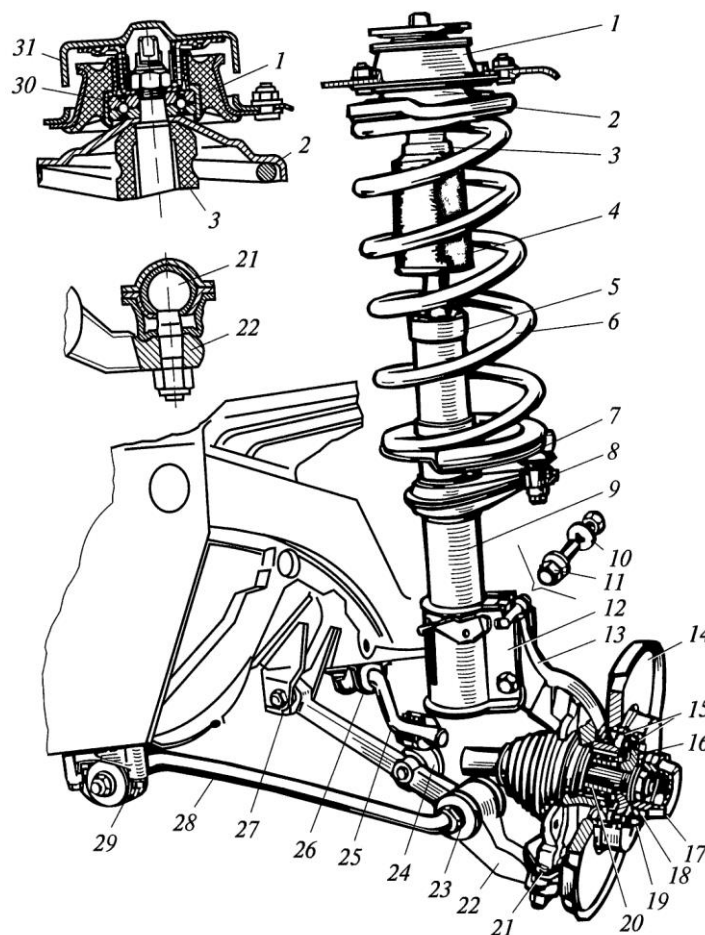
Если пружины с амортизаторами собраны в единый узел, наподобие передней стойки, то пневмоэлемент устанавливается так же, как и на передней подвеске – одевается на шток амортизатора [9].



Рисунок 2.6 – Полунезависимая задняя подвеска

2.1.3 Обоснование разработки подвески автомобиля

Передняя подвеска переднеприводных легковых автомобилей (ВАЗ-2170) (рисунок 2.7) – независимая, телескопическая, с амортизаторными стойками и стабилизатором поперечной устойчивости. Амортизаторная (телескопическая) стойка 9 нижним концом соединена с поворотным кулаком 13 при помощи штампованного клеммового кронштейна 12 и двух болтов [10].



1, 2, 5, 7, 26 – опоры; 3 – буфер; 4 – кожух; 6 – пружина; 8, 22 – рычаги; 9, 24 – стойки; 10 – шайба; 11 – регулировочный болт; 12, 27, 29 – кронштейны; 13 – кулак; 14 – тормозной диск; 15 – кольцо; 16 – ступица; 17, 31 – колпаки; 18 – хвостовик; 19 – штифт; 20, 30 – подшипники; 21 – шарнир; 23 – регулировочные шайбы; 25 – стабилизатор; 28 – растяжка

Рисунок 2.7 – Передняя подвеска переднеприводных легковых автомобилей

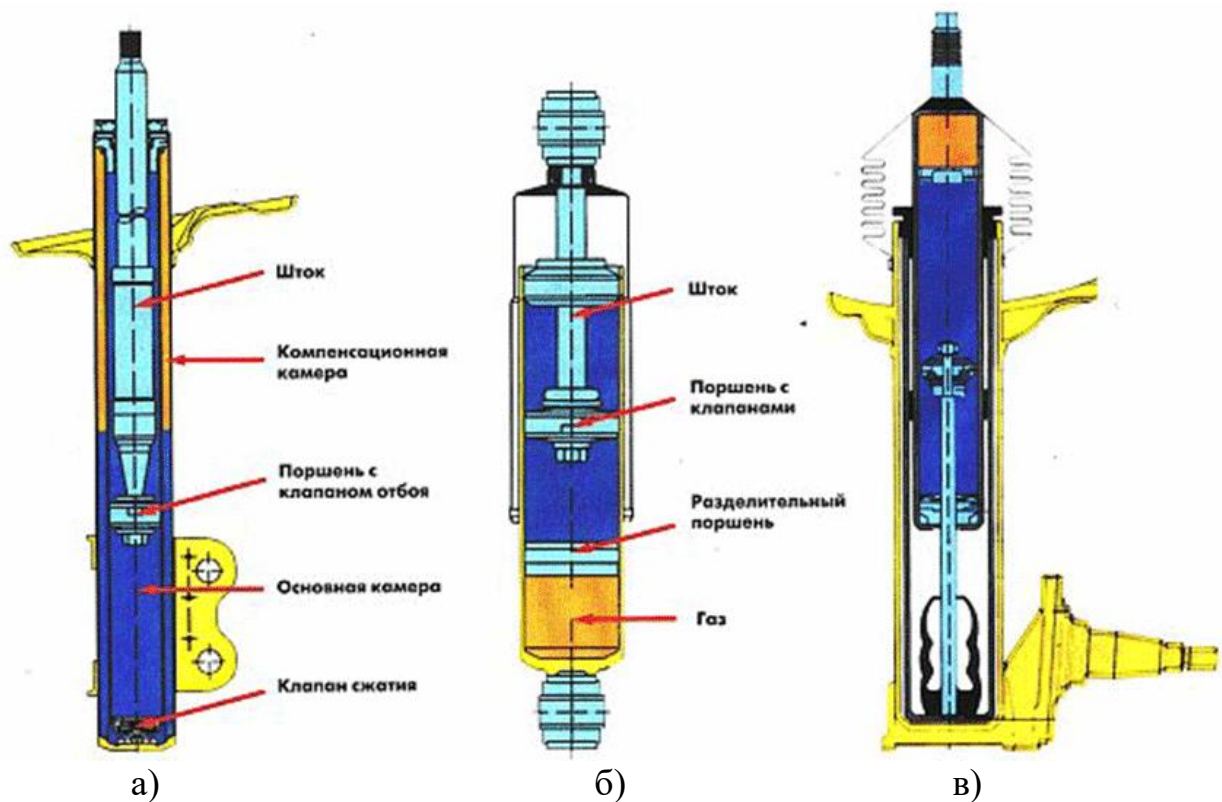
Верхний болт 11 с эксцентриковой шайбой 10 является регулировочным. С его помощью регулируется развал переднего колеса, так как при повороте болта изменяется положение поворотного кулака относительно амортизаторной стойки. Верхний конец стойки 9 через резиновую опору 1 связан с кузовом. В опору вмонтирован шариковый подшипник 30, и она защищена от загрязнения пластмассовым колпаком 31. Высокая эластичность резиновой опоры обеспечивает качание стойки при перемещении колеса и гашение высокочастотных вибраций, а шариковый подшипник – вращение стойки при повороте управляемых колес. Нижний поперечный рычаг 22 подвески соединен с поворотным кулаком 13 шаровым шарниром 21, а с кронштейном 27 кузова резинометаллическим шарниром. Растяжка 28 нижнего рычага подвески через резинометаллические шарниры одним концом связана с рычагом 22, а другим концом – с кронштейном, прикрепленным к кузову автомобиля. Шайбы 23 служат

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

32



а – двухтрубный амортизатор; б – однотрубный амортизатор;
в – перевернутый однотрубный амортизатор

Рисунок 2.8 – Основные типы амортизаторов

Второй способ компенсации изменения объема рабочей полости амортизатора – организация компенсационной камеры, заполненной газом под давлением. По такому принципу устроен однотрубный газонаполненный амортизатор высокого давления (рисунок 2.8, б). Вопреки бытовому названию «газовый», рабочим телом в таком амортизаторе является все тоже масло, а вовсе не газ. Последний закачан под большим давлением (до 30 бар) в камеру, отделенную от рабочей области разделительным поршнем. За счет сжатия газа осуществляется компенсация объема, вытесняемого штоком амортизатора. При этом и при сжатии, и при отбое амортизатора работают клапаны, размещенные в основном поршне. Свои достоинства и недостатки есть у обеих конструкций. Главная беда двухтрубных амортизаторов – вспенивание масла, которое происходит при высокой интенсивности работы. Кроме того, «двухтрубник» не может быть установлен под углом более 45 градусов к вертикали, иначе воздух из компенсационной камеры может попасть в основную. Наконец, при том же диаметре амортизатора эффективная площадь поршня у него меньше, чем у однотрубного, и это ухудшает характеристики демпфирования при малых ходах штока. Газонаполненный амортизатор лишен этих недостатков, его можно устанавливать хоть горизонтально, хоть «вверх ногами» (так, кстати, часто и

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

делают, чтобы уменьшить неподрессоренные массы автомобиля). Давление газового подпора позволяет избежать вспенивания масла, а значит и резкого ухудшения характеристик амортизатора. Наконец, в однотрубном амортизаторе масло лучше охлаждается, что способствует сохранению стабильных характеристик демпфирования вне зависимости от погодных условий и нагрузки.

Однако есть недостатки и у «однотрубника». Во-первых, при равном рабочем ходе длина газонаполненного амортизатора больше, чем двухтрубного. Во-вторых, при больших ходах и толстом штоке (например, в случае со стойками МакФерсон, где он служит направляющим элементом) газовый подпор, который и в статике заметно приподнимает автомобиль, начинает играть роль дополнительной пружины, причем с нелинейными характеристиками, что может негативно сказываться на характере управляемости автомобиля. Поэтому однотрубные стойки МакФерсон часто делают перевернутыми (рисунок 2.8, в). В них роль направляющего элемента выполняет корпус амортизатора. Наконец, главным препятствием для массового применения однотрубных амортизаторов является их более высокая цена. Хотя в конструкции меньше деталей, но точность их изготовления выше на порядок. Главная проблема – уплотнение штока, которое должно сдерживать масло, находящееся под высоким давлением (у «двухтрубников» даже при ходе отбоя сальник штока не испытывает давления масла). Для этого необходимо изготовить шток, шероховатость поверхности которого должна быть не более 0,1 микрона.

На сегодняшний день газонаполненные амортизаторы вытесняют двухтрубные. Для регулирования жёсткости подвески на многих амортизаторах применяют выносные резервуары (рисунок 2.9). Такая конструкция – дальнейшее развитие обычного газонаполненного амортизатора. Выносная камера, в которой размещается разделительный поршень, позволяет существенно увеличить объем масла и газа, что положительно сказывается на охлаждении амортизатора и стабильности его характеристик. Кроме того, в магистрали, соединяющей рабочую полость с выносной камерой, располагается система клапанов, выполняющая ту же роль, что и клапаны в цилиндре двухтрубного амортизатора. Это позволяет проще, чем на обычном газонаполненном амортизаторе, сделать не зависящими друг от друга регулировки усилий отбоя и сжатия [10].

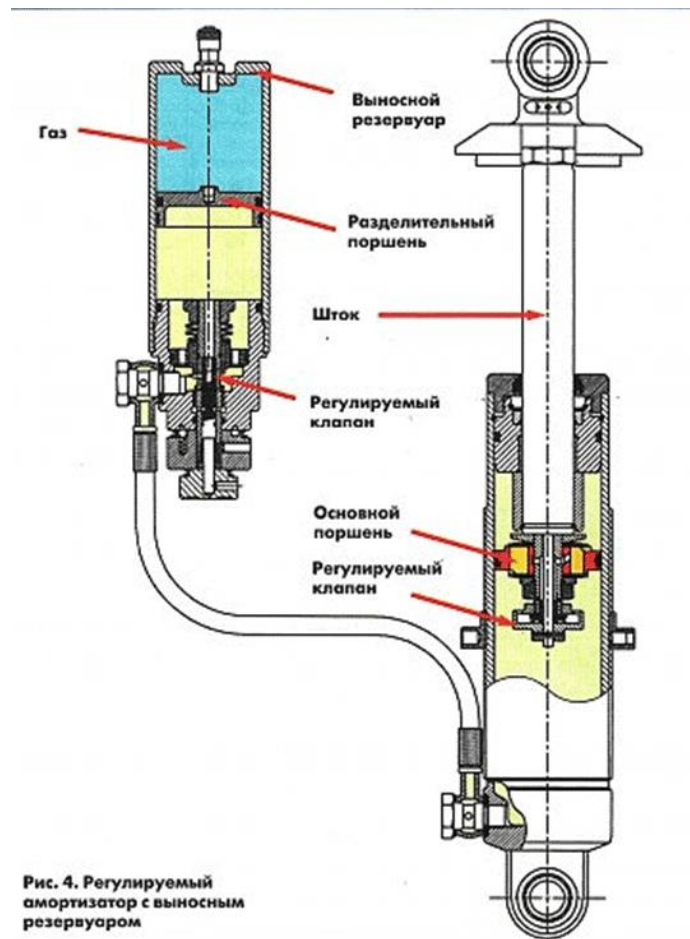


Рис. 4. Регулируемый амортизатор с выносным резервуаром

Рисунок 2.9 – Регулируемый амортизатор с выносным резервуаром

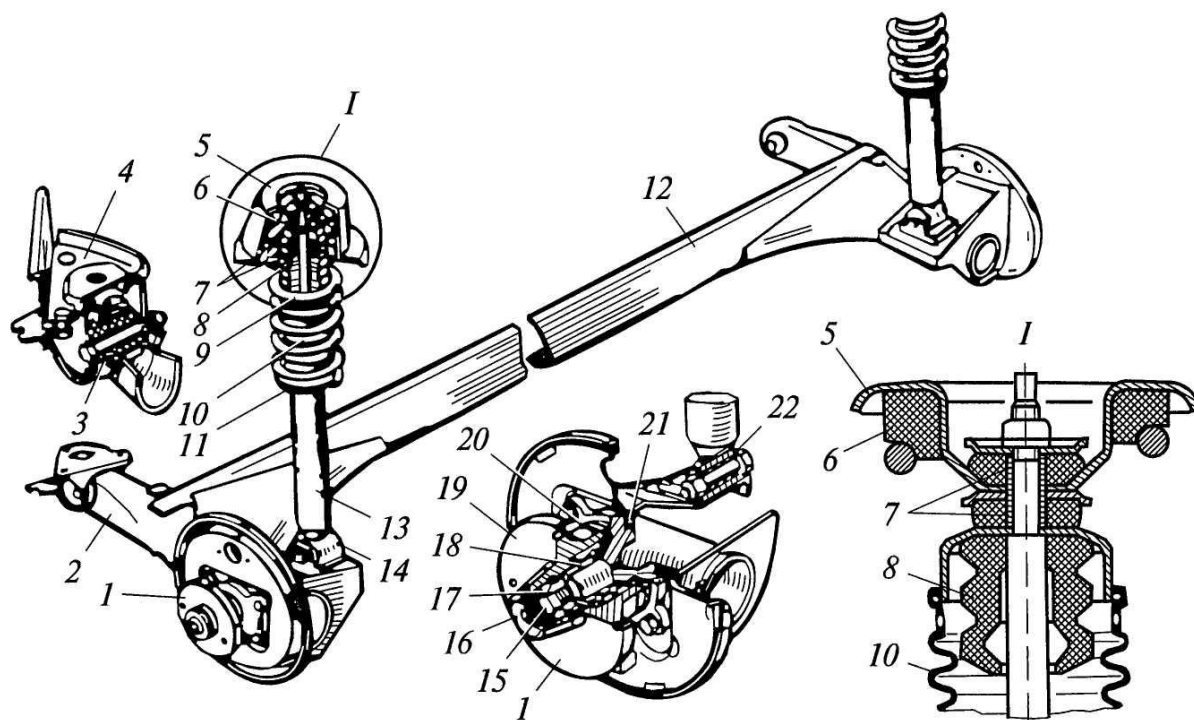
Впрочем, для настройки куда важнее не конструкция самого амортизатора, а устройство и параметры клапанов. Даже геометрические размеры амортизатора определяют, по большому счету, только общую нагрузку, которую он может выдержать, и его рабочий ход. Недаром, вся гамма амортизаторов, выпускаемых фирмой Ohlins для автомобилей, мотоциклов и снегоходов, имеет всего четыре стандартных диаметра поршня – 28, 36, 44 и 46 мм. Причем на автомобилях, как правило, используют самый большой.

Задняя подвеска проектируемого легкового автомобиля (рисунок 2.10) – полунезависимая, пружинная, с гидравлическими амортизаторами. Задние колеса автомобиля связаны между собой сварной балкой, состоящей из двух продольных рычагов 2 и соединителя 12, имеющего U-образное сечение. Соединитель обладает большой жесткостью на изгиб и малой на скручивание, благодаря чему обеспечивается независимость перемещения задних колес автомобиля. Продольный рычаг 2 задней подвески выполнен трубчатым. Передним концом через резинометаллический шарнир 3 он крепится к кронштейну кузова автомобиля. К заднему концу рычага приварены кронштейн 14 амортизатора и фланец 21 для крепления оси 15 ступицы заднего колеса и тормозного щита 19. Амортизатор 13 верхним концом через резиновые подушки 7 крепится к верхней

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

опоре 5 пружины, связанной с кузовом, а нижним концом через резинометаллический шарнир 22 к нижнему рычагу подвески. На амортизаторе установлены пружина 9 между нижней опорной чашкой 11 и верхней опорой 5, а также буфер сжатия 8. Под верхний конец пружины подвески установлена виброшумоизолирующая резиновая прокладка 6. Буфер сжатия ограничивает ход колеса вверх, упираясь в специальную опору, размещенную на верхней части резервуара амортизатора [10].



1 – ступица; 2 – рычаг; 3, 22 – шарниры; 4, 14 – кронштейны; 5 – опора; 6 – прокладка; 7 – подушка; 8 – буфер; 9 – пружина; 10 – кожух; 11 – опорная чашка; 12 – соединитель; 13 – амортизатор; 15 – ось; 16 – колпак; 17 – гайка; 18 – подшипник; 19 – щит; 20 – кольцо; 21 – фланец

Рисунок 2.10 – Задняя подвеска переднеприводных легковых автомобилей

Защитный кожух 10 предохраняет шток амортизатора и буфер сжатия от механических повреждений и загрязнения. Ход колес вниз ограничивается амортизаторами, которые уменьшают перемещение балки задних колес при движении ее вниз.

Как видно из рисунка 2.10 немаловажную роль в подвеске автомобиля играет стойка амортизатора. Для улучшения плавности хода автомобиля, а значит и для повышения общей безопасности на сегодняшний день можно устанавливать различного рода амортизаторы.

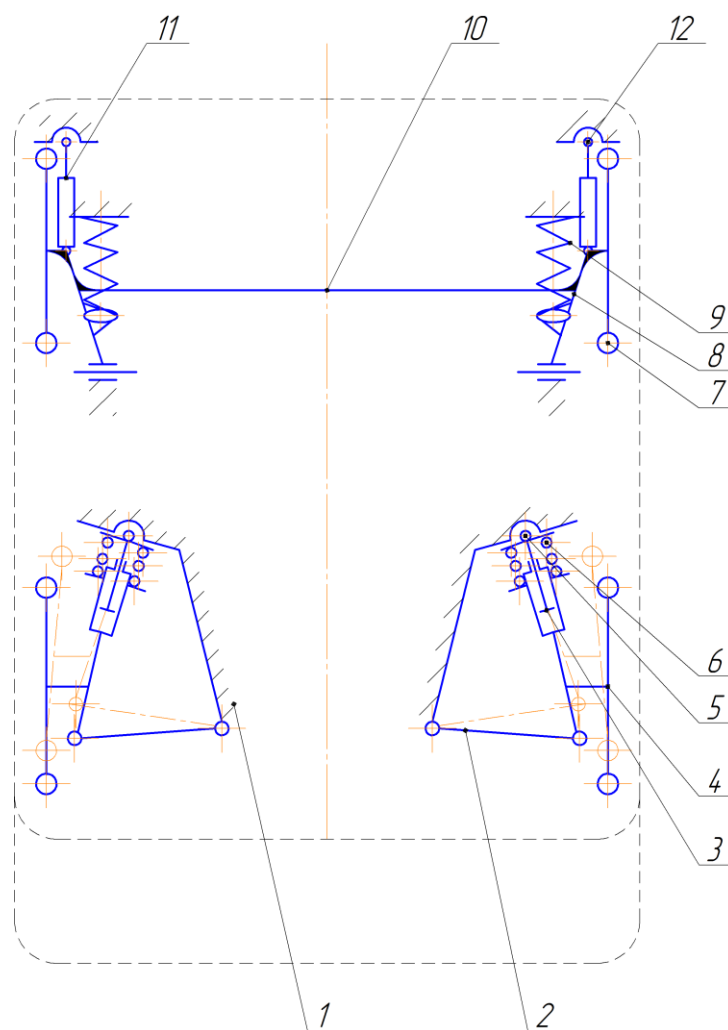
Итак, делаем вывод: передняя существующая подвеска – независимая по типу МакФерсона; задняя – полунезависимая. Амортизаторы газомасляные. Упругие элементы – пружины (рисунок 2.11).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

37



1 – кузов автомобиля; 2 – рычаг; 3 – стойка амортизатора; 4 – ступица колеса с колесом; 5 – передний опорный подшипник; 6 – пружина передней подвески;
 7 – колесо заднее; 8 – рычаг; 9 – пружина задней подвески; 10 – балка;
 11 – амортизатор заднего моста; 12 – задний опорный подшипник

Рисунок 2.11 – Схема существующей подвески автомобиля

2.1.4 Разработка структурной схемы устройства, меняющего плавность хода автомобиля

Плавность хода напрямую зависит от жёсткости гасящего элемента.

Итак, в конструкцию существующей подвески вносим следующие изменения:

1. Устанавливаем газомасляный амортизатор с большими чашками которые не будут притираться к аркам и другим элементам подвески и кузова, так как площадь пружин отличается от цилиндрических;

2. Устанавливаем выносной резервуар на кузов автомобиля (в моторное отделение, задние арки автомобиля) с помощью крепления в виде стального хамута;

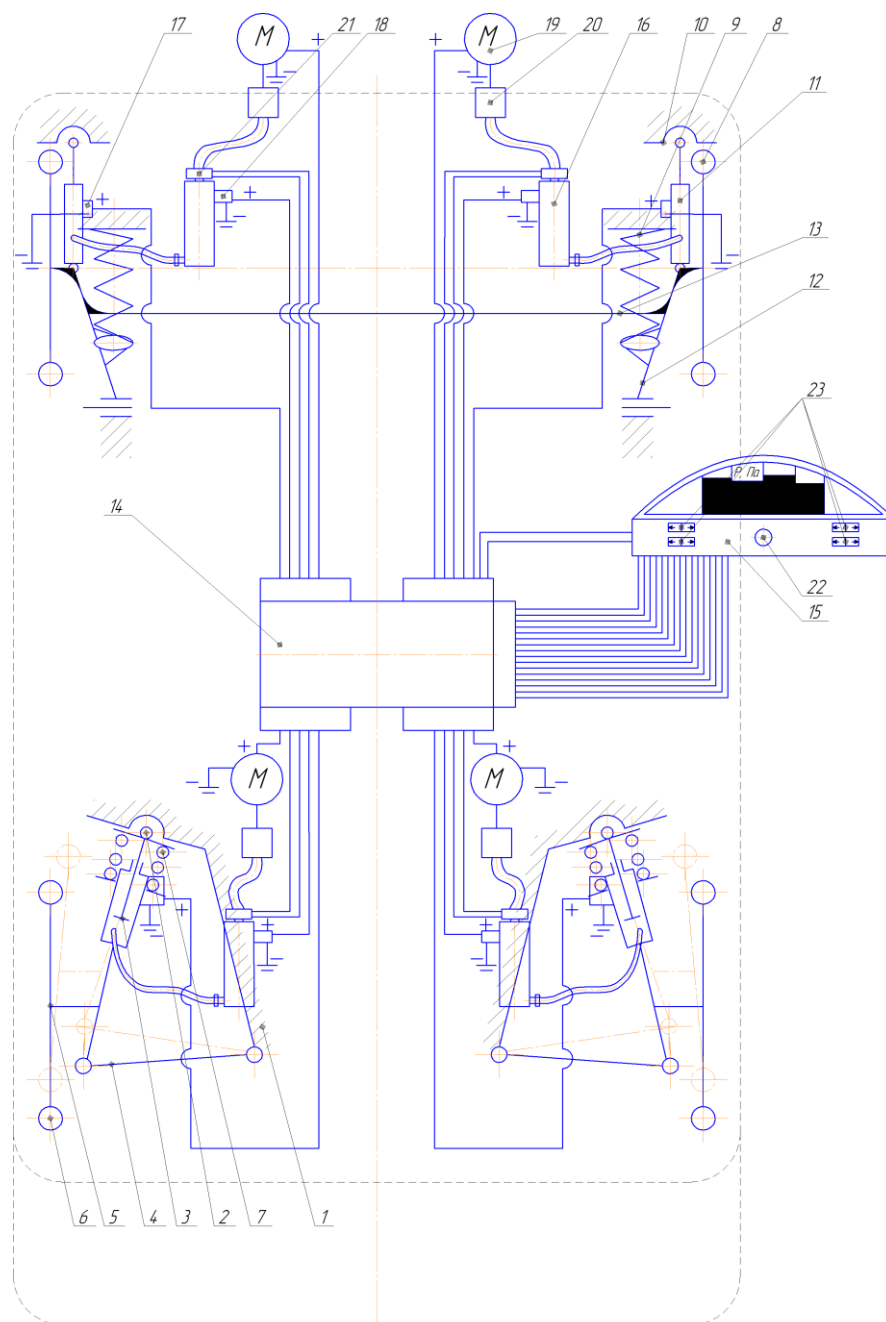
3. Устанавливаем оборудование для изменения давления газа в выносном резервуаре амортизатора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

38



- 1 – кузов автомобиля; 2 – опорный подшипник передней стойки амортизатора; 3 – стойка амортизатора; 4 – рычаг; 5 – ступица колеса; 6 – переднее колесо; 7 – пружина передней подвески; 8 – заднее колесо; 9 – пружина задней подвески; 10 – задний опорный подшипник; 11 – амортизатор задней подвески; 12 – рычаг; 13 – балка задней подвески; 14 – модуль (блок) управления плавностью хода подвески; 15 – панель управления; 16 – выносной резервуар; 17 – датчик колебания; 18 – датчик давления в дополнительном резервуаре; 19 – электродвигатель; 20 – насос (компрессор); 21 – клапан; 22 – кнопка переключения режима работы (выкл./ручной/автомат); 23 – кнопка изменения давления в дополнительном резервуаре при ручном режиме

Рисунок 2.12 – Структурная схема устройства, меняющего плавность хода автомобиля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

39

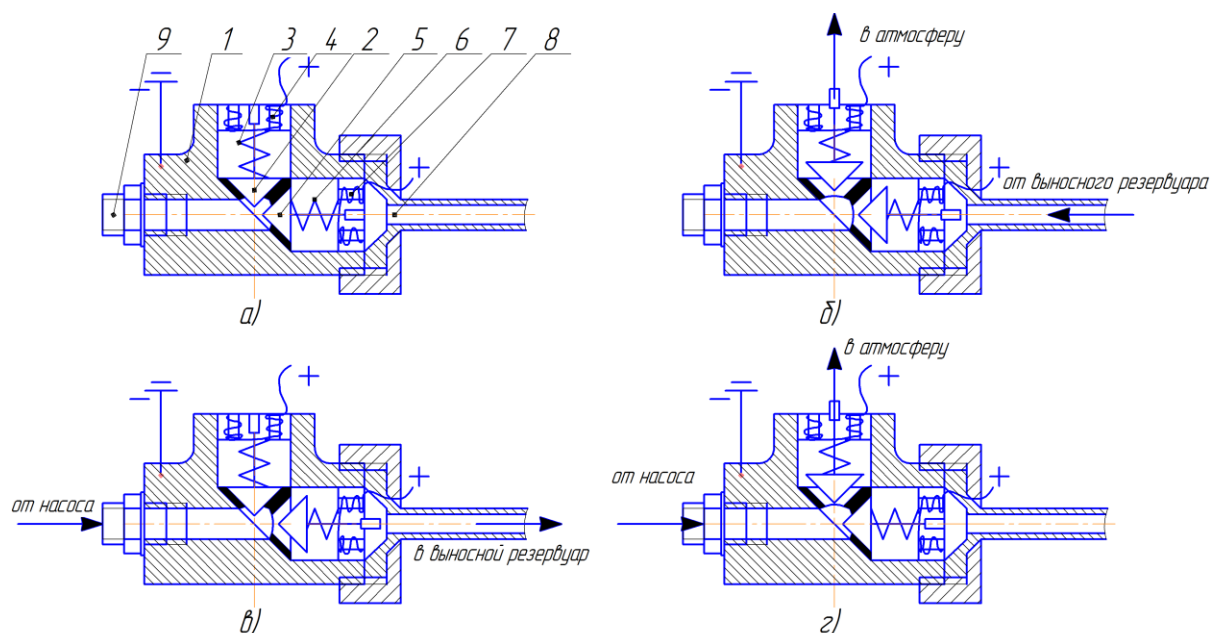
Структурную схему разрабатываемого устройства представим в виде рисунка 2.12.

Работает данная конструкция следующим образом. Всего три режима работы: выкл., ручной и автомат.

Начнём с ручного режима. При этом режиме кнопка 22 включена. В этом случае кнопки 23 активны. Данными кнопками включаются двигатель 19 насоса 20 и клапан 21. При этом, при увеличении давления нажимаем кнопку увеличения 23, включается электродвигатель 19, который накачивает сжатый воздух (газ) в полость 16 выносного резервуара. Датчик давления 18 сигнализирует на панели управления о давлении в выносном резервуаре. Клапан 21 при этом включён на пуск сжатого воздуха в выносной резервуар (рисунок 2.13, в). Принцип работы клапана представлен на рисунке 2.13. При снижении давления в дополнительном объёме нажимаем кнопку уменьшения 23, электродвигатель при этом выключается. Клапан 21 при этом включается на понижение давления (рисунок 2.13, б). При возникновении внештатной ситуации, сбоя в работе оборудования срабатывает предохранительный клапан (рисунок 2.13, г). При создании нужного давления можно начинать движение. При этом клапан 21 займёт позицию (рисунок 2.13, а).

В автоматическом режиме кнопка 23 включена на автомат (рисунок 2.12). При этом давление в выносном резервуаре регулируется при помощи показания следующих датчиков: 17 – датчик колебаний подвески (передняя подвеска независимая, поэтому модуль управления суммирует колебания); 18 – датчик давления дополнительного объёма.

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				



→ - направление движения сжатого воздуха (газа)

а – состояние покоя; б – понижения давления; в – повышения давления;

г – режим предохранения;

1 – корпус клапана; 2 – клапан выпускной;

3 – пружина; 4 – катушка выпускного клапана; 5 – клапан нагнетательный;

6 – пружина; 7 – катушка нагнетательного клапана; 8 – трубопровод

9 – штуцер

Рисунок 2.13 – Принципиальные схемы работы клапана

В зависимости от характера покрытия и неровности дороги датчик колебаний 17 посылает сигналы на модуль управления 14. Датчик давления 18 так же посылает сигналы на модуль 14. При анализе данных система либо подаёт сжатый воздух (газ) в дополнительный выносной резервуар 16 либо снизит лишнее давление аналогично ручному режиму (см. ранее), но только автоматически.

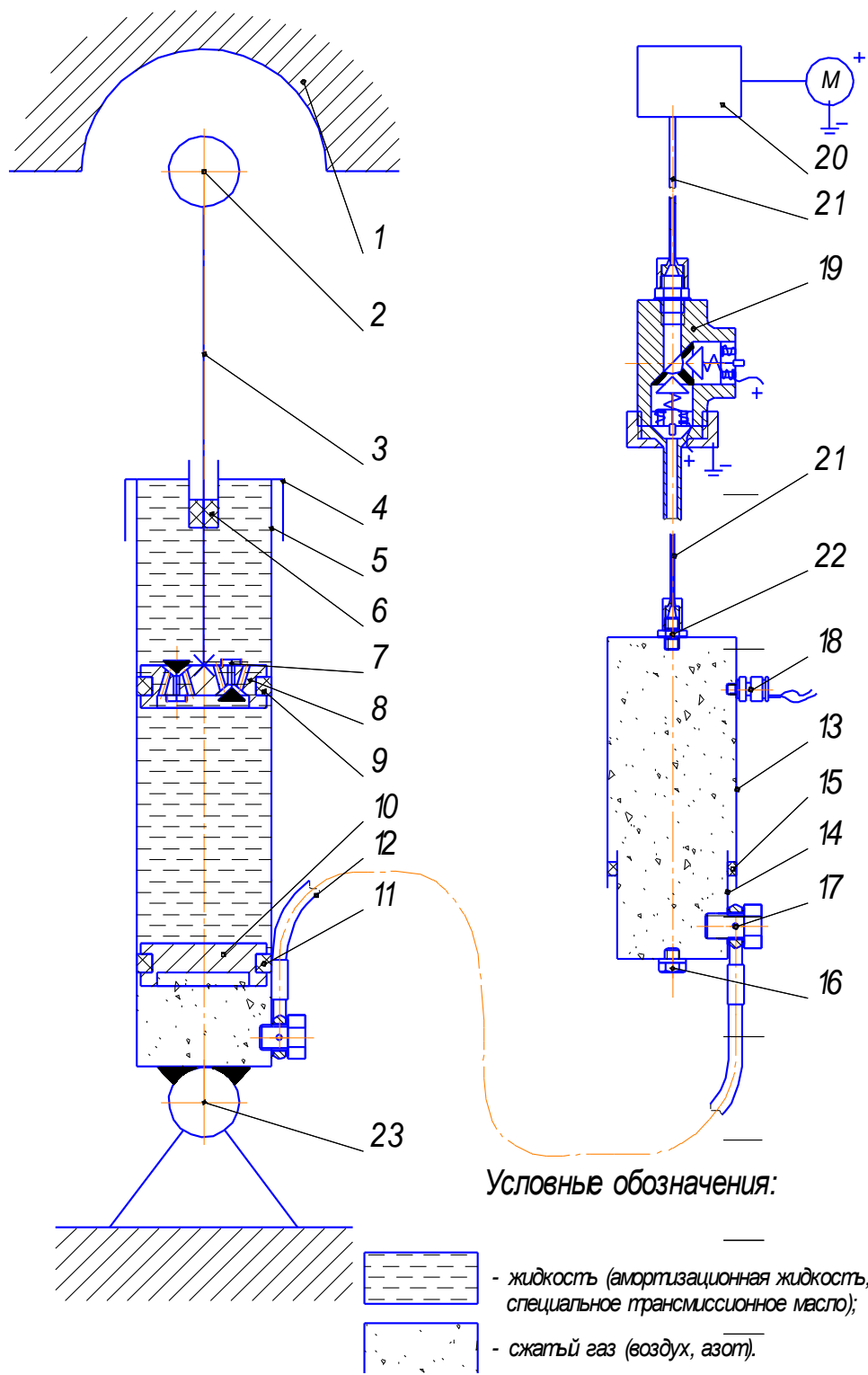
Структурную схему амортизатора можно представить в виде рисунка 2.14.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

41



- 1 – кузов автомобиля; 2 – опорный подшипник амортизатора; 3 – шток;
 4 – гайка; 5 – корпус; 6 – манжета; 7 – клапан; 8 – поршень; 9 – манжета;
 10 – поршень; 11 – манжета; 12 – шланг; 13 – корпус выносного резервуара;
 14 – дно выносного резервуара; 15 – уплотнение; 16 – винт для контроля и чистки;
 17 – болт; 18 – датчик давления; 19 – клапан; 20 – компрессор; 21 – трубопровод;
 22 – штуцер; 23 – опора нижняя.

Рисунок 2.14 – Структурная схема разрабатываемого амортизатора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

2.2 Конструкторские расчёты разрабатываемой подвески

2.2.1 Расчёт упругого элемента передней и задней подвески

Жесткость упругого элемента (пружины или рессоры) означает какое нужно приложить усилие к пружине/рессоре для того, чтобы продавить её на единицу длины (м, см, мм). Например, жесткость 4 кг/мм означает что на пружину/рессору нужно надавить с усилием 4 кг чтобы её высота уменьшилась на 1мм. Жесткость так же часто измеряют в кг/см и в Н/м [11].

Для того чтобы примерно измерить жесткость пружины или рессоры в гаражных условиях, можно, например, на неё встать и разделить свой вес на величину, на которую пружина/рессора продавилась под весом. Рессору удобнее класть ушками на пол и вставлять на середину. Важно чтобы хотя бы одно ушко могло свободно скользить по полу. На рессоре лучше немного попрыгать, прежде чем снимать высоту прогиба чтобы минимизировать влияние трения между листами.

Характеристика вертикальной жесткости подвески. Характеристика жесткости подвески – это зависимость прогиба упругого элемента (изменения его высоты относительно свободной) f от собственно нагрузки на него F . Пример характеристики представим в виде рисунка 2.15.

Прямой участок – это диапазон, когда работает только основной упругий элемент (пружина или рессора) Характеристика обычной рессоры или пружины линейна. Точка $f_{ст}$ (что соответствует $F_{ст}$) – это положение подвески, когда автомобиль стоит на ровной площадке в снаряженном состоянии с водителем, пассажиром и запасом топлива. Соответственно всё что до этой точки – ход отбоя. Всё что после -ход сжатия. Обратим внимание на то, что прямая характеристики пружины уходит далеко за пределы характеристики подвески в минус. Пружине не дают полностью разжаться ограничитель хода отбоя и амортизатор. Кстати, про ограничитель хода отбоя. Именно он и обеспечивает нелинейное снижение жесткости на начальном участке работая враспор пружине. В свою очередь ограничитель хода сжатия вступает в работу в конце хода сжатия и, работая параллельно пружине, обеспечивает увеличение жесткости и лучшую энергоёмкость подвески (усилие, которое способна поглотить подвеска своими упругими элементами).

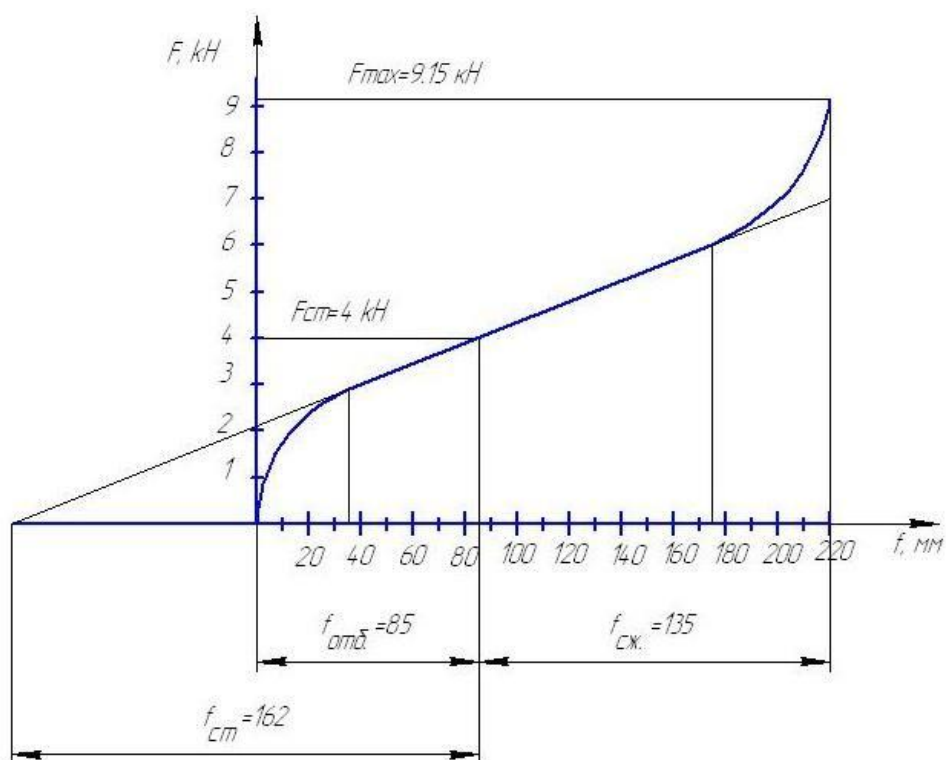


Рисунок 2.15 – Примерная характеристика вертикальной жёсткости подвески



Рисунок 2.16 – Цилиндрические спиральные пружины

Преимущество пружины против рессоры в том, что, во-первых, в ней полностью отсутствует трение, а во-вторых, она несет только чисто функцию упругого элемента в то время, как рессора так же выполняет функцию направляющего устройства (рычагов) подвески. В связи с этим пружина нагружается только одним способом и служит долго. Единственные недостатки пружинной подвески по сравнению с рессорной – сложность и высокая цена.

Цилиндрическая пружина фактически представляет из себя скрученный в спираль торсион. Чем длиннее пруток (а его длина увеличивается с увеличением диаметра пружины и количества витков), тем мягче пружина при неизменной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

44

толщине витка. Удаляя витки с пружины, мы делаем пружину жестче. Установив 2 пружины последовательно, мы получаем более мягкую пружину. Суммарная жесткость последовательно соединенных пружин: $C=(1/C_1+1/C_2)$. Суммарная жесткость работающих параллельно пружин $C=C_1+C_2$ [11].

Обычная пружина, как правило, имеет диаметр, гораздо больший, чем ширина рессоры и это ограничивает возможность использования пружины вместо рессоры на изначально рессорном автомобиле т. к. не помещается между колесом и рамой. Установить пружину под раму тоже не просто т. к. у неё есть минимальная высота, равная высоте со всеми сомкнутыми витками, плюс при установке пружины под рамой мы теряем возможность выставить подвеску по высоте т. к. не можем двигать вверх/вниз верхнюю чашку пружины. Установив пружины внутри рамы мы теряем угловую жесткость подвески (отвечающую за крен кузова на подвеске).

Можно изготовить пружину малого диаметра для того чтобы она поместилась между колесом и рамой, но при этом для того чтобы она не выкручивалась, необходимо заключить её в амортизаторную стойку, которая обеспечит (в отличие от свободного положения пружины) строго параллельное относительное положение верхней и нижней чашек пружины. Однако при таком решении пружина сама становится гораздо длиннее плюс дополнительная габаритная длина необходима для верхнего и нижнего шарнира амортизаторной стойки. В результате рама автомобиля нагружается не самым благоприятным образом в связи с тем, что верхняя точка опоры оказывается гораздо выше лонжерона рамы.

Прогрессивная характеристика – «мягкая жёсткость». Приятно, когда подвеска автомобиля сглаживает малейшие неровности дороги, одновременно с этим при наезде на глубокие выбоины или при езде по бездорожью её практически невозможно сжать до упора. Если рассматривать обычную подвеску просто в качестве пружины, работающей на сжатие и пренебречь трением в узлах, то укорочение пружины при её сжатии прямо пропорционально нагрузке. То есть нагрузка увеличилась вдвое, и пружина сжалась в два раза сильнее.

При увеличении скорости автомобиля до 55...60 км/ч нагрузки по сравнению с 30...40 км/ч значительно возрастают и жёсткости стандартной передней подвески уже не хватает. На выбоинах начинаются стуки в подвеске. Пружина помягче – и пробой подвески и раскачивание на неровностях гарантированы. А что, если совместить одновременно два вида пружины – мягкую для езды по дорогам и более жёсткую для езды по неровностям? Это можно сделать двумя способами – сделать жёсткость пружины различной по длине или сделать пружину составной, то есть состыковать последовательно 2 (или больше) пружин с различной жёсткостью. При этом мягкая пружина будет работать на малых неровностях. При наезде же на глубокие выбоины мягкая пружина сжимается до упора, и начинает работать более жёсткая, и характеристика подвески изменяется нелинейно, жёсткость как бы прогрессирует в зависимости от нагрузки.

Пружины, рассмотренные ниже, имеют прогрессивную характеристику, что позволяет обеспечивать спортивную динамику вождения при сохранении

максимального комфорта. Наилучшие характеристики пружин достигаются путем многократных всесторонних тестов и испытаний как в стенах группы исследования и разработок, так и на гоночных трассах.

Существуют так же бочкообразные пружины (рисунок 2.17). Их витки имеют разный диаметр и это позволяет увеличить ход сжатия пружины. Смыкание витков происходит при гораздо меньшей высоте пружины. Этого может оказаться достаточно для установки пружины под рамой.

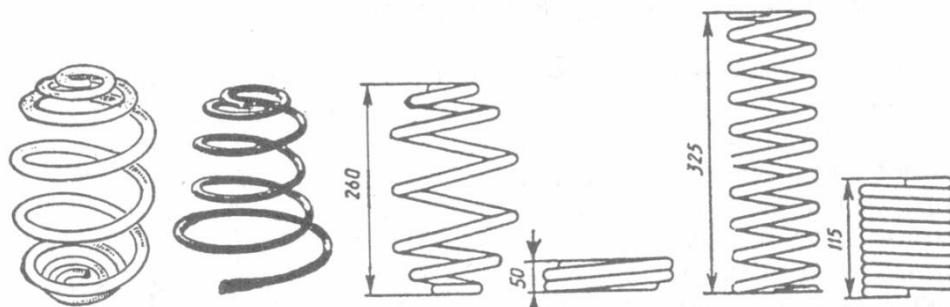


Рисунок 2.17 – Виды пружин

Цилиндрические спиральные пружины могут быть с переменным шагом витка. По мере сжатия более короткие витки смыкаются раньше и перестают работать, а чем меньше витков работает, тем больше жесткость. Таким образом достигается увеличение жесткости при ходах сжатия подвески, близких к максимальным, при чем увеличение жесткости получается плавным т. к. виток смыкается постепенно.

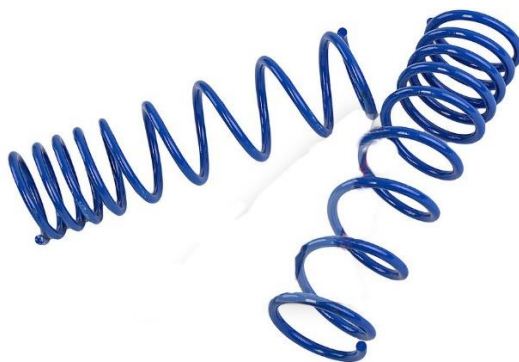


Рисунок 2.18 – Пружины с переменным шагом

Однако специальные виды пружин малодоступны, а пружина – это, по сути дела, расходные элементы подвески. Иметь нестандартные, сложнодоступные и дорогие расходные материалы не совсем удобно.

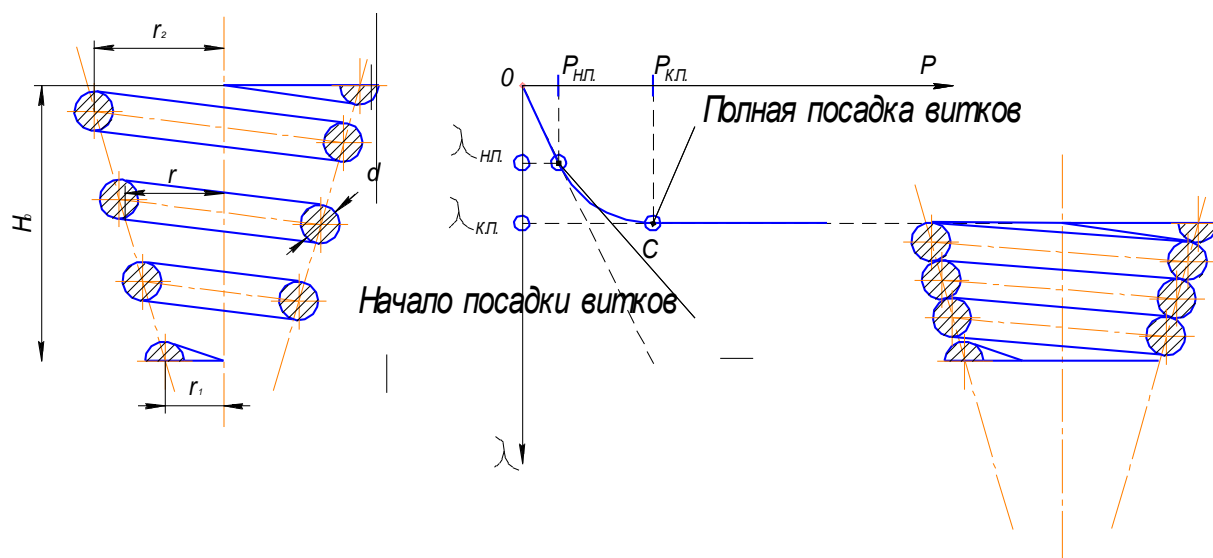
Именно поэтому тема выпускной квалификационной работы, связанная с разработкой подвески легкового автомобиля, весьма актуальна на сегодняшний день.

Далее будем заниматься разработкой подвески автомобиля. В частности, акцентируем своё внимание на упругих элементах подвески.

Упругим элементом расчётной подвески является коническая пружина. Пружины могут быть следующих видов:

- цилиндрические;
- конические;
- бочкообразные;
- цилиндрические пружины с переменным шагом;
- цилиндрические пружины с переменным сечением.

Расчет упругого элемента – пружины, выполняют для определения её размеров, обеспечивающих необходимую характеристику пружины (рисунок 2.19). Нажимное усилие P , создаваемое одной пружиной, является следствием ее деформации на величину f при установке на место [19].



r_1 – минимальный радиус конической пружины; r_2 – максимальный радиус конической пружины; d – диаметр прутка конической пружины; H_0 – высота пружины без нагрузки

Рисунок 2.19 – Нажимная коническая пружина и ее характеристика

Применяем коническую пружины. Для существенного повышения устойчивости в последнее время часто применяется пружина конического типа. Она характеризуется нижеприведенными особенностями:

В целом можно назвать, что изделие напоминает цилиндрический вариант исполнения. Каждый последующий виток имеет диаметр, меньше предыдущего. Именно поэтому подобный вид пружины характеризуется большим диаметром первого витка, так как остальные вкладываются внутрь. Еще одним важным

моментом можно назвать повышенную устойчивость изделия к смещению. Это связано с тем, что витки входят друг в друга, при этом расстояние между ними существенно снижается. Повышенная устойчивость – то, что требуется достаточно часто. Конические винтовые пружины обладают более высокой стойкостью на боковой изгиб при сжатии, чего нельзя сказать о цилиндрических винтовых пружинах. Подобный вид пружины характеризуется сложностью в производстве.

Пружины конические сжатия не регламентируются ГОСТ. ГОСТ 18793-80 - определяет цилиндрические пружины сжатия [31]. Конические же пружины выполняются по ТУ на каждом заводе-изготовителе. Мною изучены вопросы заказа конических пружин сжатия: для формирования заказа пружины достаточно иметь несколько характеристик пружин: диаметр прутка, шаг пружины, количество рабочих и общих витков, длина в свободном состоянии, диаметры конической пружины (оснований). Исходя из заданных параметров завод-изготовитель определяет технологическую возможность изготовления.

Учитывая развесовку автомобиля Lada Priora 50/50 на передний и задний мост соответственно и вес автомобиля, нагрузка на каждый мост составляет 8 кН. Вычисления производились по следующим формулам:

$$G_a = m_a g \quad (2.1)$$

Где m_a – масса автомобиля, кг;
 G_a - вес автомобиля, Н;
 g - ускорение свободного падения, кг/с²;

$$G_{a1} = \frac{G_a}{2} \quad (2.2)$$

Где G_{a1} - вес (нагрузка) на каждый мост соответственно.

Необходимо учесть, что полная масса автомобиля, соответствующая 1670 кг, не является расчётной, так как не является максимальной грузоподъёмной, при которой также эксплуатируется автомобиль. Соответственно, на каждый мост принято в расчёт 8 кН.

$$F_{m1,2} = 8 \text{ кН.}$$

Определим через частоту собственных колебаний статических прогиб подвески.

$$\vartheta = \frac{1}{2\pi} \left(\sqrt{\frac{g}{f_{ст}}} \right) \quad (2.3)$$

Где ϑ - частота собственных колебаний, Гц;
 $f_{ст}$ – статический прогиб подвески, м.

Таким образом, из формулы (2.3) извлечём $f_{ст}$.
Формула приобретает вид:

$$f_{ст} = \frac{g}{(\vartheta + 2\pi)^2} \quad (2.4)$$

Из справочной литературы [19] принимаем частоту собственных колебаний равной 0,8 – для легковых автомобилей. Статический прогиб $f_{ст} = 0,388$ м.

Определим усилие на один упругий элемент по формуле:

$$F_{ст} = \frac{F_{M1,2}}{2} \quad (2.5)$$

На каждый упругий элемент имеем нагрузку равной 4 кН.

Динамическая нагрузка определяется как произведение статической нагрузки и динамического коэффициента, который для легковых автомобилей равен 1,5.

Динамический прогиб определяется аналогично.

$$f_d = 1,5f_{ст} \quad (2.6)$$

$$F_d = 1,5F_{ст} \quad (2.7)$$

Динамическая нагрузка, в дальнейшем, останется ключевой расчётной силой для проверочного расчёта, в том числе.

Далее определим жесткость элемента (согласно формуле для цилиндрической витой, круглого сечения пружины).

$$c_{ст} = \frac{F_{ст}}{f_{ст}} \quad (2.8)$$

Где $c_{ст}$ - жесткость одного элемента, кН/м.

Жесткость каждого элемента равна 10,3 кН/м (2.8).

Жесткость конической пружины рассчитывается по иной формуле. Значение 10,3 кН/м остаётся сравнительным результатом.

Определим индекс пружины C по формуле:

$$C = \frac{D_o}{d} \quad (2.9)$$

Где D_o – средний диаметр пружины, м;

d - диаметр проволоки, м.

Для конической пружины сжатия D_o определяется:

$$D_o = \frac{D_{omax} + D_{omin}}{2} \quad (2.10)$$

Где D_{omax}, D_{omin} – наибольший и наименьший диаметры конической пружины соответственно.

Для последующего расчета необходимо ввести данные D_{omax}, D_{omin} . Из конструктивных особенностей автомобиля предложим 80 мм и 50 мм соответственно.

Вычислим по формуле 2.10 средний диаметр. $D_o = 65$ мм.

Определим диаметр проволоки витой пружины по следующей формуле:

$$d = \sqrt{16F_d(D_o/2)/\pi[\tau]_k} \quad (2.11)$$

Где $[\tau]_k$ - допускаемые напряжения для I группы пружин с динамической нагрузкой, равные 400 МПа.

Материал проволоки 60С2.

Диаметр проволоки (минимальный) составляет 1,7 мм.

Для последующего расчёта примем диаметр проволоки равным 5 мм – для переднего моста и 6 мм – для заднего.

В виду конструктивной особенности амортизаторов автомобиля, необходимо рабочие параметры конусной пружины вписать в габариты амортизатора, а значит геометрические параметры пружины должны подбираться. Для начального расчёта приняты стандартные в легковой промышленности диаметры прутков пружин.

Расчёт переднего и заднего мостов

Осадка пружины переднего моста определяется по формуле:

$$f_E = \frac{16F_d n}{Gd^4} \left(\frac{D_{omax}}{2} + \frac{D_{omin}}{2} \right) \left(\left(\frac{D_{omax}}{2} \right)^2 + \left(\frac{D_{omin}}{2} \right)^2 \right) \quad (2.12)$$

Где n - количество рабочих витков, ед;

G – модуль сдвига стали, равный 8000 МПа.

Количество рабочих витков определяется по формуле:

$$n = \frac{Gd^4}{16C_n \left(\frac{D_{omax}}{2} + \frac{D_{omin}}{2} \right) \left(\left(\frac{D_{omax}}{2} \right)^2 + \left(\frac{D_{omin}}{2} \right)^2 \right)} \quad (2.13)$$

Из формулы 2.13 определим жесткость пружины:

$$C_n = \frac{Gd^4}{16n \left(\frac{D_{omax}}{2} + \frac{D_{omin}}{2} \right) \left(\left(\frac{D_{omax}}{2} \right)^2 + \left(\frac{D_{omin}}{2} \right)^2 \right)} \quad (2.14)$$

Количество рабочих витков определим равным 4: $f_E = 168$ мм

Проверим число рабочих витков по формуле:

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Конические пружины сжатия имеют отличное достоинство перед цилиндрическими пружинами сжатия: дифференцируемую упругую характеристику. Упругая характеристика конической пружины имеет непостоянное значение, а значит имеет преимущество в рабочем процессе амортизаторов.

Такое преимущество определено различным диаметром на каждом последующем витке пружины. Так, в первую очередь выполняют работу широкие (по большему диаметру) витки пружин, и, далее, завершают работу витки с большей жесткостью (меньший диаметр витков).

Различие в диаметрах пружин не усложняет технологический процесс изготовления пружины. Таким образом, производство конической пружины можно рассмотреть на примере цилиндрической с некоторыми условностями.

Мы произвели расчет конической пружины и определили: сталь 60С2, диаметр прутка для передних пружин 5,5 мм, для задних 6,5 мм ГОСТ 14963-78 [32], диаметры конической пружины 40мм и 75мм, число рабочих витков передних пружин 4 ед., задних 5 ед.

Выбор материала.

Выбор материала стали 60С2 определён из практических расчетов пружин сжатия, с характеристикой 400 мПа допускаемые напряжения. Кроме такого, материал проволоки должен соответствовать нагрузкам. В случае применения пружин для подвески автомобиля – нагрузка динамическая, переменная. Пружины с динамической переменной нагрузкой относят к I категории пружин. К данной категории в практических пособиях предлагают список материалов, один из которых – 60С2.

Наиболее уместны для ответственных пружин углеродистые и легированные стали с содержанием 0,5...0,7 % С. Для изготовления ответственных пружин сжатия, работающих при циклических нагрузках и в диапазоне температур от –60 до +180 °С, используют проволоку из стали 60С2 [15].

Для справок: «для пружин, работающих при больших напряжениях, применяют кремнистую сталь. Пружины, подвергающиеся динамической нагрузке и работающие с высокими напряжениями усталости, изготавливают из высокомарганцовистых и высококремнистых сталей. Для пружин, работающих при повышенных температурах и в условиях быстродействующих динамических нагрузок, применяют хромованадиевые стали или специальные сплавы типа элинвара».

Технологический процесс.

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

Технологический процесс в общем виде изготовления стальных пружин включает следующие операции: подготовку материала; навивку пружин; отделку концов пружин; правку; термическую обработку; доводку; стабилизацию свойств (старение); покрытие и контроль.

Изготовление пружин круглого сечения может быть выполнено холодной или горячей навивкой. Первым способом обычно изготавливают мелкие или средние пружины (до 8 мм в диаметре), а вторым – крупные.

Кроме того, различие обуславливается применением различных видов термической обработки, что связано с необходимостью придать изделиям определенные характеристики.

Навивка заготовок выполняется из проволоки. Этот процесс представляет собой нагрев до температуры, превышающей интервал превращений, что отлично подготавливает материал для последующей холодной пластической деформации.

В сформированных навивкой заготовках обеспечиваются соответствие таких обязательных параметров, как:

Диаметр, мм (наружный).

Количество предусмотренных витков, ед. (рабочих и общих).

Шаг (с учетом изменений, возможные при последующей обработке).

Следующий этап – механическая отделка (торцевание), в процессе которой концевые витки (нерабочие) обрабатываются до образования поверхности, перпендикулярной оси. После этого производится термическая обработка – в данном случае – только низкотемпературный отпуск. Термообработанные пружины подвергаются контролю и испытаниям на соответствие параметров требованиям чертежей [15].

Если по требованиям эксплуатации предусмотрено антикоррозионное покрытие, его нанесение становится последним этапом производства таких деталей. Только в том случае, если применялась гальваника, детали прогреваются для обезводороживания.

В случае производства пружин конических сжатия для применения их в подвеске автомобиля, технологический процесс будет иметь вид (в конкретном случае выпускной квалификационной работы): подготовка материала 60С2 прутков Ø5,5 мм по ГОСТ 14963-78, холодная навивка пружин, шлифование концов пружин; термическая обработка; контроль и антикоррозионное покрытие.

Навивка пружины.

Определено несколько способов навивки витков. К примеру, холодная навивка на приспособлении к токарному станку с применением оснастки. Однако, применение оснастки является не точным изготовлением пружины, в виду того, что остаются остаточные деформации и после снятия пружины и термической обработки металл уводит с проектируемых значений. См. рисунок ниже.

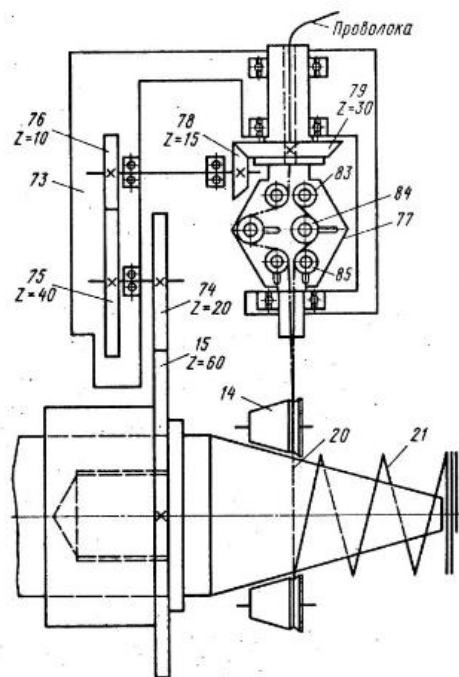


Рисунок 3.1 – приспособление для навивки конической пружины на токарном станке

Другой способ навивки витков пружины – холодная навивка без применения оснастки. См. рисунок ниже.

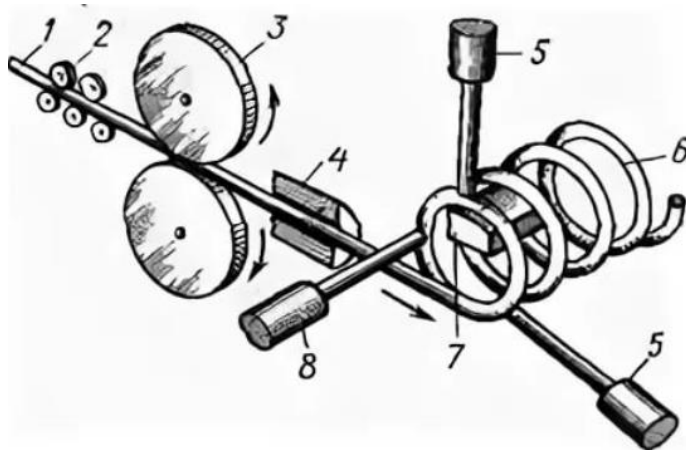


Рисунок 3.2 – принципиальная схема вытягивания прутка в пружину

Таким способом изготавливаются пружины малого диаметра и проволоки малого диаметра. Ползуны 5, 8 определяют геометрические характеристики пружины.

Схема, изображенная на рисунке выше, подходит для задачи дипломного проекта. Однако, вместо ползунуов применяются роликоопоры, по которым прокатывается проволока или ползуны соответствующих силовых параметров.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР

Лист

54

Для производства пружин сжатия, согласно геометрическим и упругим характеристикам конической пружины сжатия, выбрано оборудование: RG-1280-CNC. Такой станок позволяет произвести коническую пружину диаметром проволоки до 8мм из высокоуглеродистых сталей с максимальным диаметром 100мм, что соответствует выбранным пружинам из расчёта.



Рисунок 3.3 – оборудование RG-1280-CNC для производства конических пружин сжатия в т.ч.

Таблица 3.1 – технические характеристики RG-1280-CNC

Модель	RG-1280-CNC
Диаметр проволоки (проволока из углеродистой стали)	Ø3 - Ø8 мм
Общая мощность	71.4 кВт
Количество осей	12 осей
Количество осей подачи проволоки	4 пары
Сервомотор привода подачи проволоки	15 кВт
Сервомотор вращателя проволоки	15 кВт
Сервомотор слайдера	4.5×8 кВт
Серводвигатель поворотной оправки	2.7 кВт
Серводвигатель изогнутого вала	2.7 кВт
Габариты оборудования (ДхШхВ)	3500 × 2400 × 2500 мм

Продолжение таблицы 3.1

Вес оборудования	8000 кг
Напряжение	3ф 380В 50Гц

Шлифование концов пружины.

Торцы концевых нерабочих витков пружин, работающих на сжатие, шлифуют для создания плоских опорных поверхностей, перпендикулярных к оси. Такие опорные поверхности позволяют правильно устанавливать пружины и обеспечивают нормальную ее деформацию под действием нагрузки. Пружина, претерпевая сложную деформацию кручения, изгиба, сжатия, поворачивается вокруг своей оси, и торцовые витки скользят по установочным поверхностям. При шлифовании торцов опорных витков выдерживают заданную чертежом свободную длину пружины. Это достигается одновременным шлифованием обоих торцов пружины на специальных станках. Станок имеет два электродвигателя, на осях которых посажены шлифовальные круги 1 и 2 (рис. 3.4). Электродвигатель с кругом 1 монтируется на основании станка неподвижно, а электродвигатель с кругом 2 помещен на подвижных салазках, что позволяет устанавливать необходимое расстояние между шлифовальными кругами, которое соответствует свободной длине пружины. Обрабатываемые пружины вставляют в сменные втулки 5, которые устанавливаются в призмах подушки 4 и крепятся планкой 3. Подушка, прикрепленная к рейке, перемещается относительно кругов при помощи зубчатого колеса. Станок производителен, обеспечивает высокую точность свободной длины пружины и параллельность ее торцов.

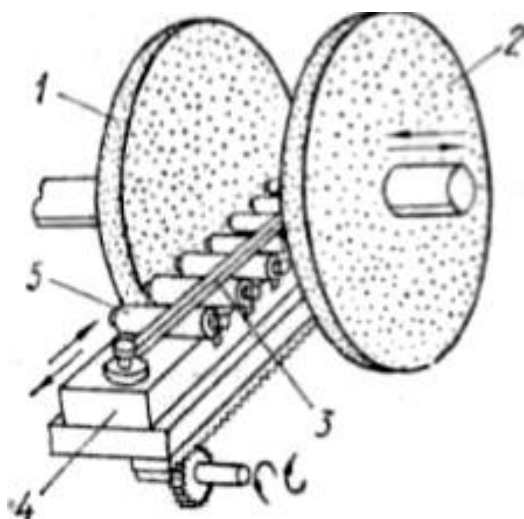


Рисунок 3.4 – принципиальная схема шлифования концов пружин

Термическая обработка пружин.

Для обеспечения постоянства характеристики пружины, повышения предела упругости ее материала, устранения внутренних напряжений и стабилизации основных механических свойств материала применяют термическую обработку. Для пружин из стальной, термически обработанной проволоки этого можно достичь кратковременным отпуском. При этом улучшается качество пружин (повышается точность размеров и формы, улучшается качество поверхностного слоя). Отпуск пружин производится после механических операций. Чистые сухие пружины закладывают в корзину из металлической сетки и погружают в селитровую ванну (250...320 °С). Время выдержки зависит от диаметра проволоки (до 2 ч). После необходимой выдержки корзину с пружинами вынимают, встряхивают для удаления расплавленной жидкой соли и погружают для промывки в кипящий содовый раствор. Потом прополаскивают в ванне с чистой горячей водой и погружают на 1...2 мин для удаления капелек воды в горячее масло (80...100 °С). Из горячего масла пружины переносят в холодное масло, после чего направляют на покрытие. Пружины из сталей марок 50ХФА, 60С2А и других подвергают закалке и отпуску, а пружины из бериллиевой бронзы БрБ2 и сплава ЭИ 702 – дисперсионному твердению.

Термическая обработка влияет на геометрические размеры пружин. При отпуске ее наружный диаметр уменьшается на 2 %, высота пружины – до 1,5 %, а число витков увеличивается на 1,5...2 %. Относительная величина сжатия после отпуска зависит от размера проволоки (обратно пропорциональна ее диаметру). Эти изменения размеров у точных пружин необходимо учитывать при навивке [16].

Антикоррозионное покрытие.

Покрытие пружин против коррозии – заключительная операция. Покрытия должны удовлетворять следующим основным требованиям: быть прочно сцепленными с основным металлом и иметь мелкокристаллическую структуру; быть гладкими и плотными (беспористыми); не должны увеличивать остаточную деформацию и способствовать образованию трещин.

В качестве антифрикционного покрытия применяют оксидирование, цинкование, кадмирование или фосфатирование. Наиболее распространены оксидные и кадмиевые покрытия. Оксидирование не вызывает хрупкости и изменения других механических свойств, но недостаточно предохраняет от коррозии. При кадмировании происходит некоторое насыщение пружины водородом, но его можно устранить без ухудшения антикоррозионных свойств покрытия ступенчатой термической обработкой. Сущность процесса состоит в том, что после кадмирования пружины прогревают при температуре 110 °С в течение 30 мин, а затем в течение 1,5...2 ч выдерживают при температуре 150 °С.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				57

При таком режиме водород удаляется из металла постепенно и покрытие не отслаивается.

Контроль.

Контроль готовых пружин включает внешний осмотр, измерение геометрических размеров и испытание. Внешний осмотр имеет целью выявить поверхностные дефекты. Измерение должно установить соответствие размеров пружины указанным на чертеже. Измерению обычно подлежат следующие параметры: свободная длина пружины, наружный диаметр, равномерность шага, перпендикулярность опорной плоскости к оси пружины, диаметр проволоки [16].

Испытания пружин определяются их назначением. Для измерения элементов пружин применяют рычажные микрометры, пассаметры, штангенциркули, предельные пробки и скобы, индикаторы, оптические приборы, а также различные автоматические приспособления.

ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ ТРИ

Рассмотрен и изучен процесс производства конических пружин сжатия. Определены варианты навивки витков, из которых выбран один, подходящий для пружин выпускной квалификационной работы. Выбрано оборудование, которое позволяет произвести навивку витков соответствующих геометрических и упругих параметров. Определены этапы технологического производства конических пружин.

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Построение графика Ганнта

Комплекс работ, выполняемый в выпускной квалификационной работе, спланирован в виде ленточного план-графика (график Ганнта) по этапам работ. На графике Ганнта, представленном в таблице 4.1, отрезками прямых изображается весь цикл работ, с учетом того, что они могут выполняться параллельно и последовательно. Общая ориентировочная продолжительность выпускной квалификационной работы 95 дней [18].

Таблица 4.1 – Ленточный план-график Ганнта

Этап работ	Исполнители		Продолжительность работ, дни	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-91
	Категория	Количество										
Введение	Инженер	1	2	-								
Изучение технического задания	Инженер	1	3	-								
Обзор и описание выбранной конструкции	Руководитель, Инженер	1	11	—								
Конструкторский раздел	Руководитель, Инженер	1	23	—								
Технологический раздел	Технолог, Инженер	1	12			—						
Организационно-экономический раздел	Консультант, Инженер	1	8			—						
Раздел БЖД	Консультант, Инженер	1	7				—					
Оформление пояснительной записки	Инженер	1	10				—					
Графический раздел	Инженер, Конструктор	1	23	—								
Нормоконтроль	Нормоконтролер	1	8	—								

Полученные в результате построения план-графика Ганнта данные будут использоваться в экономическом этапе для расчета капитальных затрат.

4.2 Расчет стоимости работы

Список работ и трудоемкость этапов по категориям работников, отображены в таблице 4.2. Оклады специалистов представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.2 – Список работ и трудоемкость этапов по категориям работников

Этап работ	Количество дней	Количество дней работы специалиста						
		Руководитель	Инженер	Технолог	Консультант по БЖД	Консультант по экономике	Конструктор	Нормоконтролер
Введение	2	2	2					
Изучение технического задания	3		3					
Обзор и описание выбранной конструкции	11		11					
Конструкторский раздел	23	5	23					
Технологический раздел	12		12	12				
Организационно-экономический раздел	8		8			8		
Раздел БЖД	7		7		7			
Оформление пояснительной записки	10		10					
Графический раздел	23		23				23	
Нормоконтроль	6							6
Итого:	95	7	95	12	7	8	23	6

Таблица 4.3 – Оклады специалистов

Специалист	Оклад, руб.
Руководитель	40000
Инженер	35000
Технолог	20000
Консультант по БЖД	25000
Консультант по экономике	25000
Конструктор	30000
Нормоконтролер	20000

Расчет заработной платы специалистов по проекту производится исходя из 22 дневного рабочего месяца. Результаты расчетов представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Заработная плата специалистов по проекту

Специалист	Заработная плата, руб.
Руководитель	27273
Инженер	151136
Технолог	7273
Консультант по БЖД	4545
Консультант по экономике	4545
Конструктор	13636
Нормоконтролер	5455
Итого:	213 863

Дополнительные расходы по проекту сведены в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Дополнительные расходы по проекту

Наименование расходов	Ед. изм.	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Покупка персонального компьютера	шт.	1	47 500	47 500
Покупка ПО для компьютера	шт.	1	50 900	50 900
Покупка принтера МФУ	шт.	1	12 500	12 500
Покупка картриджей к принтеру МФУ	шт.	1	9 300	9 300
Покупка бумаги для принтера	шт.	2	400	800
Транспортные расходы	час	80	100	8 000
Итого:				129 000

Итоговая стоимость составила 342863 рубля.

4.3 Расчет себестоимости изделия

Себестоимость изделия определяется исходя из стоимости всех комплектующих входящих в состав этого изделия.

Стоимость комплектующих базового и проектируемого образцов сведена в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Стоимость комплектующих базового и проектируемого образцов

Наименование комплектующих	Количество, шт	Базовый образец		Проектируемый образец	
		стоим., руб	сумма, руб	стоим., руб	сумма, руб
Стойка передняя ВАЗ-2170	2	3210	6240	3600	7200
Амортизатор задний	2	2350	4700	2700	5400
Болт М12х1.25х55 с буртиком	8	40	320	40	320
Гайка М12х1.25 самоконтрящаяся	8	35	280	35	280
Пружина задняя	2	685	1370	615	1230
Пружина передняя	2	1125	2250	1075	2150
Пыльник	4	250	1000	210	840
Резервуар	4	–	–	2400	9600
Шланг	8	–	–	800	6400
Датчик колебания	4	–	–	150	600
Датчик давления	4	–	–	97,5	390
Электродвигатель	1	–	–	3500	3500
Насос	4	–	–	500	2000
Панель управления	1	–	–	750	750
Итого:	48		16160		38860

Исходя из таблицы 4.6 видно, что сумма себестоимости комплектующих проектируемого изделия на 58,41 % выше суммы себестоимости комплектующих базового изделия и составляет 38860 руб.00 коп.

Для определения себестоимости изделия, сумму себестоимости комплектующих дополняем величиной затрат, учитывающую сборку изделия, для машиностроительных предприятий эти затраты составляют в среднем 25 % от суммы себестоимости комплектующих:

$$C_{\text{пол.}} = 38860 + 25\% = 48575 \text{ руб.}$$

4.5 Оценка коммерческой состоятельности ВКР

Для определения экономической целесообразности осуществления инвестиционного проекта используем простые (статистические) методы оценки эффективности инвестиций.

4.5.1 Простая норма прибыли (ПНП)

Простая норма прибыли (ПНП) – это гарантированный уровень доходности, сложившийся на рынке капиталов, определяется по формуле (4.4).

$$\text{ПНП} = \frac{P_p}{K_{\text{сум}}}, \quad (4.4)$$

где P_p – средняя расчетная (чистая) прибыль за период жизни проекта, руб.;

$K_{\text{сум}}$ – средние инвестиции в проект, руб.

Средняя расчетная (чистая) прибыль за период жизни проекта определим по формуле (4.5).

$$P_p = P_6 k_{\text{н.п}}, \quad (4.5)$$

где P_6 – балансовая (общая) прибыль, руб.;

$k_{\text{н.п.}}$ – коэффициент, учитывающий налог на прибыль, $k_{\text{н.п.}} = 0,76$.

Балансовая (общая) прибыль от реализации продукции определяется по формуле (4.6).

$$P_6 = (C_{\text{отп}} - C_{\text{пол}}) A_{\text{г}}, \quad (4.6)$$

где $C_{\text{отп}}$ – отпускная (свободная) цена изделия, руб./шт.;

$C_{\text{пол}}$ – полная плановая себестоимость изделия, руб./шт.;

$A_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска, шт.

Оптовую цену предприятия-изготовителя определяем исходя из полной себестоимости с учетом налога на добавленную стоимость (НДС), принимаем на уровне 20 %, $C_{\text{отп.}} = 58290$ руб./шт. Отпускную (розничную) цену изделия определяем с учетом торгово-закупочной надбавки, принятой в 15 %, $C_{\text{отп}} = 67033,5$ руб./шт. Примем годовую программу выпуска $A_{\text{г}} = 20$ шт.

В общем случае капитальные вложения (инвестиции) в строительство и организацию работ ($K_{\text{сум}}$) по выпуску новой продукции включают в себя сумму прямых капитальных вложений ($K_{\text{пр}}$), минимально необходимых оборотных средств ($K_{\text{об}}$), сопряженных капитальных вложений ($K_{\text{сопр}}$), капитальных вложений в НИОКР ($K_{\text{НИОКР}}$).

Для проектируемой конструкции подвески рассматриваются капиталобразующие инвестиции, при этом суммой вложений ($K_{\text{об}} + K_{\text{сопр}} + K_{\text{НИОКР}}$) пренебрегаем т. к. конструктивные изменения незначительные. Тогда, учитываются только прямые капитальные вложения ($K_{\text{пр}}$). Прямые капитальные вложения ($K_{\text{пр}}$) рассчитываются по формуле (4.7).

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

$$K_{\text{пр}} = (0,5 \dots 0,9)C_{\text{пол}}A_{\Gamma}, \quad (4.7)$$

Используя формулы (4.4), (4.5), (4.6), (4.7) получим:

$$K_{\text{сум}} = K_{\text{пр}} = 0,7 \cdot 48575 \cdot 20 = 680050 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{с}} = (67033,5 - 48575)20 = 369170 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{р}} = 369170 \cdot 0,76 = 280569,2 \text{ руб.}$$

$$\text{ПНП} = \frac{280569,2}{680050} = 0,41.$$

На основании произведенных расчетов можем оценить и сделать вывод об эффективности инвестиций с гарантированным уровнем доходности в 41%.

4.5.2 Срок окупаемости

Срок окупаемости инвестиций ($T_{\text{ок}}$) – это минимальный временной интервал, за пределами которого суммарный эффект становится равным нулю и остается в дальнейшем положительным. При этом весь объем получаемых проектом денежных средств (от реализации продукции), к которым относятся суммы прибыли и амортизации, засчитывается как возврат на первоначально инвестированный капитал. Интервал, в котором остаток становится отрицательным, означает искомый «срок окупаемости».

Срок окупаемости проекта рассчитываем по формуле (4.8).

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{сум}}}{П_{\text{р}}}, \quad (4.8).$$

где $T_{\text{ок}}$ – срок окупаемости проекта;

$П_{\text{р}}$ – средняя расчетная (чистая) прибыль за период жизни проекта, руб.;

$K_{\text{сум}}$ – средние инвестиции в проект, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{680050}{280569,2} = 2,4 \text{ года.}$$

Годовой доход рассчитываем по формуле (4.9).

$$Д = Ц_{\text{отп}}A_{\Gamma}, \quad (4.9)$$

где $Д$ – годовой доход, руб.;

$Ц_{\text{отп}}$ – отпускная (свободная) цена изделия, руб./шт.;

A_{Γ} – годовая программа выпуска, шт.

$$Д = 67033,5 \cdot 20 = 1340670 \text{ руб.}$$

График денежных потоков изображен на рисунке 4.1.

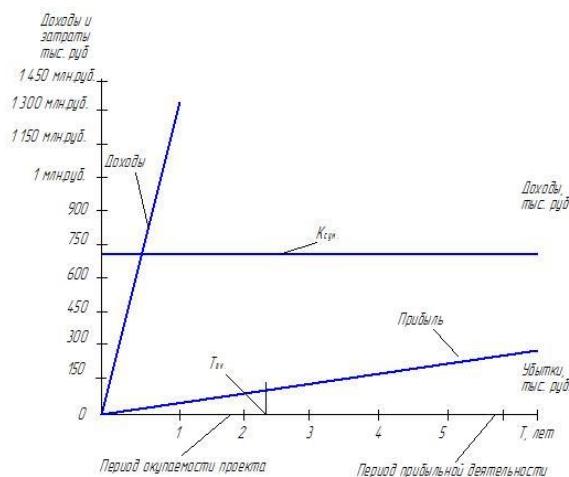


Рисунок 4.1 – График денежных потоков

4.5.3 Точка безубыточности

Точка безубыточности проекта показывает критический объем производства ($A_{кр}$), при котором прибыль становится нулевой, так как выручка от реализации совпадает с издержками производства. Аналитически точку безубыточности проекта можно определить по формуле (4.10):

$$A_{кр} = \frac{B}{C_{отп} - a}, \quad (4.10)$$

где B – условно-постоянные издержки на весь выпуск, руб./год.;

$C_{отп}$ – отпускная цена предприятия, руб./шт.;

a – условно-переменные издержки на единицу продукции, руб./шт.

К условно-постоянным издержкам относят расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, общецеховые расходы, общезаводские расходы, внепроизводственные расходы, расходы будущих периодов, налоги (включаемые в себестоимость продукции) и др., и составляют 30% от полной себестоимости.

Определим условно-постоянные издержки по формуле (4.11).

$$B = 0,3C_{пол}A_{г}, \quad (4.11)$$

где B – условно-постоянные издержки, руб./год.;

$C_{пол}$ – полная плановая себестоимость изделия, руб./шт.;

$A_{г}$ – годовая программа выпуска, шт.

$$B = 0,3 \cdot 48575 \cdot 20 = 291450 \text{ руб./год.}$$

К условно-переменным издержкам относят стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов, затраты на заработную плату

рабочих, включая основную, дополнительную, отчисления на социальные нужды и др., и составляют 70% от полной себестоимости.

Определим условно-переменные издержки по формуле (4.12).

$$a = 0,7C_{\text{пол}}, \quad (4.12)$$

где a – условно-переменные издержки, руб./год;

$C_{\text{пол}}$ – полная плановая себестоимость изделия, руб./шт.

$$a = 0,7 \cdot 48575 = 34002,5 \text{ руб./год.}$$

Отсюда следует, что точка безубыточности равна:

$$A_{\text{кр}} = \frac{291450}{67033,5 - 34002,5} = 8,8 \text{ шт./год.}$$

Графически «точка безубыточности» рассчитывается по формулам (4.13) и (4.14), учитывающим зависимость объемов реализации (V_p) и общих издержек от объемов выпуска и реализации (C).

$$V_p = C_{\text{отп}} \cdot A_{\text{г}}, \quad (4.13)$$

где V_p – объем реализации, руб.;

$C_{\text{отп}}$ – отпускная цена предприятия, руб./шт.;

$A_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска, шт.

$$V_p = 67033,5 \cdot 20 = 1340670 \text{ руб.}$$

$$C = aA_{\text{г}} + B, \quad (4.14)$$

где C – объем выпуска и реализации, руб.;

a – условно-переменные издержки, руб./год;

$A_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска, шт.;

B – условно-постоянные издержки, руб./год.

$$C = 34002,5 \cdot 20 + 291450 = 971500 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных построен график безубыточности производства, представленный на рисунке 4.2, с определением точки безубыточности.

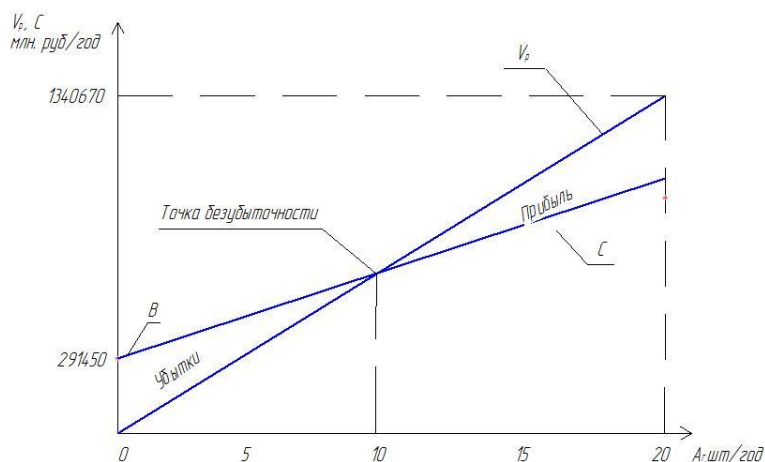


Рисунок 4.2 – График безубыточности

Для оценки рассчитанного значения $A_{кр}$ и фактической программой выпуска деталей A_r определяем «относительный запас прочности» по формуле (4.15).

$$\delta = \frac{A_r - A_{кр}}{A_r} \cdot 100, \quad (4.15)$$

где δ – относительный запас прочности, %;

$A_{кр}$ – точка безубыточности, шт./год;

A_r – годовая программа выпуска, шт.

$$\delta = \frac{20 - 8,8}{20} \cdot 100 = 56\%.$$

Расчет запаса прочности показывает, что можно снизить объем производства и реализации продукции без угрозы его финансового положения на 56%.

Таблица 4.7 – Техничко-экономические показатели инвестиционного проекта

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
Годовая программа	шт.	20
Полная себестоимость	тыс.руб.	48575
Оптовая цена	тыс.руб.	414931
Прибыль	тыс.руб./год	280569
Инвестиции	тыс.руб.	680050
Срок окупаемости	год	2,4
Точка безубыточности	шт.	8,8

ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ ЧЕТЫРЕ

В организационно-экономическом разделе выпускной квалификационной работы представлена оценка рынка сбыта данного изделия.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Введение

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – это система знаний, которая обеспечивает безопасность деятельности человека в производственной и непроизводственной среде, а также разработку мероприятий по обеспечению безопасности в долгосрочной перспективе с учетом воздействия человека на окружающую среду. В условиях научно–технического прогресса, быстрорастущего производства, внедрения новой техники и технологий, возрастающей роли человека в производстве, социально значимыми становятся безопасные и здоровые условия труда. Следовательно, проблема безопасности жизни приобретает особую актуальность. Конституция Российской Федерации, как одно из основных прав граждан, закрепила статью 41 – право на охрану здоровья. Естественным следствием этого является право работника на здоровье и безопасные условия труда, которые также закреплены в качестве отдельного принципа в виде субъективного права в ст. 37 Конституции.

Автомобильный транспорт играет ведущую роль в пассажирских перевозках (что составляет около 80% мирового пассажирооборота), а также имеет следующие преимущества: маневренность и мобильность; автономность транспортного средства; высокая скорость доставки; широкая сфера применения по территории, типу грузов и систем связи; более короткий маршрут по сравнению с естественными водными путями.

Однако, при эксплуатации автомобильного транспорта, возникает необходимость в его ремонте и обслуживании. Все малозатратные работы при обслуживании компонентов и узлов автомобилей, например, замена технологических жидкостей (масло, охлаждающая жидкость, тормоз) и такие, которые требуют больших затрат, связанных с ремонтными работами, например, в случае если все подшипники должны быть полностью заменены, требуют для ремонта и обслуживания автотранспорта необходимое пространство. Ремонтно-производственные помещения представляют собой замкнутые пространства в зданиях и сооружениях, специально предназначенных для этих целей, в которых люди постоянно работают (в зависимости от смены).

При разработке проектов ремонтные работы должны включать использование передовых методов ремонта, использование передового технологического оборудования, рациональное использование производственных площадей, экономию материальных и энергетических ресурсов, технически возможное снижение загрязнения окружающей среды.

При проектировании сооружений для механического ремонта и инженерных сооружений, руководствуются действующими правилами, «Типовой системой технического обслуживания и ремонта металлообрабатывающего и деревообрабатывающего оборудования» (Машиностроение, Москва, 1988) и другими нормативными документами.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				68

Ремонтно-механические цеха выполняют следующие работы: изготовление запасных частей, узлов и запасных частей к оборудованию и средствам механизации и автоматизации; капитальный и средний ремонт оборудования; проведение текущих ремонтов, осмотров и технической диагностики состояния отдельных компонентов и систем оборудования; выполнение модернизации оборудования.

Оборудование, используемое для изготовления деталей, это металлорежущие станки, гальванических ванны для нанесения электродно-диффузионных покрытий, муфельные печи и высокотемпературные печи с приводом, электрических и пневматических приводные инструменты и ручные инструменты.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003–2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» исходя из природы действия факторов, можно выделить следующие группы ОВПФ: физические, химические, психофизиологические [20].

Физические ОВПФ:

а) движущиеся объекты, механизмы или машины, а также неподвижные элементы на рабочем месте (с механическим воздействием);

б) электрический ток.

Источником повреждения могут быть незащищенные и неизолированные электрические провода, поврежденные электродвигатели, разомкнутые выключатели, незаземленное оборудование и т. д.

в) агрессивные и токсичные химические вещества, используемые в гальванических ваннах для нанесения антикоррозионных покрытий;

г) отопляемые предметы оборудования, другие теплоносители (термически);

д) ущерб, измеренный во время падения;

Во время эксплуатации возникают следующие ОВПФ:

а) наличие вращающихся частей трансмиссии с частотой вращения до 2300 об/мин;

б) нагрев тормозных дисков;

в) наличие в картере гидроцилиндра;

г) шум.

К химическим ОВПФ относятся:

а) выделение паров нефтепродуктов, паров веществ, используемых для нанесения электродиффузионных покрытий;

б) воздействие топлива и смазочных материалов.

К психофизиологическим ОВПФ относятся:

а) физическая перегрузка: ограниченная подвижность во время работы, неправильное рабочее положение;

б) нервно–психические перегрузки: психическое перенапряжение.

Возможные аварийные ситуации: замыкание токонесущей части оборудования на его корпусе или теле человека, освобождение деталей от фиксации во время

обработки, самопроизвольный запуск оборудования, падение предметов оборудования, заготовок или инструментов, разливы технических жидкостей.

Длительное пребывание человека среди неблагоприятных условий на рабочем месте может привести к появлению различных заболеваний. Для снижения вредного воздействия вредных факторов на организм человека, нормализуются опасные производственные факторы.

5.2 Нормирование опасных и вредных производственных факторов

5.2.1 Микроклимат производственных помещений

Микроклиматические условия в производственных помещениях регулируются Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». Настоящие санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (далее – СанПиН) устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам неионизирующей природы (далее – физических факторов) на рабочих местах и источникам этих физических факторов, а также требования к организации контроля, методам измерения физических факторов на рабочих местах и мерам профилактики вредного воздействия физических факторов на здоровье работающих [21].

Параметры, которые характеризуют микроклимат:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Параметры микроклимата меняются с изменением условий окружающей среды. Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются по-разному для постоянных и непостоянных рабочих мест.

Работа механизаторов и сборщиков подпадает под категории Пб (работа с энергоемкостью 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанная с перемещением, перемещением и переносом грузов до 10 кг и сопровождаемая умеренными физическими нагрузками). Так, в холодное время года температура воздуха должна быть в пределах 17 ... 19 С, относительная влажность – в пределах 40 ... 60 %, скорость движения воздушных масс должна составлять около 0,2 м/с. Оптические значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблицах 5.1, 5.2, 5.3.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				70

Таблица 5.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб (233–290)	17–19	16–20	60–40	0,2
Теплый		19–21	18–22	60–40	0,3

Таблица 5.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений часть 1

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	Пб (233–290)	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0
Теплый		16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений часть 2

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб (233–290)	15–75	0,2	0,4
Теплый	Пб (233–290)	15–75	0,2	0,5

5.2.3 Требования к производственному освещению

5.2.3.1 Общие положения

Одним из важных вопросов охраны труда является освещение рабочих мест. При плохом освещении зрительные способности снижаются, и вы можете испытывать боль в глазах, головные боли и близорукость.

Освещение производственных помещений регламентируется СП 52.13330.2016 [25]. Данный свод правил распространяется на проектирование зданий и сооружений различного назначения, места производства работ вне зданий, площадки промышленных и сельскохозяйственных предприятий, железнодорожные пути площадок предприятий, наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов, автотранспортных тоннелей.

В этом своде правил нормируется средняя освещенность на условной рабочей поверхности для любых источников света, кроме оговоренных случаев. Нормируемые значения яркости дорожных покрытий в настоящих нормах приводятся для любых источников света.

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну степень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Нормированные значения яркости поверхности, кд/м² Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1), отличающиеся на одну степень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 2; 3; 5; 8; 10; 12; 15; 20; 25; 30; 50; 75; 100; 125; 150; 200; 400; 500; 750; 1000; 1500; 2000; 2500.

Требования к освещению помещений принимаем по таблице, размещенной на плакате по безопасности жизнедеятельности.

5.2.3.2 Искусственное освещение

Под искусственным освещением понимается получение света от неестественных источников (ламп). Такое освещение в современном мире осуществляется в основном в двух видах: с использованием люминесцентных ламп или ламп накаливания.

Для общего искусственного освещения помещений необходимо использовать, как правило, разряды источников света, чтобы отдавать предпочтение при равной мощности источника света с самыми высокими световыми показателями и сроком службы.

Рабочее освещение должно быть обеспечено для всех помещений, предназначенных для работы. Для помещений, где зоны с разными естественными условиями освещения и разными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением.

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

5.2.4 Уровень шума в производственных помещениях

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 "Шум, общие требования безопасности" (изменение I.Ш.89) [26] и Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [27].

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, кузнечнопрессовое оборудование, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры).

Шум снижает производительность труда, может явиться причиной несчастных случаев. Продолжительный шум вызывает утомление, может привести к снижению слуха или глухоте. Шум действует на ЦНС (центральную нервную систему), т.е. влияет на весь организм в целом. Под влиянием сильного шума, 90-100 дБ и выше, изменяются ритмы дыхания и сердечной деятельности, изменяется кровяное давление, притупляется зрение. Шум оказывает раздражающее воздействие на кору головного мозга, ускоряет процесс утомления, ослабляет общее внимание, замедляет психические реакции.

Диапазон частот звуковых колебаний колеблется от 16 до 20000 Гц. Все, что ниже 16 Гц. – инфразвук (большие двигатели), свыше 20000 Гц. – ультразвук.

По частоте шум делится на низкочастотный (до 350 Гц.), среднечастотный (350-800 Гц.) и высокочастотный (свыше 800 Гц.).

По характеру спектра шум делится на широкополосный – когда слышны звуки нескольких частот сразу, и на тональный – когда слышен один тон, одна частота.

По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные (изменяется в течении рабочей смены не более чем на 5 дБ) и непостоянные (более чем на 5 дБ). В свою очередь непостоянные шумы подразделяются на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные.

В качестве характеристик постоянного шума на рабочих местах, а также для определения эффективности мероприятий по ограничению его неблагоприятного влияния, принимаются уровни звукового давления в децибелах (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

В качестве общей характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБ(А), представляющая собой среднюю величину частотных характеристик звукового давления.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный параметр – эквивалентный уровень звука в дБ(А). В связи с характером выполняемых работ, токарь относить к категории напряженности средней степени и средней физической нагрузке. Предельно допустимые уровни звука на рабочих местах представлены в таблице 5.7.

										Лист
										76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР					

Таблица 5.7 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

общественных зданий и шума на территории жилой застройки

Назначение трудовой деятельности	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами	–	107	95	87	80	78	75	73	71	69	80
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

Таблица 5.8 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Категория напряженности трудоового процесса	Категория тяжести трудоового процесса
	Средняя физическая нагрузка
Напряженность легкой степени	80

5.2.5 Правила устройства электропроводки в производственных помещениях

Для обеспечения безопасности работающих людей, необходим контур заземления, к которому подключается все электрооборудование. Кроме этого, на каждом рабочем месте нужны розетки, для подключения электроинструментов и переносных светильников, рассчитанных на пониженное напряжение.

5.2.6 Правила пожарной безопасности в производственных помещениях

Сооружение–цех по обслуживанию автомобилей. Площадь 400м². Категория помещения по пожарной безопасности в1–в4. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Таблица 5.9 – Категории пожароопасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенна я взрывопожа ро- опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожа ро- опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении больше 5 кПа.

Таблица 5.10 – Эффективность применения огнетушителей в зависимости от класса пожара и заряженного ОТВ

Клас с пожа ра	ОГНЕТУШИТЕЛИ									
	Водные		Воздушно-эмульсионные		Воздушно-пенные		Воздушн о- пенные с фтор- содержа щим зарядом	Порошковые	Углекислотные	Хладоновые
	с рас- пылен ной струей	с тонко- распылен ной струей	с расп ы- ленн ой стру ей	с тонко- распылен ной струей	пена низк ой крат - ност и	пена средн ей крат - ности				
А	++	++	+++	+++	++	+	++	++	+	+
В	-	+	+++	+++	++	++	+++	++ +	+	+
С	-	-	-	-	-		-	++ +	+	+
Д	-	-	-	-	-		-	++ +	-	-
Е	-	+	-	++	-		-	++	++ +	+

Знаком +++ отмечены огнетушители, наиболее эффективные при тушении пожара данного класса; ++ огнетушители, пригодные для тушения пожара данного класса; + огнетушители, недостаточно эффективные при тушении пожара данного класса; – огнетушители, непригодные для тушения пожара данного класса [29].

Таблица 5.11 – Классификация пожаров по ГОСТ 27331 и рекомендуемые средства пожаротушения

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс пожара	Характеристика подкласса	Рекомендуемые средства пожаротушения
А	Горение твердых веществ	А1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (например, древесина, бумага, уголь, текстиль)	Вода со смачивателями, пена, хладоны, порошки типа АВСЕ
		А2	Горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением (каучук, пластмассы)	Все виды огнетушащих средств
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидких веществ, нерастворимых в воде (бензин, нефтепродукты), а также сжижаемых твердых веществ (парафин)	Пена, тонкораспыленная вода, вода с добавкой фторированного ПАВ, хладоны, СО, порошки типа АВСЕ и ВСЕ
		В2	Горение полярных жидких веществ, растворимых в воде (спирты, ацетон, глицерин и др.)	Пена на основе специальных пенообразователей, тонкораспыленная вода, хладоны, порошки типа АВСЕ и ВСЕ
С	Горение газообразных веществ	-	Бытовой газ, пропан, водород, аммиак и др.	Объемное тушение и флегматизация газовыми составами, порошки типа АВСЕ и ВСЕ, вода для охлаждения оборудования

Продолжение таблицы 5.11

D	Горение металлов и металлосодержащих веществ	D1	Горение легких металлов и их сплавов (алюминий, магний и др.), кроме щелочных	Специальные порошки
		D2	Горение щелочных металлов (натрий, калий и др.)	Специальные порошки
		D3	Горение металлосодержащих соединений (металлоорганические соединения, гидриды металлов)	Специальные порошки

5.2.7 Общие требования охраны труда

К самостоятельной работе по снятию и установке пружин автомобиля допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда.

Работник обязан:

- Выполнять только ту работу, которая определена рабочей инструкцией.
- Выполнять правила внутреннего трудового распорядка.
- Правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты.
- Соблюдать требования охраны труда.
- Немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления).
- Проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда.
- Проходить обязательные периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования), а также проходить внеочередные медицинские осмотры (обследования) по направлению работодателя в случаях, предусмотренных Трудовым кодексом и иными федеральными законами.
- Уметь оказывать первую помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях.
- Уметь применять первичные средства пожаротушения.

При снятии и установке пружин автомобиля возможны воздействия следующих опасных и вредных производственных факторов:

- движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов;
- недостаточная освещенность рабочих мест;
- появление в зоне работы взрывоопасных, пожароопасных и ядовитых сред;
- физические перегрузки.

При выполнении работ по снятию и установке пружин автомобиля необходимо знать и помнить, что несчастные случаи наиболее часто могут происходить при:

- вывешивании автомобиля для замены колес и стоек амортизаторов;
- отворачивании гаек и футорок вручную;
- применении неисправного инструмента и приспособлений.

Запрещается пользоваться инструментом и приспособлениями, обращению с которыми работник не обучен и не проинструктирован.

Работник, выполняющий работы по снятию и установке пружин автомобиля, должен соблюдать правила личной гигиены. После окончания работы, перед приемом пищи или курением мыть руки с мылом.

За невыполнение требований инструкции, разработанной на основе данной типовой инструкции работник, выполняющий работы по снятию и установке колес автомобиля несет ответственность согласно действующему законодательству.

5.2.8 Требования охраны труда перед началом работы

- 1) Надеть спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты.
- 2) Проверить и убедиться в исправности закрепленного инструмента, приспособлений и средств защиты.
- 3) Обо всех недостатках и неисправностях инструмента, приспособлений и средств защиты, обнаруженных при осмотре, доложить руководителю работ для принятия мер к их устранению.
- 4) Внимательно осмотреть рабочее место, расположить инструмент с максимальным удобством для пользования, не допуская в зоне работы лишних предметов.
- 5) Поставить необходимые защитные ограждения и предупредительные плакаты.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				83

5.2.9 Требования охраны труда во время работы

1) Снятие и установку пружин следует производить на предназначенном для этой цели участке, оснащенном необходимым оборудованием и приспособлениями.

2) При установке автомобиля на специальный подъемник или яму для снятия колес, далее пружин и стоек необходимо следить, чтобы все лапы-подхваты были надежно установлены под автомобиль и при подъеме не возникало перекосов.

3) Отворачивать и заворачивать гайки и футорки крепления колес, стоек автомобиля следует с помощью гайковерта. При отворачивании их вручную необходимо занять устойчивое положение и надежно наложить ключ на грани гайки.

4) Запрещается: наращивать гаечные ключи трубой или другими предметами; отворачивать гайки рывком.

ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ ПЯТЬ

Таким образом, соблюдение мер безопасности и поддержание рабочих помещений в соответствии с требованиями регламентирующих документов, позволяет обеспечить безопасные условия труда, сохранить здоровье и работоспособность персонала.

									Лист
									84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа выполнена на тему: «Модернизация подвески переднеприводного легкового автомобиля с целью его безопасности». Цель выпускной квалификационной работы – повышение активной безопасности автомобиля (ВАЗ-2170) путём разработки безопасной подвески.

Нами разработаны: выявлены конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на устойчивость, управляемость и плавность хода (активная безопасность автомобиля); выявлены способы повышения активной безопасности автомобиля; проведён обзор существующих конструкций подвесок автомобилей; предложен свой вариант подвески автомобиля (данная разработка позволяет изменять жёсткость подвески); произведены основные прочностные расчёты элементов конструкции модернизированной подвески; предложены мероприятия обеспечения безопасности жизнедеятельности на производстве; рассчитаны экономические показатели.

									Лист
									85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2020.077 ПЗ ВКР				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Активная и пассивная безопасность автомобиля. – URL: http://www.0zn.ru/transport/aktivnaya_i_passivnaya_bezopasnost.html.
- 2 MONROE Все о подвеске. – Enterservice.su. – URL: http://enterservice.su/index.php?option=com_content&view=article&id=203:2012-07-30-03-24-54&catid=3:2012-02-02-15-20-17&Itemid=82.
- 3 Разновидности подвесок. – URL: <https://www.autoshcool.ru/1546-raznovidnosti-podvesok-avtomobilej.html>.
- 4 Транспортное средство как источник повышенной опасности. Экстремальные ситуации аварийного характера на транспорте. – URL: http://fineref.narod.ru/bgd/transportnoe_sredstvo_istochnik_opasnosti.htm.
- 5 Влияние конструктивных факторов на плавность хода автомобиля. – URL: <http://stroy-technics.ru/article/vliyanie-konstruktivnykh-faktorov-na-plavnost-khoda-avtomobilya>.
- 6 Устойчивость автомобиля. – URL: <https://pandia.ru/text/80/229/13060.php>.
- 7 Устойчивость и управляемость автомобиля: критерии и факторы. – URL: <https://fb.ru/article/439649/ustoychivost-i-upravlyaemost-avtomobilya-kriterii-i-factoryi>.
- 8 Комплектация Лада Приора. – URL: <https://лада.онлайн/reviews-tests/lada-priora-reviews-tests/732-komplektaciya-lada-priora-norma-foto-osobennosti-i-opcii.html>.
- 9 Виды подвесок. – URL: http://udtuning.ru/masterskaya/pnevmpodveski/vidy_podvesok.
- 10 Упругие элементы подвески. – URL: http://www.monstrohod.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=6.
- 11 Артамонов, В. И. Конструирование и расчет автомобиля / В. И. Артамонов. М.: Транспорт, 1982. – 420 с.
- 12 Решетов, Д. Н. Детали машин : учебник для студ. машиностроит. и механич. спец. вузов / Д. Н. Решетов. – М.: Машиностроение, 1989. – 495 с., ил.
- 13 Автомобили ВАЗ, ГАЗ. Техническое обслуживание и ремонт. М.: Транспорт, 2007. – 264 с.
- 14 Техническая эксплуатация автомобилей / под ред. Е. С. Кузнецова. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
- 15 С. Н. Марычев. Технология изготовления упругих элементов приборов. Учебное пособие. Владимир 2008.
- 16 Ачкасов, Н. А. Технология точного приборостроения : учеб. для вузов / Н. А. Ачкасов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1981. – 351 с.
- 17 Заслонов, В. Г. Организационно-экономическая часть дипломного проекта: учебное пособие / В. Г. Заслонов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 97 с.

