

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Полноприводный легковой автомобиль. Модернизация подвески автомобиля

Обучающийся

 Р.Р. Габбасов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

 канд. техн. наук, доцент Л.А. Черепанов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

 канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

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

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

 канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Дипломный проект на тему: Полноприводный легковой автомобиль. Модернизация подвески автомобиля.

Полноприводные легковые автомобили пользуются спросом благодаря повышенной проходимости и устойчивости на разных типах дорожного покрытия. Однако их подвеска подвергается значительным нагрузкам, особенно при эксплуатации в условиях бездорожья или на плохих дорогах. Модернизация подвески позволяет улучшить комфорт, управляемость, долговечность и безопасность автомобиля, что делает данную тему актуальной для автомобилестроения и тюнинга.

Цель работы: повышение эксплуатационных характеристик полноприводного легкового автомобиля за счет модернизации конструкции подвески.

Задачи работы:

- разработка модернизированной конструкции подвески с улучшенными параметрами,
- проведение конструкторских расчетов подвески.

Объект: подвеска полноприводного легкового автомобиля.

Методы исследования:

- теоретический анализ научной и технической литературы,
- компьютерное моделирование (CAD/CAE-системы),
- прочностные и динамические расчеты.

Структура работы включает введение, шесть разделов основного содержания, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение.

В первом разделе рассмотрены характеристики устойчивости и управляемости автомобиля, их взаимосвязь с конструкцией подвески, варианты доработок подвески полноприводных автомобилей.

Во втором разделе проведен анализ динамических характеристик автомобиля, представлены расчёты, определяющие тяговые возможности и динамику транспортного средства при различных режимах движения.

В третьем разделе проведена конструкторская проработка подвески полноприводного легкового автомобиля.

Четвертый раздел посвящен разработке технологического процесса сборки, представлен выбор оптимального метода, детальная схема выполнения операций.

В пятом разделе проведен комплексный анализ безопасности и экологичности проекта, оценены потенциальные риски для персонала и окружающей среды, разработаны инженерные и организационные меры по их минимизации, предложены решения, обеспечивающие соответствие проекта действующим нормам охраны труда и экологическим стандартам.

В шестом разделе проведена оценка финансовой целесообразности проекта, проведён расчёт ключевых показателей, подтверждающих его рентабельность и окупаемость.

Пояснительная записка на 116 страницах, объем графической части составляет 10 листов формата А1.

Практическая значимость: результаты работы могут быть использованы при проектировании и модернизации подвесок полноприводных автомобилей для повышения их ходовых качеств и безопасности. Разработка представляет интерес для автосервисов, тюнинг-ателье и производителей автомобильных компонентов.

Abstract

The title of the graduation work is: «The all-wheel drive passenger car. Modernization of the vehicle suspension».

The graduation work consists of: an introduction, six general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The aim of the project is to improve the suspension system of an all-wheel-drive passenger car (specifically the UAZ Hunter) to enhance its off-road capability, ride comfort, and overall dynamic performance while maintaining structural reliability.

In the first part of the graduation project, the current state of suspension systems in all-wheel-drive vehicles is analyzed, including key challenges and existing solutions.

In the second part, traction and dynamic calculations are performed, including the construction of the engine's external speed characteristic, traction performance analysis, and prediction of vehicle dynamics in various operating conditions.

The third section focuses on the design development of the upgraded suspension, providing justification for the selected modifications and performing necessary engineering calculations to ensure strength and kinematic compatibility.

The fourth section covers the technological aspects of implementing the new suspension, including the selection of optimal assembly methods and the design of a manufacturing process for the modernized suspension system of the UAZ Hunter.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

This research contributes to the improvement of off-road vehicle suspensions, offering a practical solution for enhancing durability, comfort, and performance in challenging driving conditions.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	9
2 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	13
2.1 Расчет и построение внешней скоростной характеристики	14
2.2 Расчет и построение тяговой части паспорта.....	18
2.3 Прогноз тяговой динамичности и эффективности автомобиля в выбранных условиях.....	23
3 Конструкторская часть	26
3.1 Обоснование модернизации подвески автомобиля	26
3.2 Конструкторские расчёты подвески	37
4 Технологический раздел.....	60
4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки	61
4.2 Проектирование технологического процесса сборки модернизированной подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER».....	68
5 Безопасность и экологичность проекта	75
5.1 Структурно-функциональный анализ	77
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	79
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	82
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	88
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески автомобиля «УАЗ HUNTER».....	93
6 Экономическая эффективность проекта.....	96
Заключение	105
Список используемой литературы и используемых источников.....	106
Приложение А. Спецификация.....	111

Введение

Современные легковые автомобили с полным приводом (4×4) пользуются стабильно высоким спросом благодаря своей универсальности, сочетающей комфорт городской езды с повышенной проходимостью в сложных дорожных условиях.

Однако эксплуатация таких автомобилей предъявляет особые требования к подвеске, которая должна обеспечивать не только плавность хода и устойчивость на асфальте, но и надежную работу при движении по бездорожью.

«Подвеской автомобиля называется совокупность элементов, узлов и механизмов, обеспечивающих упругую связь между кузовом (рамой) автомобиля и его колесами» [5].

Основные функции подвески:

- обеспечение плавности хода – смягчение ударов и вибраций от неровностей дороги;
- поддержание контакта колес с дорогой – улучшение устойчивости и управляемости;
- передача сил и моментов – от колес к кузову при разгоне, торможении и поворотах;
- геометрическая кинематика – поддержание оптимального положения колес при работе подвески.

Основные элементы подвески:

- упругие элементы (пружины, рессоры, торсионы, пневмобаллоны) – воспринимают нагрузку и смягчают удары;
- направляющие элементы (рычаги, штанги, тяги) – задают траекторию движения колес;
- амортизаторы – гасят колебания кузова;
- стабилизатор поперечной устойчивости – уменьшает крены в поворотах;

- опора колеса (стойка, поворотный кулак) – обеспечивает крепление и поворот колеса.

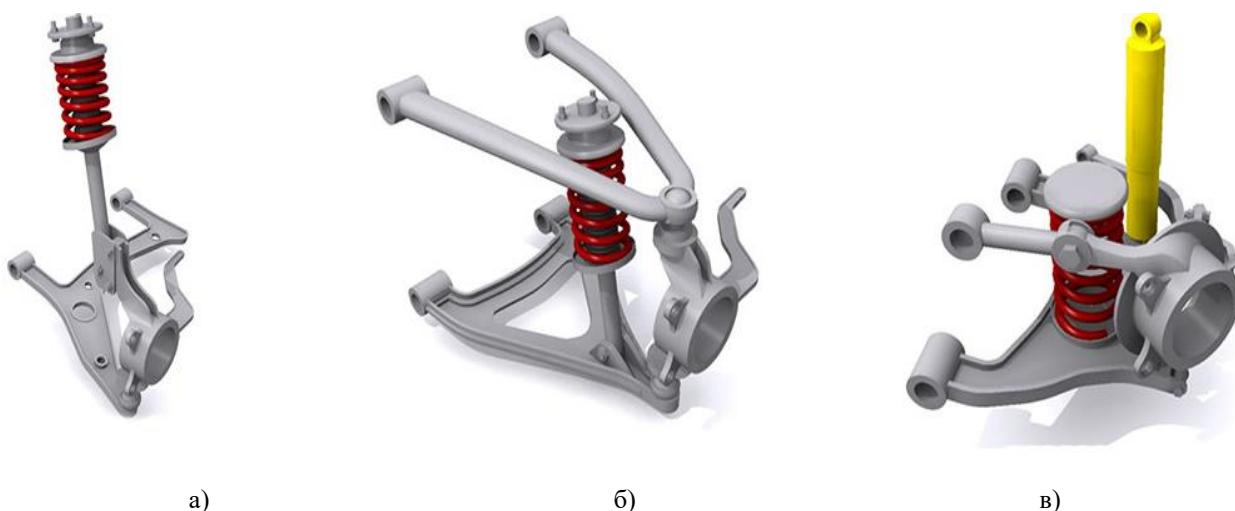
Подвеска полноприводных (4×4) автомобилей отличается от подвески моноприводных (передне- или заднеприводных) машин из-за специфики конструкции трансмиссии, повышенных нагрузок и требований к проходимости.

К конструктивным отличиям относятся:

- наличие раздаточной коробки и карданных валов: требуется дополнительное пространство для размещения раздаточной коробки и приводных валов, что влияет на компоновку подвески; у задне- и полноприводных моделей часто используется неразрезной мост (зависимая подвеска) или полунезависимая конструкция (например, торсионная балка);
- усиленные элементы: рычаги, сайлент-блоки, шаровые опоры и пружины делаются более прочными, так как полный привод создает повышенные нагрузки при разгоне и движении по бездорожью; часто применяются длинноходные амортизаторы и усиленные стабилизаторы;
- особенности передней подвески: в полноприводных автомобилях передняя ось тоже ведущая, поэтому вместо простой стойки МакФерсон часто используется многорычажная подвеска или подвеска на двойных поперечных рычагах для лучшей управляемости и надежности; ШРУСы (шарниры равных угловых скоростей) должны выдерживать не только поворот колес, но и передачу крутящего момента.

Основные типы подвесок в полноприводных легковых автомобилях (рисунок 1):

- передняя подвеска: чаще многорычажная или McPherson;
- задняя подвеска: многорычажная, реже – торсионная балка или зависимая.



а) подвеска типа «МакФерсон»; б) двухрычажная подвеска; в) многорычажная подвеска

Рисунок 1 – Основные типы подвесок в полноприводных легковых автомобилях

Типичные недостатки штатной подвески полноприводного автомобиля:

- жесткость на асфальте (у внедорожников);
- быстрый износ ШРУСов и сайлент-блоков;
- крены в поворотах из-за высокого центра тяжести.

Актуальность темы обусловлена необходимостью поиска оптимальных решений для модернизации подвески полноприводных легковых автомобилей.

Штатные конструкции зачастую представляют собой компромисс между комфортом и управляемостью, а в условиях интенсивной эксплуатации или спортивного вождения могут демонстрировать недостаточную эффективность.

Кроме того, с развитием технологий появляются новые материалы и инженерные решения, позволяющие существенно улучшить характеристики подвески без кардинального изменения конструкции автомобиля.

1 Состояние вопроса

Конструкция подвески – один из ключевых факторов, определяющих управляемость, комфорт и устойчивость автомобиля. Именно поэтому при оценке безопасности и динамических характеристик в первую очередь следует анализировать её устройство и потенциал для модернизации.

«Устойчивость – критически важное свойство автомобиля, от которого зависит его способность сохранять траекторию, оставаться под контролем в поворотах, на неровных дорогах и при экстренном торможении.

Этот параметр напрямую связан с безопасностью, комфортом и даже проходимостью машины» [1].

«Факторы, влияющие на устойчивость:

- конструкция подвески – её геометрия и настройки определяют, насколько плотно колёса сохраняют контакт с дорогой, а кузов остаётся стабильным при манёврах;
- распределение массы – оптимальный баланс между передней и задней осями улучшает стабильность на любых скоростях;
- центр тяжести – чем он ниже, тем сложнее автомобилю потерять равновесие в резких поворотах или при экстренных манёврах;
- колёсная база и ширина колеи – удлинённая база и широкая колея повышают устойчивость, распределяя нагрузку более равномерно;
- шины – их размер, состав резины и рисунок протектора напрямую влияют на сцепление с дорогой;
- аэродинамика – обтекаемый кузов снижает сопротивление воздуха, улучшая стабильность на высоких скоростях;
- электронные системы стабилизации (ESP, ESC) – автоматически корректируют траекторию, предотвращая заносы и потерю управления» [1].

«Управляемость – способность автомобиля точно реагировать на действия водителя, сохраняя предсказуемость в поворотах, при разгонах и торможении» [4].

Она зависит от множества факторов:

- конструкции шасси и подвески – чем точнее их настройки, тем острее отклик на руль;
- рулевого управления – его чёткость и информативность определяют, насколько легко водитель чувствует машину;
- тормозной системы – эффективное и сбалансированное торможение предотвращает потерю контроля;
- качества шин и дорожного покрытия – даже самая совершенная подвеска не компенсирует изношенную резину.

«Однако даже идеально настроенный автомобиль требует от водителя навыков и внимательности. Опытный водитель, умеющий предугадывать дорожную ситуацию, сможет максимально эффективно использовать возможности машины» [8].

«Хорошая управляемость позволяет:

- быстро и безопасно реагировать на изменения дорожной обстановки;
- легко входить в повороты без потери контроля» [11];
- снижать усталость за счёт комфортного и предсказуемого поведения авто.

Современные автопроизводители активно внедряют новые технологии, чтобы сделать автомобили ещё более устойчивыми и безопасными.

Активная безопасность автомобиля является комплексной характеристикой, определяющей способность транспортного средства предотвращать возникновение аварийных ситуаций.

Согласно исследованиям ведущих автомобильных концернов, параметры подвески оказывают влияние на 63% показателей, определяющих

активную безопасность, включая эффективность работы таких систем как ABS, ESP и TCS.

Современные автомобили оснащаются комплексом систем активной безопасности, которые в тесной взаимосвязи с параметрами подвески обеспечивают предотвращение аварийных ситуаций.

Рассмотрим ключевые системы активной безопасности, их взаимодействие с элементами подвески и сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Взаимодействие систем активной безопасности с элементами подвески

Система активной безопасности	Взаимодействие	Параметры подвески	Эффект
Антиблокировочная система тормозов (ABS)	Оптимальная работа ABS зависит от сохранения контакта колес с дорожным покрытием, что обеспечивается правильной работой подвески	Жесткость пружин (1,2-1,5 Гц), коэффициент демпфирования (0,3-0,4)	Снижение тормозного пути на 15-20%
Система курсовой устойчивости (ESP)	Использует данные о кренах кузова, которые напрямую зависят от характеристик подвески	Кинематика рычагов, жесткость стабилизаторов	Снижение вероятности заноса на 35-40%
Система контроля тяги (TCS)	«Эффективность зависит от стабильности контакта колес с дорогой	Ход подвески, демпфирование	Улучшение разгона на скользких поверхностях на 25%» [28]
Адаптивный круиз-контроль	Требуется стабильного положения кузова для точной работы радаров	Подавление колебаний кузова	Повышение точности работы системы на 30%
Система экстренного торможения	Использует данные о кренах и колебаниях кузова	Скорость реакции амортизаторов	Сокращение времени срабатывания на 0,2-0,3 сек

Основные механизмы влияния подвески на активную безопасность включают три ключевых аспекта.

Кинематический аспект охватывает траекторию движения колес, изменение углов установки (развал/схождение) и плечо обкатки, что непосредственно влияет на стабилизацию движения.

Динамический аспект учитывает частотные характеристики системы, коэффициент демпфирования и жесткость упругих элементов, определяющие поведение автомобиля в переходных режимах.

Термодинамический аспект анализирует нагрев элементов и температурные деформации, которые могут изменять характеристики подвески в процессе эксплуатации.

Модернизация подвески 4×4 направлена на улучшение проходимости, управляемости или комфорта в зависимости от задач.

«Существуют различные варианты доработок подвески полноприводных автомобилей:

- установка усиленных амортизаторов (например, газомасляных)?
- замена пружин на более жесткие/длинноходные?
- добавление подрамников для повышения жесткости кузов?
- монтаж пневмоподвески для регулировки клиренса.

Следует учитывать, что доработка подвески требует тщательного анализа конструкции авто, чтобы сохранить баланс между надежностью, комфортом и безопасностью движения» [1].

Выводы по разделу.

Подвеска, устойчивость и управляемость – взаимосвязанные элементы, формирующие безопасность и удовольствие от вождения. Оптимальная конструкция, современные технологии и грамотное обслуживание позволяют добиться идеального баланса между динамикой, комфортом и надёжностью.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

В качестве базовой платформы для модернизации подвески выбран автомобиль УАЗ-31519.

Выбор данного автомобиля для модернизации обоснован в связи с его конструктивными особенностями: рамная конструкция и зависимая подвеска обеспечивают потенциал для технических усовершенствований.

«Автомобиль УАЗ-31519 предназначен для перевозки пассажиров и грузов по дорогам общей сети и местности и рассчитаны на эксплуатацию с температурой окружающего воздуха от минус 45 до плюс 50°C.

Категория АТС – М1, используются для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест (кроме места водителя)» [5].

«Расшифровка модели УАЗ-31519:

- 3 – рабочий объем двигателя средний от 1,8 л до 3,5л;
- 1 – легковой автомобиль;
- 51 – порядковый номер модели» [1].

«Максимальная скорость, км/ч:.....110;
Полная масса автомобиля, кг:.....1770;
Размер шин:.....215 SR 15;
Размер дисков:.....6L×15;
Расположение двигателя:.....спереди, продольно;
Объем двигателя, см³:.....2450;
Мощность двигателя, л.с:.....90;
Количество оборотов, об/мин:4000;
Крутящий момент, Н·м/об/мин.....171,6/2200;
Передняя подвеска:.....неразъемная балка моста;
Задняя подвеска:.....неразъемная балка моста;
Тип кузова:.....универсал;
Количество мест:7;
Длина машины, мм:.....4025;

Ширина машины, мм:.....	1785;
Высота машины, мм:.....	2050;
Колесная база, мм:.....	2380;
Колея передняя, мм:.....	1453;
Колея задняя, мм:.....	1453;
Дорожный просвет (клиренс), мм:	300» [1].

2.1 Расчет и построение внешней скоростной характеристики

На основании имеющихся данных: пиковая мощность двигателя достигает 66 кВт при 4000 мин⁻¹, а максимальный крутящий момент составляет 172 Н·м при 2400 мин⁻¹ – вычисляем следующие параметры:

- мощность при максимальном крутящем моменте:

$$N_{e,m} = 0,105 \cdot M_{emax} \cdot n_m, \quad (1)$$

$$N_{e,m} = 0,105 \cdot 0,172 \cdot 2400 = 3,34 \text{ кВт.}$$

- крутящий момент при максимальной мощности:

$$M_{e,N} = \frac{N_{emax}}{0,105 \cdot n_N}, \quad (2)$$

$$M_{e,N} = \frac{66}{0,105 \cdot 4000} = 0,157 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

- коэффициенты приспособляемости к допустимой кратковременной перегрузке:

$$k_M = \frac{M_{emax}}{M_{eM}}, \quad (3)$$

$$k_M = \frac{0,172}{0,157} = 1,096 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

и уменьшению угловой скорости:

$$k_{\omega} = \frac{n_N}{n_M}, \quad (4)$$

$$k_{\omega} = \frac{4000}{2400} = 1,667.$$

а также коэффициенты:

$$a = \frac{k_M k_{\omega} (2 - k_{\omega}) - 1}{k_{\omega} (2 - k_{\omega}) - 1}, \quad (5)$$

$$a = \frac{1,096 \cdot 1,667 \cdot (2 - 1,667) - 1}{1,667 (2 - 1,667) - 1} = 0,88,$$

$$b = \frac{1 - a}{1 - 0,5k_{\omega}}, \quad (6)$$

$$b = \frac{1 - 0,88}{1 - 0,5 \cdot 1,667} = 0,721,$$

$$c = k_{\omega} \frac{b}{2}, \quad (7)$$

$$c = 1,667 \cdot \frac{0,721}{2} = 0,601.$$

Формируем таблицу 2 и включаем в неё полученные, выбранные или вычисленные данные.

«Принимаем и записываем в таблицу 2 удобные значения $n > n_M$ и $n < n_N$, отмечаем их на графике и подставляем в формулу:

$$M_{en} = M_{eN} \left[a + b \frac{n}{n_N} - c \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \right] K_p, \quad M_{e,n} = M_{e,N} \left[a + \frac{n}{n_N} - c \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \right] K_p \quad (8)$$

где K_p – коэффициент коррекции, принимается равным 0,970» [11].

$$M_{en} = 0,157 \cdot \left[0,88 + 0,721 \cdot \frac{1600}{4000} - 0,601 \cdot \left(\frac{1600}{4000} \right)^2 \right] \cdot 0,97 = 0,163 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Таблица 2 – Расчетная внешняя скоростная характеристика двигателя

n мин ⁻¹	$n < n_M$	n_M	$n > n_M$	$n < n_N$	n_N	$n < n_N$	n_{xx}
	1600	2400	3000	3500	4000	4200	4500
N_e , кВт	«27,4	43,3	51,9	58,8	66	65,4	0,0
M_e , кН·м	0,163	0,172	0,165	0,160	0,157	0,148	0,000
g_e , г/(кВт·ч)	281	265	262	264	273	278	∞
η_e	0,291	0,309	0,312	0,310	0,300	0,294	0
G_m , кг/ч	7,71	11,49	13,61	15,52	18,02	18,19	7,71
n/n_N	0,40	0,60	0,75	0,88	1,00	1,05	1,13» [1]

Значения эффективной мощности:

$$N_e = 0,105 \cdot 2000 \cdot 0,163 = 27,4 \text{ кВт.} \quad (8)$$

Принимаем значение эффективного КПД двигателя равным 0,30.

Определяем расчетом при низшей теплоте сгорания топлива равной 44 МДж/кг значения:

– удельного расхода топлива:

$$g_{eN} = \frac{3600}{n_N \cdot H_U}, \quad (9)$$

$$g_{eN} = \frac{3600}{0,3 \cdot 44} = 273 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.}$$

– часового расхода топлива:

$$G_{TN} = g_{eN} \cdot N_{emax} \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

$$G_{TN} = 273 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 18,02 \text{ кг/ч.}$$

Ряд подобных отношений n/n_N в таблице 2, определяем методом

интерполяции значения коэффициента K_n и удельного расхода топлива:

$$g_{en} = K_n \cdot g_{eN}, \quad (11)$$

$$g_{e,n} = 1,03 \cdot 273 = 281 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч},$$

$$G_{mn} = g_{en} \cdot N_{en} \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

$$G_{mn} = 281 \cdot 27,4 \cdot 10^{-3} = 7,7 \text{ кг/ч}.$$

$$\eta_{en} = \frac{3600}{g_{en} \cdot H_U}, \quad (13)$$

$$\eta_{en} = \frac{3600}{281 \cdot 44} = 0,291.$$

«При поверочном динамическом расчете автомобиля реальную сумму параллельных потоков мощности заменяем одним потоком, подобным мощности N_δ , а КПД трансмиссии определяем расчетом по формуле:

$$\eta_{mp} = \frac{N_\delta}{N_e \eta_{вк}} = \eta_{ц}^k \cdot \eta_{к}^l \cdot \eta_{ки}^m - \frac{N_{mpo}}{N_e}, \quad (14)$$

где $\eta_{ц}$ и $\eta_{к}$ – КПД цилиндрических и конических пар зубчатых колес и подшипников их валов; принимаем КПД равным 0,98 и 0,97;

$\eta_{ки}$ – КПД карданного шарнира; принимаем равным 0,995;

k и l – число соответственно цилиндрических и конических пар зубчатых колес, через которые последовательно передается мощность к ведущим колесам; принимается равным 2 и 1 определяем из кинематической схемы автомобиля;

$m_{ки}$ – число последовательных карданных шарниров, определяем из кинематической схемы автомобиля, принимается равным 4;

$N_{mp,o}$ – мощность, теряемая в трансмиссии на холостом ходу, кВт; принимаем равным 2,2 кВт,

N_e – значения эффективной мощности согласно таблице 2, кВт» [2].

2.2 Расчет и построение тяговой части паспорта

«Формируем таблицу исходных и расчетных данных:

- составляем таблицу 2, включающую показатели для всех передач переднего хода;
- заносим в неё проверенные графическим методом значения внешней скоростной характеристики двигателя;
- вычисляем шесть текущих значений КПД η_{mp} при условии $N_e > 0$;
- результаты, а также передаточные числа трансмиссии U_{mp} , заносим в таблицу 3;
- по формуле при δ равном 0 находим шесть значений теоретической скорости V_m для каждой передачи;
- разрабатываем масштабные сетки и шкалы на листе формата А1;
- выбираем подходящий масштаб для эффективной мощности двигателя N_e ;
- на нижнем среднем поле чертим зависимости: $N_e = f(V_m)$ и $\eta_e = f(V_m)$. Масштаб: 1 м/с = 1 см (для скоростей V_m и V_a);
- при коэффициенте k_w равным 0,63 Н·с²/м⁴ определяем постоянное значение фактора обтекаемости (в кН·с²/м²).

$$k_{wF} = 0,8 \cdot B_2 \cdot H_2 \cdot k_w \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

где B_2 – габаритная ширина автомобиля, принимается равной 1,785 м;

H_2 – габаритная высота автомобиля, равна 2,081 м» [1].

$$k_{wF} = 0,8 \cdot 1,785 \cdot 2,081 \cdot 0,63 \cdot 10^{-3} = 0,001872 \text{ кН} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2.$$

- «определяем расчетом по шесть значений полной окружной силы ведущих колес, силы сопротивления воздуха, и динамического фактора снаряженного автомобиля по двигателю при $M_e > 0$ на всех

передачах переднего хода.

$$P_{ко} = \frac{M_e \cdot U_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (16)$$

$$P_W = k_W \cdot F \cdot v_T^2, \quad (17)$$

$$D_0 = \frac{P_{ко} - P_W}{m_0 \cdot g}. \quad (18)$$

Рассмотрим пример расчета на первой передаче при 1600 об/мин» [2].

Теоретическая скорость:

$$V_T = \frac{1600 \cdot 0,36 \cdot 0,105}{18,66} = 3,24 \text{ м/с.}$$

Таблица 3 – исходные и расчетные значения показателей тяговой динамичности автомобиля УАЗ-31519

«Передача	u_{mp}	n , мин ⁻¹	V_m , м/с	M_e , кНм	η_{mp}	$P_{ко}$, кН	P_W , кН	D_0	N_e , кВт	η_e
1	18,66	4500	9,12	0,000	0,000	0,000	0,156	-	0,0	0,000
		4000	8,10	0,157	0,880	7,159	0,123	0,435	66,0	0,300
		3500	7,09	0,160	0,876	7,262	0,094	0,443	58,8	0,310
		3000	6,08	0,165	0,871	7,441	0,069	0,456	51,9	0,312
		2400	4,86	0,172	0,862	7,687	0,044	0,473	43,3	0,309
		1600	3,24	0,163	0,833	7,049	0,020	0,435	27,4	0,291
2	11,96	4500	14,22	0,000	0,000	0,000	0,379	-	0,0	0,000
		4000	12,64	0,157	0,880	4,588	0,299	0,265	66,0	0,300
		3500	11,06	0,160	0,876	4,655	0,229	0,274	58,8	0,310
		3000	9,48	0,165	0,871	4,769	0,168	0,285	51,9	0,312
		2400	7,59	0,172	0,862	4,927	0,108	0,298	43,3	0,309
		1600	5,06	0,163	0,833	4,518	0,048	0,276	27,4	0,291
3	7,16	4500	23,76	0,000	0,000	0,000	1,057	-	0,0	0,000
		4000	21,12	0,157	0,880	2,747	0,835	0,118	66,0	0,300
		3500	18,48	0,160	0,876	2,787	0,639	0,133	58,8	0,310
		3000	15,84	0,165	0,871	2,855	0,470	0,148	51,9	0,312
		2400	12,67	0,172	0,862	2,950	0,301	0,164	43,3	0,309
		1600	8,45	0,163	0,833	2,705	0,134	0,159	27,4	0,291» [1]

Продолжение таблицы 3

«Передача	$u_{тр}$	n , мин ⁻¹	V_m , м/с	M_e , кНм	$\eta_{тр}$	$P_{кo}$, кН	P_w , кН	D_o	N_e , кВт	η_e
4	4,53	4500	37,55	0,000	0,000	0,000	2,639	-	0,0	0,000
		4000	33,38	0,157	0,918	1,813	2,086	-0,017	66,0	0,300
		3500	29,21	0,160	0,914	1,840	1,597	0,015	58,8	0,310
		3000	25,03	0,165	0,909	1,885	1,173	0,044	51,9	0,312
		2400	20,03	0,172	0,900	1,948	0,751	0,074	43,3	0,309
		1600	13,35	0,163	0,871	1,789	0,334	0,090	27,4	0,291» [1]

КПД трансмиссии:

$$\eta_{ТР} = 0,913 - \frac{2,2}{27,4} = 0,833. \quad (15)$$

Касательная сила на колесе:

$$P_{кo} = \frac{0,163 \cdot 18,66 \cdot 0,8332,2}{0,36} = 7,049 \text{ кН.}$$

Сила сопротивления воздуха:

$$P_w = 0,001872 \cdot 3,24^2 = 0,020 \text{ кН.}$$

Динамический фактор:

$$D_0 = \frac{7,049 - 0,020}{18,66} = 0,435.$$

«Согласно ВСН 25-86, зависимость коэффициента сцепления:

$$\varphi_v = \varphi_{20} - \beta_\varphi \cdot (v_i - 20), \quad (19)$$

где φ_{20} – коэффициент сцепления при скорости 20 км/ч, зависит от

типа и состояния покрытия,

β_φ – коэффициент линейного уменьшения коэффициента сцепления» [2].

Заносим их в таблицу 4 и строим графики на среднем верхнем поле листа 1.

Таблица 4 – Значения коэффициентов сцепления

v_a , м/с	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\varphi_{вс}$	0,8	0,8	0,744	0,681	0,618	0,555	0,492	0,429	0,366
$\varphi_{вм}$	0,6	0,6	0,544	0,481	0,418	0,355	0,292	0,229	0,166
$\varphi_{вмз}$	0,45	0,45	0,394	0,331	0,268	0,205	0,142	0,079	0,016
$\varphi_{всн}$	0,3	0,3	0,260	0,215	0,170	0,125	0,080	0,035	–
$\varphi_{вгл}$	0,15	0,15	0,118	0,082	0,046	0,010	–	–	–

Строим на левом поле листа 1 графическую зависимость коэффициента буксования δ от отношения $D_s/\varphi_v\lambda$ (таблица 5).

Таблица 5 – Зависимость коэффициента буксования δ от отношения $D_s/\varphi_v\lambda$

$D/\varphi_v\lambda$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
δ	0	0,003	0,008	0,018	0,034	0,053	0,083	0,126	0,216	0,414	1,0

«Определяем характерные значения коэффициента нормальной загрузки автомобиля:

$$\Gamma = 1 + \frac{q_a + m_{on} + q_a}{m_o} \leq 5. \quad (20)$$

и соответствующие им значения коэффициента нормальной нагрузки ведущих колес:

– снаряженного автомобиля:

$$\lambda_0 = \frac{m_{o,везд}}{m_o}, \quad (21)$$

$$\lambda_0 = \frac{1650}{1650} = 1.$$

– полностью груженого:

$$\lambda_q = \frac{m_{a,везд}}{m_o + q_a}, \quad (22)$$

$$\lambda_q = \frac{2050}{2050} = 1.$$

– полностью груженого автомобиля со снаряженным прицепом:

$$\lambda_q = \frac{m_{a,везд}}{m_o + q_a + m_{он}}, \quad (23)$$

$$\lambda_q = \frac{2050}{1650 + 400 + 300} = 0,87,$$

$$\Gamma_q = 1 + \frac{400 + 300}{1650} = 1,424.$$

– полностью груженого автопоезда:

$$\lambda_q = \frac{m_{a,везд}}{m_o + q_a + m_{он} + q_n}, \quad (24)$$

$$\lambda_q = \frac{2050}{1650 + 400 + 300 + 500} = 0,72,$$

$$\Gamma_q = 1 + \frac{400 + 300 + 500}{1650} = 1,727.$$

а также промежуточные значения на гиперболической ветви:

$$\lambda_I = \frac{\lambda_q \Gamma_q}{\Gamma_i}, \quad (25)$$

$$\Gamma_i > \Gamma_q = \frac{m_0 + q_a}{m_o}. \quad (26)$$

Строим на правом поле в масштабе его левой шкалы зависимость $\lambda=f(\Gamma)$ и лучевую номограмму ψ » [2].

2.3 Прогноз тяговой динамичности и эффективности автомобиля в выбранных условиях

«Под тяговой динамичностью автомобиля понимается его свойство (объективную особенность, способность) преодолевать сопротивления поступательному движению с наибольшей мгновенной скоростью, соответствующей работе двигателя по внешней скоростной характеристике и определяемой по тяговой части паспорта в последовательности:

Задаем весовое состояние автомобиля или автопоезда значением Γ , дорожные условия значением коэффициента дорожных сопротивлений ψ и состоянием дорожного покрытия.

Проектируем заданное выше значение Γ по вертикали до пересечения с кривой $\lambda=f(\Gamma)$, а затем с лучом заданного, выше значения ψ , полученные точки пересечения проектируем на правую шкалу левого поля и отмечаем стрелками два «входа» (λ и $\psi=D_2$) на это поле; по горизонтали ψ возвращаемся от «входа» до пересечения с правой кривой $D_o=f(v_T)$, проектируем точку пересечения вниз (на шкалу v_m в м/с) и вверх до пересечения с выбранной ранее кривой φ_{vc} , φ_{vm} или φ_{vm3} и полученную точку пересечения проектируем по горизонтали до правой шкалы левого поля и стрелкой φ_y отмечаем на ней третий «вход» на это поле» [2].

«Графически делим $D_r=\psi$ на φ_v , проектируя делимое D_2 по горизонтали, а делитель по лучу в точку их пересечения на левом поле; эту точку проектируем по вертикали на верхнюю шкалу и полученный промежуточный результат D_2 / φ_v , возвращаем по диагонали на правую шкалу для повторного

деления - делимого D_z / φ_v на делитель λ ; точку пересечения на левом поле горизонтали делимого D_z/φ_v с лучом делителя λ проектируем по вертикали до пересечения с кривой буксования и определяем по левой шкале левого поля значение δ и длину верхнего отрезка $1 - \delta$ на этой шкале» [2].

«Графически умножаем вертикаль $(1 - \delta)$, отмеченную на верхней части левой шкалы левого поля, на луч, проведенный по среднему верхнему полю из ранее найденного значения теоретической (расчетной) скорости v_m в полюс лучевой номограммы среднего верхнего поля - точку с координатами $v_m=0$ и $\delta=1$. Для такого умножения, обусловленного формулой, достаточно провести горизонталь «выхода» δ из левого поля до пересечения на среднем верхнем поле с лучом v_m «входа» на это поле графического умножения. Аргумент точки пересечения горизонтали δ с лучом v_m определяет значение действительной скорости автомобиля v_m » [2].

Типичные для предприятия условия автоперевозок оцениваем интервалами значений показателей таблицы 6, а графоаналитические результаты оценки, - показателями таблицы 7.

Таблица 6 – Основные показатели условий автоперевозок

«Показатели	Летом	Осенью	Зимой	Весной
Γ	1,24	1,24	1,24	1,24
λ	1	1	1	1
f	0,020	0,050	0,045	0,050
$\pm i$	0,12	0,12	0,12	0,12
ψ	0,01	0,01	0,01	0,01
φ	0,80	0,45	0,30	0,45» [1]

Таблица 7 – Показатели графоаналитической оценки эффективности автомобиля

«Варианты условий перевозок	Γ	λ	ψ	φ_v	v_m , м/с	v_a , м/с	N_e , кВт	η_e	N_a , кВт	η_a	$\frac{C_{TM}}{\rho_T \cdot \eta_a \cdot H_{II}}$ руб/Мдж
1	1	1	0,02	0,498	28,52	28,5	57,6	0,311	57,6	0,311	2,97
2	1	1	0,02	0,330	28,52	28,5	57,6	0,311	57,6	0,311	2,97
3	1	1	0,02	0,180	28,52	28,4	57,6	0,311	57,6	0,311	2,97» [1]

Выводы по разделу.

«В рамках исследования тягово-скоростных характеристик автомобиля УАЗ-31519 (двигатель УМЗ-4178, 66 кВт при 4000 об/мин, 172 Н·м при 2400 об/мин) были получены следующие результаты:

- эффективная мощность и часовой расход топлива достигают максимума при 4000 мин⁻¹;
- крутящий момент растёт до 2400 мин⁻¹, после чего начинает снижаться;
- наилучший КПД и минимальный удельный расход топлива наблюдаются в диапазоне 2900–3100 мин⁻¹;
- с повышением передачи увеличиваются скорость и сопротивление воздуха, но снижаются касательная сила на колесе и динамический фактор, что ухудшает тяговые возможности.
- при этом крутящий момент (M_e), КПД трансмиссии ($\eta_{тр}$), расход топлива (G_t , g_e), мощность (N_e) и эффективный КПД (η_e) остаются неизменными независимо от передачи;
- на основе заданных параметров (коэффициент коррекции 0,97, КПД двигателя 0,30) определены крутящий момент, эффективная мощность, удельный и часовой расход топлива, эффективный КПД (таблица 1);
- с учётом $K_w=0,63\text{Н}^2/\text{м}^4$ и $N_{mp.o}=2,2$ кВт рассчитаны: теоретическая скорость, КПД трансмиссии, касательная сила на колесе, сопротивление воздуха, динамический фактор» [1].

Таким образом, проведённые расчёты и анализ позволили оценить динамические и экономические характеристики автомобиля УАЗ-31519 в различных режимах работы.

3 Конструкторская часть

3.1 Обоснование модернизации подвески автомобиля

Для модернизации подвески выбираем автомобиль УАЗ-31519 (рисунок 2).

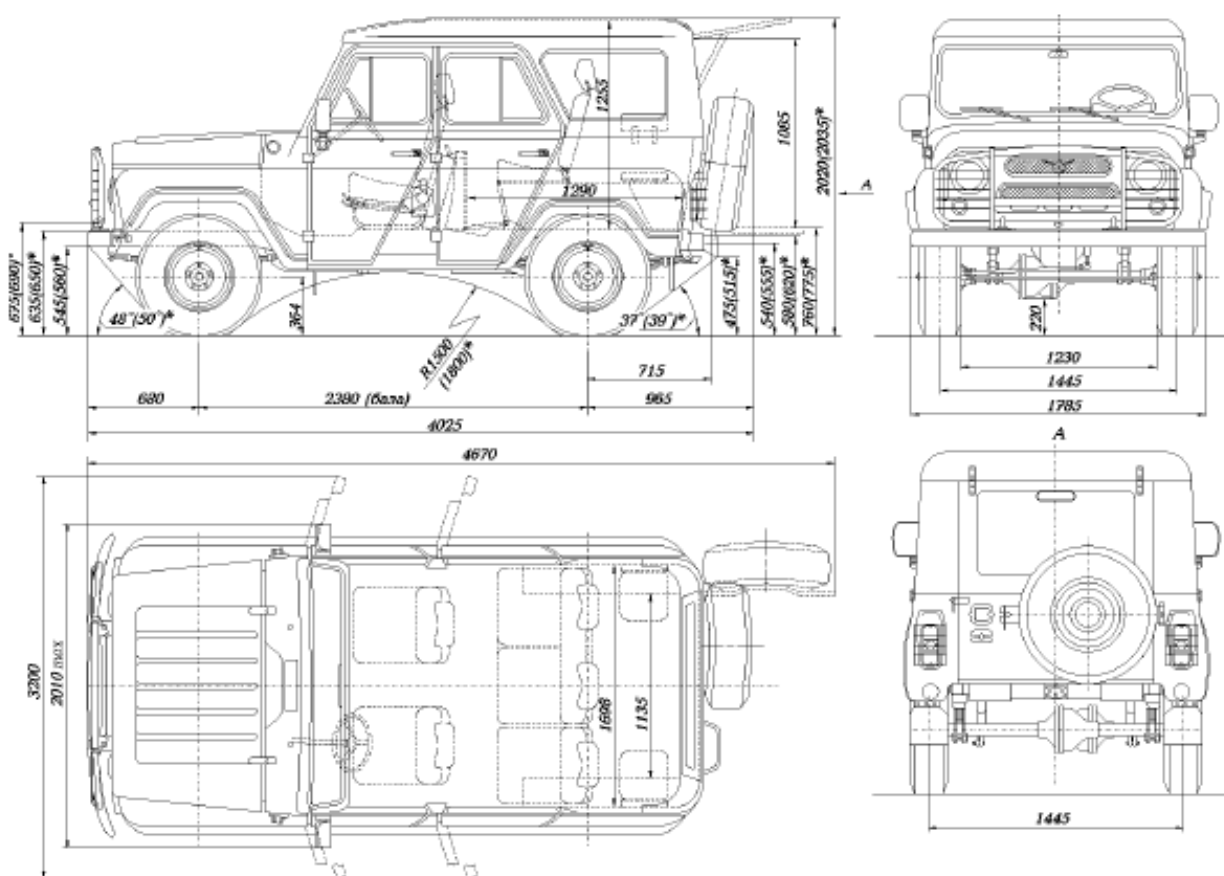


Рисунок 2 – Общий вид автомобиля УАЗ-31519

«Техническая характеристика автомобиля следующая:

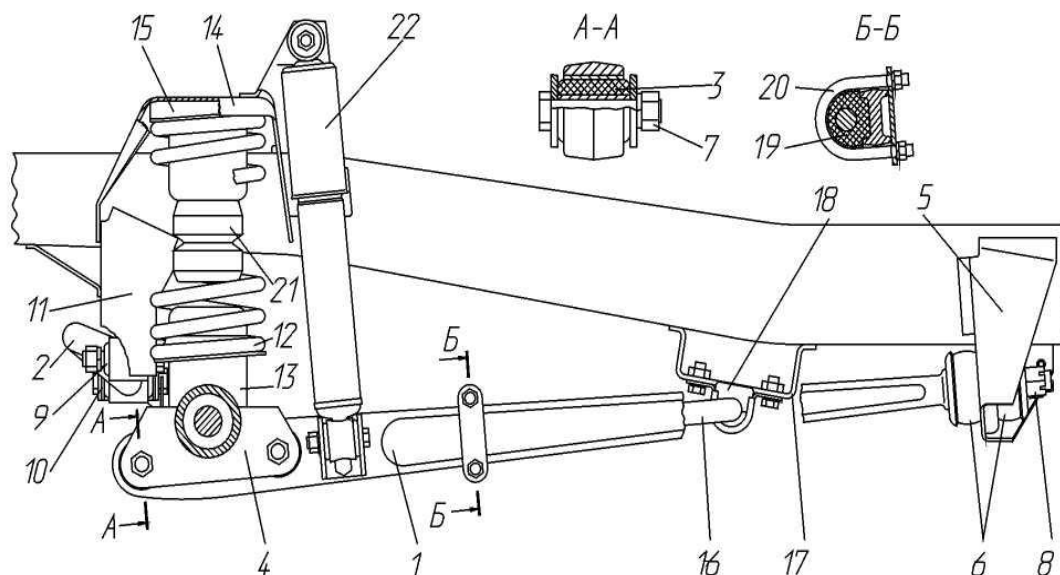
- тип автомобиля – двухосный, повышенной проходимости с колесной формулой 4×4;
- вместимость, включая водителя – 7 человек;
- грузоподъемность (включая водителя и пассажиров) – 550...750 кг;
- допустимая полная масса – 2500 кг;
- распределение массы по осям – 1000/1500 кг;

- масса снаряжённого автомобиля – 1750 кг;
- максимальная скорость – 120 км/ч;
- двигатель – УМЗ-4218 – 4-х тактный, карбюраторный;
- мощность двигателя – 61,8 кВт (84,0 л.с.);
- коробка передач – механическая 5-ступенчатая;
- раздаточная коробка без межосевого дифференциала, 2-ступенчатая;
- передние тормоза – дисковые вентилируемые, с двумя цилиндрами, с плавающей скобой;
- задние тормоза – барабанного типа, с одним цилиндром, с автоматическим регулированием зазора между накладками и барабаном
- шины – 225/75R16, 245/70R16;
- рулевое управление – передача «винт-шариковая гайка-сектор» с гидроусилителем;
- передняя подвеска – зависимая, пружинно-рессорная со стабилизатором поперечной устойчивости, гидропневматическими амортизаторами телескопического типа двухстороннего действия, с двумя продольными рычагами и поперечной тягой;
- задняя подвеска – зависимая, на двух продольных полуэллиптических малолистовых рессорах и гидропневматических амортизаторах телескопического типа двухстороннего действия» [11].

«На автомобилях УАЗ-31512-10, УАЗ-31514-10 и УАЗ-31519-10 устанавливаются передняя пружинная подвеска со стабилизатором поперечной устойчивости, и задние малолистовые рессоры» [11].

Спецификация на автомобиль в Приложении А (рисунок А.1).

Передняя подвеска (рисунок 3) состоит из направляющего аппарата, упругих и гасящих элементов.



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

Рисунок 3 – Передняя подвеска [11]

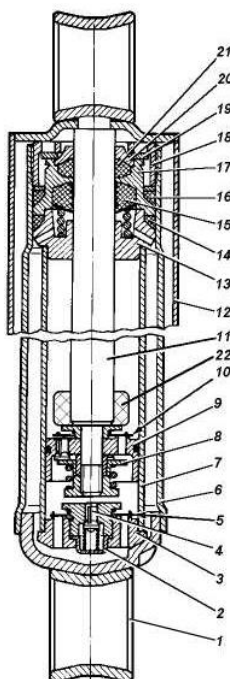
«Направляющий аппарат подвески обеспечивает правильную установку моста и влияет на управляемость, устойчивость и тормозные качества автомобиля. Состоит из двух продольных рычагов 1 и поперечной тяги 2. Продольные рычаги соединены с передним мостом посредством неразборных резинометаллических шарниров 3 и кронштейнов 4, а с рамой - через резиновые шарниры 6 и кронштейны 5. Крепление осуществляется гайками 7, с моментом затяжки от 14 до 16 кгс·м, и гайками 8 до упора. Торцевая гайка 8 шплинтуется. Поперечная тяга соединяется через резинометаллические шарниры 9 и кронштейн 10 с мостом, а кронштейн 11 – с рамой. Пружины 12 опираются через нижний кронштейн 13 на мост и верхний кронштейн 14 на раму. Между верхним кронштейном 14 и пружиной 12 установлена вибропоглощающая резиновая прокладка 15.

Стабилизатор 16 поперечной устойчивости установлен неподвижно своей центральной частью на кронштейны 17 рамы через резиновые втулки 18. Концы стабилизатора зажаты в резиновых втулках 19 стремянками 20 на

продольных рычагах подвески. Осевые перемещения концов стабилизатора относительно рычагов происходят за счет сдвига резины во втулке 19. Скольжение концов во втулке не допускается, и появление его указывает на износ и необходимость замены втулок» [11].

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

Амортизатор передней пружинной подвески (рисунок 4) состоит из рабочего цилиндра, штока с поршнем в сборе, клапана сжатия и резервуара. На штоке поршня, между поршнем и направляющей, находится буфер отбоя из специального материала.



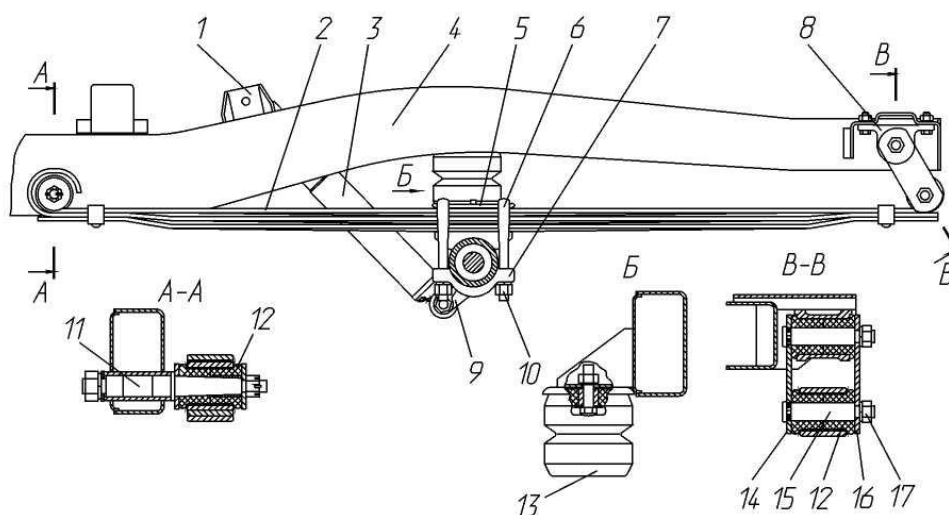
- 1 – проушина; 2 – ограничитель клапана сжатия; 3 – корпус клапана сжатия;
4 – клапан сжатия; 5 – впускной клапан; 6 – резервуар; 7 – цилиндр; 8 – клапан отдачи;
9 – поршень; 10 – перепускной клапан; 11 – шток; 12 – кожух; 13 – направляющая втулка штока; 14 – нижнее уплотнительное кольцо; 15 – сальник;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

Рисунок 4 – Амортизатор передней пружинной подвески [11]

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

Эксплуатация автомобиля с неисправным амортизатором или без него не допускается. Передние и задние амортизаторы невзаимозаменяемые. Передние амортизаторы имеют встроенный буфер отбоя и в сжатом состоянии короче задних на 25 мм» [11]

Задняя подвеска (рисунок 5) состоит из двух малолистовых рессор 2, работающих совместно с двумя гидравлическими телескопическими амортизаторами 3.



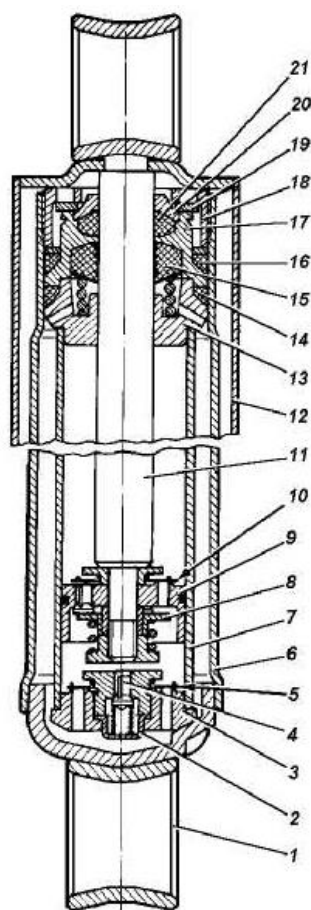
- 1 – кронштейн амортизатора; 2 – рессора; 3 – амортизатор; 4 – рама; 5 – накладка; 6 – стремянка; 7 – подкладка; 8 – кронштейн серьги; 9 – кронштейн амортизатора; 10 – гайка стремьянки; 11 – ось; 12 – втулка резиновая; 13 – буфер; 14 – щека серьги внутренняя; 15 – палец; 16 – щека серьги наружная; 17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

Рисунок 5 – Задняя подвеска

«Рессора состоит из трех листов, имеющих переменную толщину. Предельный ход моста вверх ограничивается резиновыми буферами 13. К мосту рессора крепится при помощи стремянок 6, накладки 5 и подкладки 7. Момент затяжки гаек стремянок от 100 до 120 Н м (от 10 до 12 кг см)

(усилие на конце ключа из комплекта шоферского инструмента от 30 до 36 кгс). Передний конец рессоры при помощи резиновых втулок 12 устанавливается на неподвижной оси 11. Задний конец посредством серьги и резиновых втулок установлен шарнирно. Гайки 17 затягивать до упора наружной щеки серьги 16 в заплечики пальцев 15. Амортизаторы 3 задней подвески крепятся шарнирно через кронштейны 1 к раме и кронштейны 9 к заднему мосту. Шарниры задних амортизаторов унифицированы с верхними шарнирами передних амортизаторов» [11].

Конструкция задних амортизаторов представлена на рисунке 6.



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

Рисунок 6 – Амортизатор задней рессорной подвески

При модернизации изменениям в основном подвергается передняя подвеска автомобиля.

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

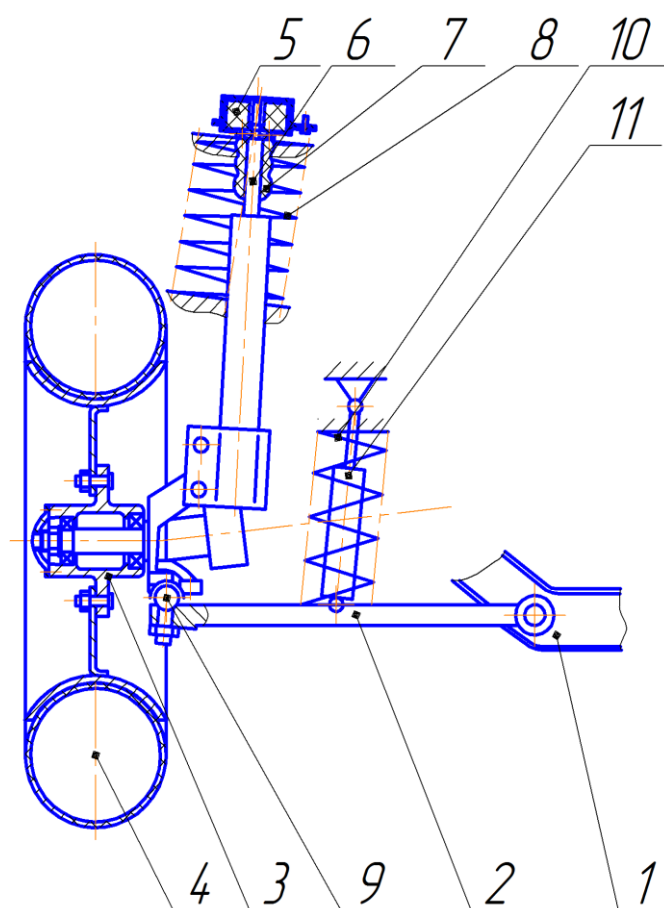
«Трудно однозначно определить, на какую высоту лучше всего поднимать подвеску. С одной стороны, чем выше рама автомобиля от земли, тем выше его проходимость, с другой стороны увеличивается опасность опрокидывания. Но самое важное это то, что карданные валы имеют предельный угол наклона, при котором они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

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

«Для решения проблемы карданов существуют такие методы, как установка удлиненных карданов от других моделей, установка проставок между фланцами моста и кардана, или, в особых случаях, наращивание карданного вала с последующей его балансировкой» [11].

Чтобы придать УАЗ-31519 современную динамику, повысить управляемость и преемственность характеристик, а также вывести ходовые качества на новый уровень, необходимо модернизировать подвеску.

В качестве вариантов рассмотрим: независимую однорычажную подвеску (рисунок 7), классическую зависимую подвеску, независимую двухрычажную конструкцию.



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

Рисунок 7 – Кинематическая схема передней независимой однорычажной подвески автомобиля категории М1

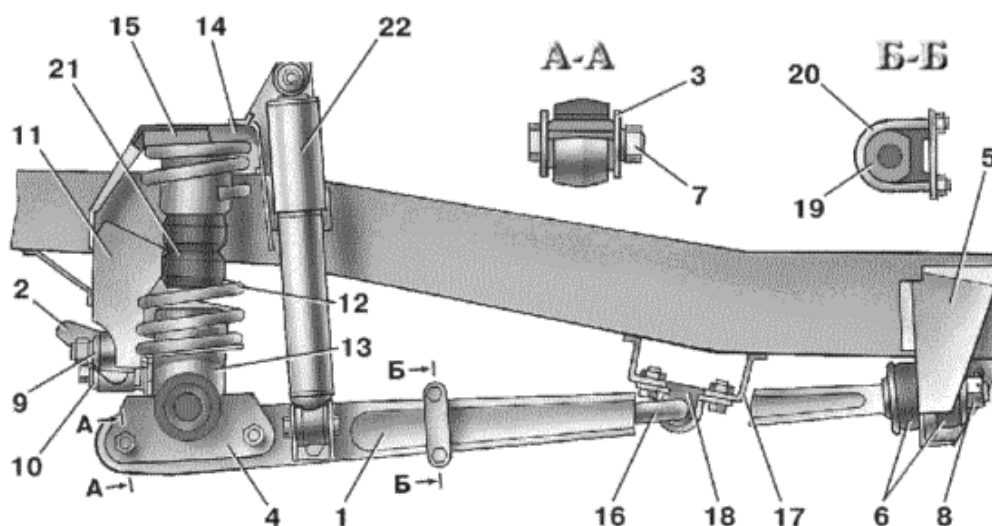
«Для независимой однорычажной подвески существуют следующие методы усиления и модернизации:

- применение газомасляных спортивных усиленных амортизаторов;
- установка двух амортизаторов (основного и вспомогательного);
- применение усиленных пружин;
- Установка дополнительных пружин;
- Изготовление нижнего рычага с дополнительным усилением;
- установка кронштейнов отвязки редуктора;
- установка направленных шайб под нижнюю площадку пружины (они создают необходимый угол передней пружины);

- установка пружин с переменным шагом и бочкообразных пружин (подвеска приобретает прогрессивную характеристику)» [12].

«Усиление зависимой подвески достигается другим путем. На зависимой передней подвеске обычно в качестве упругого элемента устанавливаются либо пружины, либо рессоры. В качестве же гасящего элемента устанавливаются амортизаторы. В данном конкретном случае на передней подвеске стоят пружины и амортизаторы» [12].

Вид сбоку передней подвески автомобиля УАЗ-31519 представим в виде рисунка 8.



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

Рисунок 8 – Передняя пружинная подвеска автомобиля УАЗ-31519

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

Именно поэтому способы усиления следующие:

- применение газомясяных спортивных усиленных амортизаторов,

- установка двух амортизаторов (основного и вспомогательного),
- применение усиленных пружин,
- установка дополнительных пружин (листов рессор),
- усиление крепёжных элементов подвески без увеличения веса,
- увеличение хода подвески,
- установка пружин с переменным шагом и бочкообразных пружин (подвеска приобретает прогрессивную характеристику)» [12].

«Одним из способов модернизации подвески данного автомобиля является установка дополнительных рессорных листов – подвеска получается комбинированной. Это, прежде всего, усиливает подвеску и делает элементы пружины и рессор резервными, например, если в пути сломается пружина, то у экипажа есть возможность доехать до места ТО и ремонта на рессорных листах» [11].

Пример комбинированной подвески представлен на рисунке 9.



а)



б)

а) вид спереди; б) вид сбоку

Рисунок 9 – Пример комбинированной подвески автомобиля УАЗ-31519

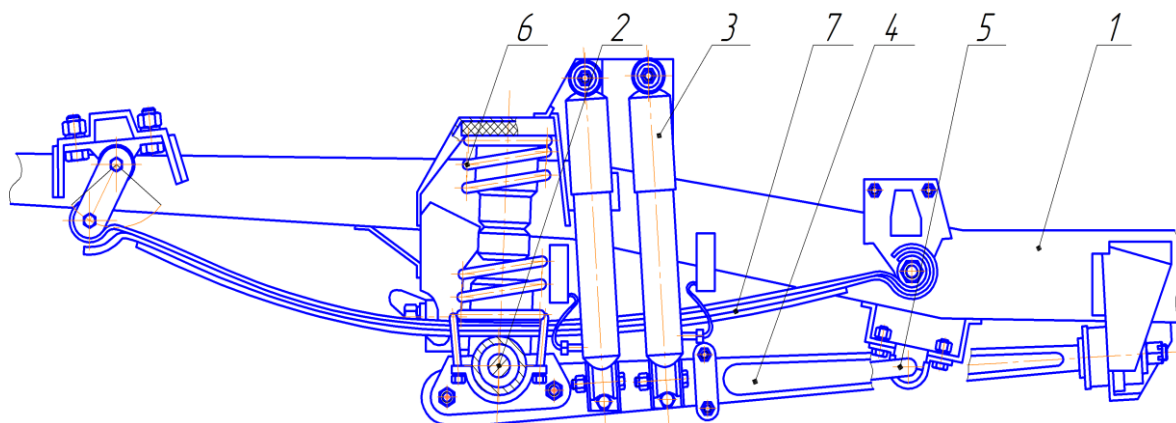
Для повышения надежности подвески предлагается заменить стандартный масляный амортизатор на парную установку газомасляных амортизаторов.

Данное решение, представленное на схеме модернизированной передней подвески (рисунок 10), обеспечивает:

- существенное увеличение демпфирующей способности системы;
- создание резервного узла (второй амортизатор) для повышения отказоустойчивости конструкции.

Такой инженерный подход позволяет достичь принципиально нового уровня эксплуатационной надежности ходовой части.

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



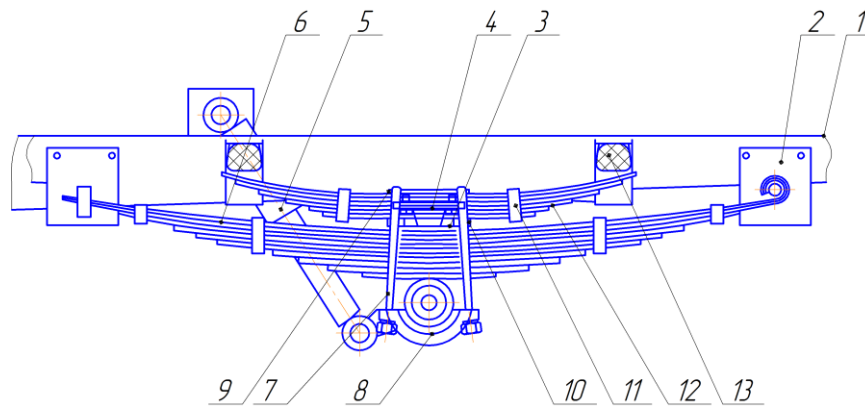
- 1 – рама; 2 – мост передний; 3 – газомасляный амортизатор; 4 – продольная штанга; 5 – стабилизатор поперечной устойчивости; 6 – пружина; 7 – рессоры

Рисунок 10 – Кинематическая схема конструкции передней усиленной зависимой подвески автомобиля категории М1

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

Тем самым получится увеличить грузоподъёмность автомобиля и тем самым усилить подвеску» [1].

Итак, схематически разрабатываемую конструкцию задней усиленной подвески можно представить в виде рисунка 11.



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

Рисунок 11 – Кинематическая схема модернизированной задней подвески проектируемого автомобиля

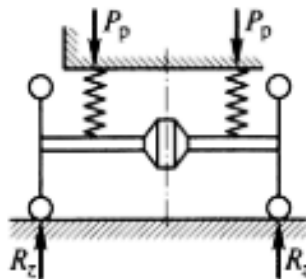
Спецификация на заднюю подвеску автомобиля представлена в Приложении А (рисунки А.2, А.3).

3.2 Конструкторские расчёты подвески

Расчёт передней усиленной подвески.

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

Полная масса автомобиля УАЗ-3151 составляет 1770 кг. Вес автомобиля – $P^1 = 2 \cdot P_p^1 = 17700,0 \text{ Н} = 17,70 \text{ кН}$ (рисунок 12) [13].



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

Рисунок 12 – Расчётная схема для определения нагрузок на подвеску

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

$$P_p = R_z - 0,5 \cdot G_{H.M.}, \quad (27)$$

где R_z – нормальная реакция, Н;

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

На одну сторону моста:

$$P_p = \frac{P}{2}. \quad (28)$$

«Нормальная реакция зависит от веса автомобиля и распределения его по платформе, а так же от дорожных условий. Для проверочных расчётов примем самый наихудший случай (нагрузка на весь передний мост)» [1]:

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

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

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

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

В данном случае подвеска пружинно-рессорная, именно поэтому:

$$P_p = P_{\text{ПП}} + P_{\text{РЕ}}, \quad (29)$$

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

P_p – нагрузка на рессоры, Н» [18]

В ходе модернизации подвески автомобиля УАЗ-31519 было учтено, что базовая конструкция оснащалась исключительно пружинными элементами. Для повышения нагрузочной способности и улучшения характеристик в новую подвеску были добавлены три дополнительных рессорных листа, дополнительный амортизатор.

Поэтому заложили распределение нагрузки на пружину $2/3 P_p$ и на рессоры $1/3 P_p$, тогда:

$$P_{\text{ПП}} = \frac{2 \cdot P_p}{3}, \quad (30)$$

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

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

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

«Прогиб пружины определяется из равенства:

$$f_{\text{ПП}} = \frac{f_k \cdot a}{l} = \frac{8 \cdot i_p \cdot D^3 \cdot P_{\text{ПП}}}{d^4 \cdot G}, \quad (31)$$

где i_p – число рабочих витков пружины,

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

d – диаметр прутка пружины, принимается равным 0,015 м [14];

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

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

Характеристика и конструктивные размеры пружины представлены на рисунке 13.

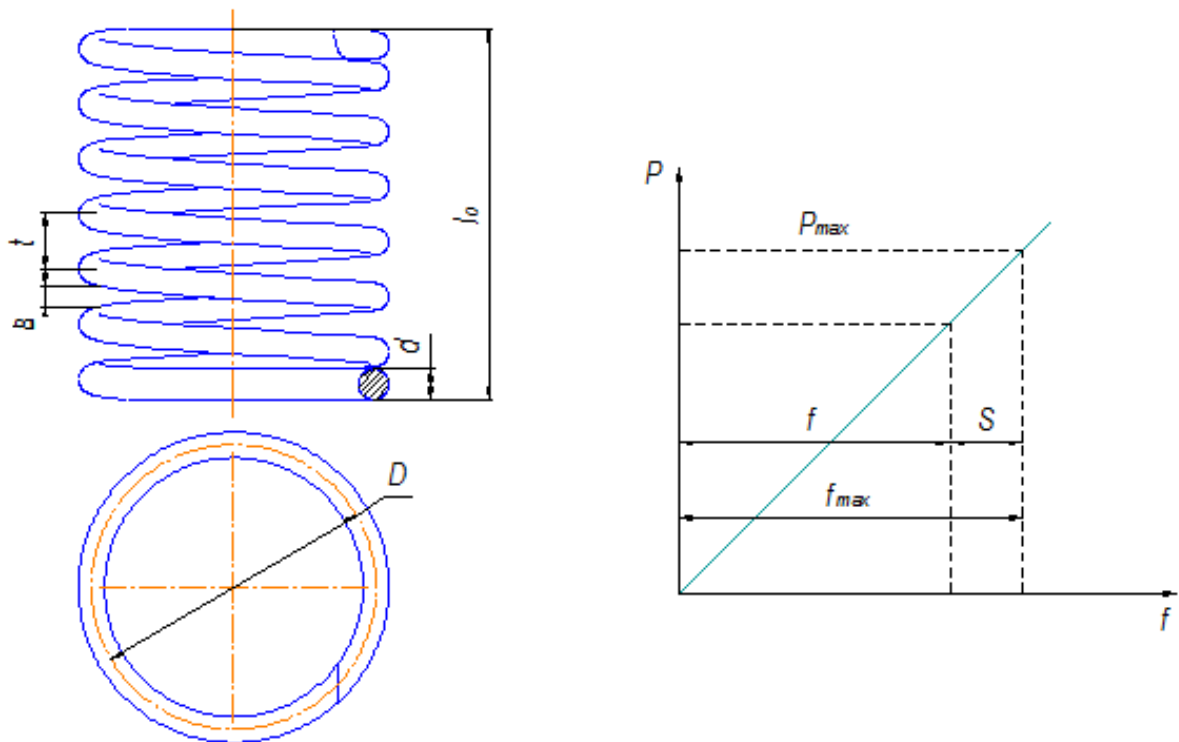


Рисунок 13 – Пружина сжатая и ее характеристика

Напряжение кручения:

$$t_{\text{кр}} = \frac{8 \cdot P_{\text{пр}} \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (32)$$

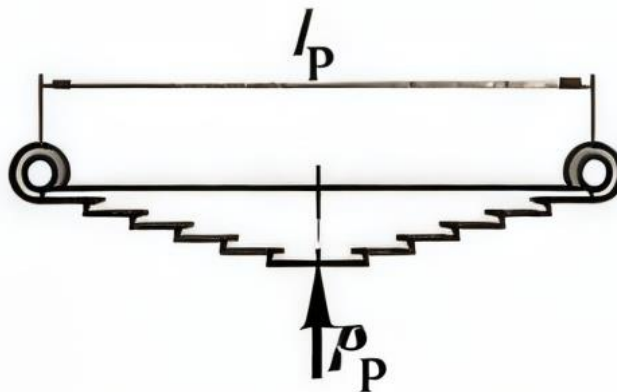
$$t_{\text{кр}} = \frac{8 \cdot 7633,33 \cdot 0,130}{3,14 \cdot 0,015^3} = 749,11 \text{ МПа.}$$

Полученное значение напряжения находится в допустимом диапазоне 800-1100 МПа, что подтверждает корректность подбора пружины.

Расчёт параметров рессоры подвески.

Исходные данные для расчета:

- нагрузка на одну сторону рессоры 3,82 кН,
- принятая симметричная схема конструкции (рисунок 14), обеспечивающая упрощение расчетных операций, равномерное распределение нагрузок



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

Рисунок 14 – Нагрузки симметричной рессоры

«Жёсткость рессоры находится из выражения:

$$c_p = \frac{P_{PE}}{f_p}. \quad (33)$$

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

f_p – прогиб рессоры, м» [3].

«Прогиб рессоры находится из выражения:

$$f_p = \frac{\delta \cdot P_{PE} \cdot l_{PE}}{4 \cdot E \cdot n_{PE} \cdot b \cdot h^3} \quad c_p = \frac{P_{PE}}{f_p}. \quad (34)$$

где δ – коэффициент прогиба рессоры, принимаем равным 1,25 [3];

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

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

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

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

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

Тогда:

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

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

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

$$\sigma_{изг.} = \frac{1,5 \cdot P_{PE} \cdot l_{PE}}{n_{PE} \cdot b \cdot h^2}, \quad (35)$$

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

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

«Расчёт амортизатора.

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

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

$$K = \frac{F}{V}. \quad (36)$$

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

$$D_2 = \frac{k}{2 \cdot \sqrt{c_2 \cdot m_2}}. \quad (37)$$

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

$$D_1 = \frac{k}{\sqrt{(k_F c_1 + c_2) \cdot m_1}}. \quad (38)$$

При определении безразмерных величин демпфирования в качестве единицы длины следует использовать метр» [25].

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

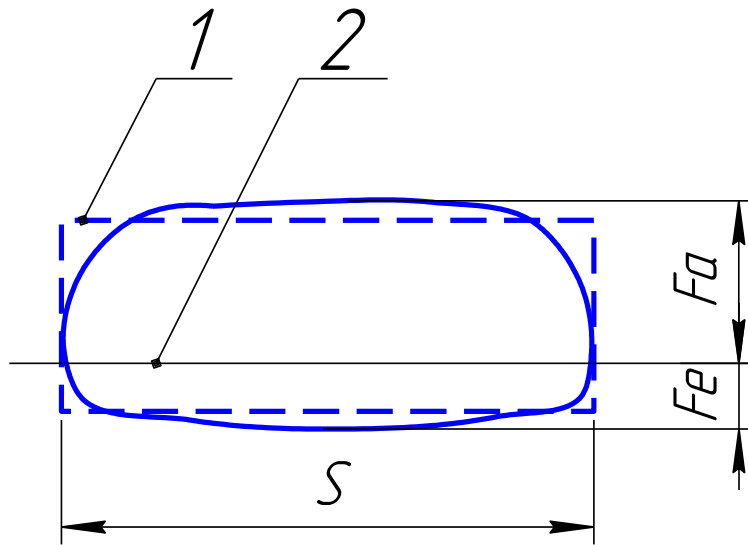
Вводя индекс 2 для колеса D и для амортизатора, получаем следующую зависимость соответственно для силы (в [кгс] или (Н)) и для скорости [в м/с].

$$F_2 = \frac{F_D}{ix}, \quad (39)$$

$$V = V_D \cdot ix. \quad (40)$$

На основе рабочей диаграммы амортизатора (рисунок 15) определяем коэффициент сопротивления, приведенный к колесу:

$$k = \frac{F_2}{V} = \frac{F_D}{(V_D \cdot i^2 x)}. \quad (41)$$



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

Рисунок 15 – Рабочая диаграмма амортизатора

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

При определении коэффициента сопротивления амортизатора используются максимальные значения сил сопротивления на ходе отбоя F_a и сжатия F_e . Собственно форма диаграммы не учитывается. Следовало бы осуществить планиметрирование диаграммы и использовать при расчете среднее значение силы сопротивления. В среднем эта величина составляет 80% максимального значения» [15].

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

$$V_{Dmax} = \pi s n, \quad (42)$$

$$V_{Dmax} = \frac{\pi s n D}{60}, \quad (43)$$

$$F_D = \frac{(F_A + F_E)}{2}. \quad (44)$$

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

- нагрузка на передний мост 1000 (10,0);
- вес, кгс (кН) 100 (1);
- жесткость подвески, кгс/см (Н/мм) 18 (18);
- передаточное число 1,2;
- шины тип 6,5x15;
- давление, кгс/ см² (МПа) 2,0 (0,20);
- скорость движения, км/ч 190» [12].

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

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

$$\begin{aligned}
V_{D_{\max}} &= \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 100}{60} = 0,524 \text{ м/с}, \\
F_D &= \frac{(120 + 40)}{2} = 80 \text{ кгс}, \\
k &= \frac{80}{(0,524 \cdot 1,2^2)} = 106 \text{ кгс/м}, \\
m &= \frac{(G_h - U_h)}{2g}, \\
m &= \frac{(1000 - 100)}{2 \cdot 9,81} = 35,7 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2/\text{мм} \\
D_2 &= \frac{106}{(2 \cdot \sqrt{1800 \cdot 35,7})} = 0,21.
\end{aligned} \tag{45}$$

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

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

$$D_1 = D_2 \sqrt{\frac{c_2}{(k_F c_1 + c_2)}} \cdot \sqrt{\frac{(G_h - U_h)}{U_h}}. \tag{46}$$

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

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

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

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

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

$$d = \frac{F_A}{F_E}. \quad (47)$$

Затем, полученное из уравнения $F_A = dF_R$ подставляем в уравнение (19)» [12].

В приведенном примере:

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

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

$$n_{\text{ИД}} = n_{\text{II}} \cdot \sqrt{1 - D_2^2}, \quad (48)$$

$$n_{\text{ИД}} = n_{\text{I}} \cdot \sqrt{1 - D_2^2}. \quad (49)$$

При $D_2 = 0,25$ получаем $n_{\text{ИД}} = 0,968 \cdot n_{\text{II}}$, а при $D_2 = 0,3$, $n_{\text{ИД}} = 0,954 \cdot n_{\text{II}}$.

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

2.4.2 Расчёт задней усиленной подвески

«Построение упругой характеристики рессорной подвески производят с упрощениями:

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

Определяем статическое значение нормальной реакции для ненагруженного автомобиля Z'_c , задаются желаемой частотой собственных колебаний подрессоренных масс, определяют статический ход колеса h'_c , обеспечивающий необходимую плавность хода ненагруженного автомобиля. Откладывая полученные значения Z'_c , и h'_c , (рисунок 16), проводят прямую ОА, представляющую собой ориентировочную упругую характеристику проектируемой подвески.

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

При нагрузке Z_{max} и линейной характеристики рессоры динамический

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

Построенная упругая характеристика представлена на рисунке 16.

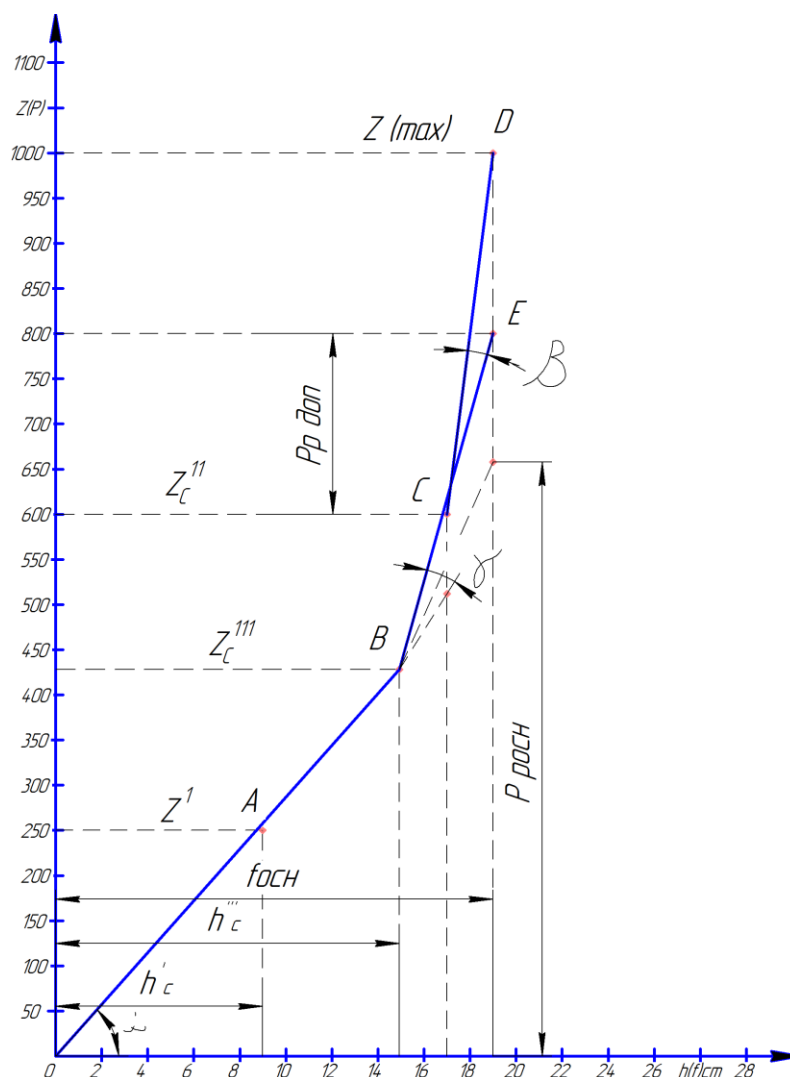


Рисунок 16 – Упругая характеристика зависимой рессорной подвески с дополнительной рессорой

«Высокие динамические возможности подвески реализуются сравнительно редко, поэтому допускается значительное увеличение

жесткости в конце хода сжатия» [16].

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

«Нагрузки, действующие на заднюю подвеску нагруженного грузового автомобиля, различаются значительно, вследствие чего для нагруженного автомобиля статический прогиб получается неприемлемо большим. Это и вызывает применение дополнительной рессоры. Принимают, что дополнительная рессора включается в работу при нагрузке

$$z_c''' = z_c'' + (G_2'' + G_2')/4, \quad (50)$$

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

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

«На ориентировочной упругой характеристике отмечают точку с ординатой z_c''' , соответствующую началу вступления в действие дополнительной рессоры» [23].

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

$$C_{доп} \leq C_{осн} \cdot \Delta h_c' / h_c', \quad (51)$$

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

$C_{осн}$ – жесткость основной рессоры;

h'_c – статический ход колеса.

$$C_{осн} = tg\alpha, \quad (52)$$

$$C_{осн} = tg45 = 1.$$

$$C_{доп} = 1 \cdot 6/9 = 0,66.$$

Принимаем 0,38.

$$\gamma = arctg C_{доп}, \quad (53)$$

где γ – угол совместной работы двух рессор,

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

Определяем динамический ход рессоры:

$$fp_{доп} = 0,4 \cdot h'_c, \quad (54)$$

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

Последний участок характеристики, когда вступает в действие резиновый буфер» [13].

Найденные и принятые значения из рисунка 16.

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

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

$$P_p = 525 \text{ кг}, \quad P_{р\text{ДДО}} = 400 \text{ кг}, \quad P = 550 \text{ кг.}$$

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

$$f = \frac{4 \cdot \delta \cdot P \cdot (l')^4}{(E \cdot l \cdot b \cdot i \cdot s^3)}, \quad (55)$$

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

где δ – коэффициент деформации, учитывающий отклонение формы рессоры от балки равного сопротивления; $\delta = 1,25/1,45$ (меньшие значения соответствуют рессорам с несколькими листами одинаковой длины);

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

l' – приведенная длина рессоры;

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

l – длина рессоры, м;

b и s – ширина и толщина листа, м;

i – число листов» [24].

«Расчет основной рессоры:

$$l' = \sqrt{l_1 \cdot l_2}, \quad (56)$$

где l_1, l_2 – размер листа рессоры» [23].

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

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

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

Расчет дополнительной рессоры:

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

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

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

«Основной целью расчета параметров амортизатора является определение параметров амортизатора и выбор его по каталогу. Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизированы (ГОСТ 11728-76)» [12].

«Основные определяемые параметры амортизатора являются:

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

«На начальном участке сила сопротивления определяется:

$$P_H = k_H \cdot V_n^m, \quad (57)$$

где V_n – скорость поршня;

m – показатель степени;

k_H – коэффициент сопротивления на начальном участке» [24].

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

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

«Различают коэффициенты сопротивления при сжатии $k_{H,с}$ и при отбое $k_{H,от}$. У несимметричных амортизаторов они не равны. Сопротивление сжатия принимается меньшим ($k_{H,с} = 0,2 \cdot k_{H,от}$), чтобы при наезде колеса на неровность и быстром сжатии амортизатора через него на раму не

передавалось большое усилие. Завышенное сопротивление отбоя может привести к отрыву колеса от дороги при высококачественном резонансе. При больших скоростях это опасно, поэтому на автомобилях малой грузоподъемности сопротивление сжатия и отбоя значительно меньше различаются и их, иногда, делают одинаковыми» [24].

«На клапанном участке сила сопротивления определяется:

$$P_K = P'_H + k_k \cdot (V_n - V'_n)^m, \quad (58)$$

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

P'_H – сопротивления, соответствующие началу открытия клапана;

k_k – коэффициент сопротивления на клапанном участке» [24].

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

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

Коэффициент сопротивления определяют тангенсами углов наклона характеристик.

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

$$N_a = \frac{((P^{сж}_H + P^{омб}_H) \cdot 30)}{2 \cdot 100}, \quad (59)$$

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

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

$$k_{cp.c} = 2 \cdot \frac{N_c^2}{V_c^2}, \quad (60)$$

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

Аналогично для хода отбоя:

$$k_{cp.o} = 2 \cdot \frac{N_o^2}{V_o^2}, \quad (61)$$

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

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

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

$$k_{\text{э}} = 0,5 \cdot (k_{cp.c} + k_{cp.o}), \quad (62)$$

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

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

$$n_n = k_{\text{э}} \cdot i^2 \cdot \cos^2 \gamma, \quad (63)$$

где i – передаточное число установки амортизатора в подвеске;

γ – угол наклона амортизатора, принимаем равным 40° » [24].

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

«По величине периодичности определяется коэффициент аperiodичности:

$$\psi_a = \frac{n}{M\omega} = \frac{n}{\sqrt{M_c}}, \quad (64)$$

где M – масса подрессоренных частей;

ω – частота колебаний» [24].

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

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

Строим по расчетным значениям характеристику работы амортизатора (рисунок 17).

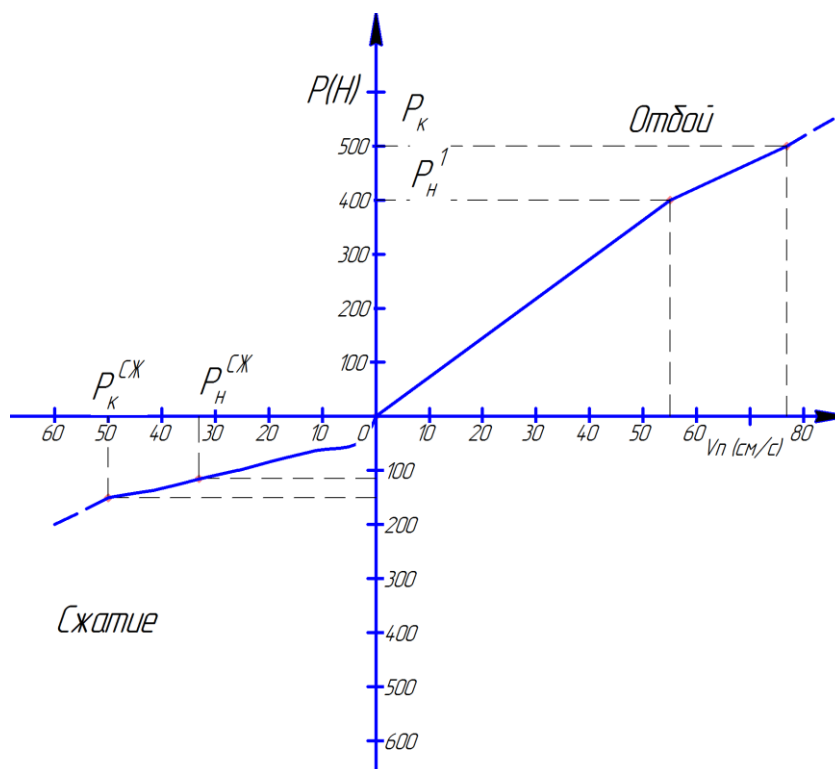


Рисунок 17 – Характеристика работы гидравлического амортизатора

«Проектируем амортизатор на основе амортизатора 2905006-13,

который соответствует данным параметрам.

Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизованы (ГОСТ 11728-76).

Выбранный амортизатор имеет:

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

Рассчитываем на прочность продольную балку рамы, нагруженную нагрузкой с кузова 8000 Н и имеющей длину участка 1,2 м, 0,6 м, 0,6 м» [11].

Расчетная схема и эпюры поперечных сил и изгибающих моментов представлены на рисунке 18.

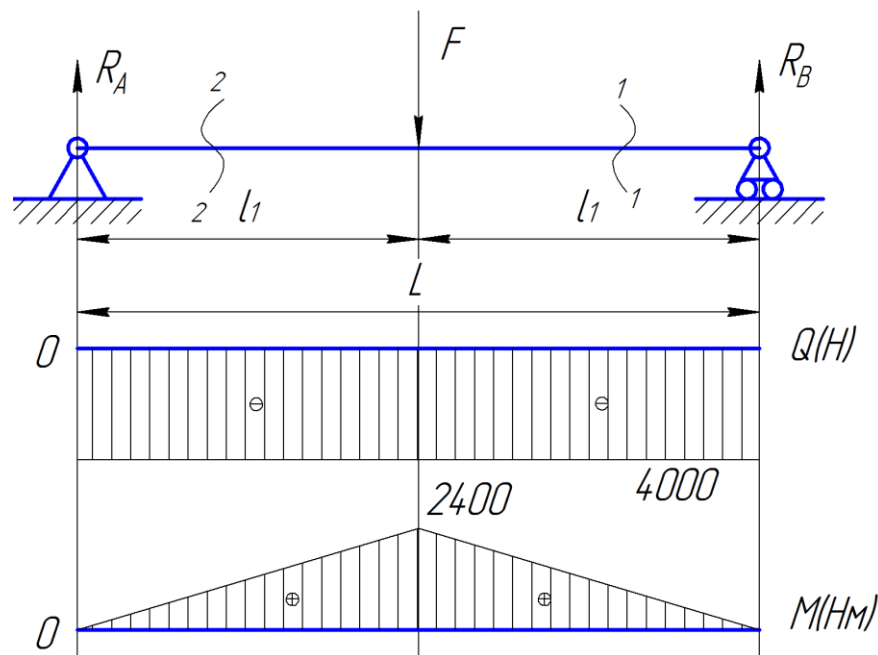


Рисунок 18 – Расчетная схема балки и эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

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

$$\Sigma M_A = 0; F \cdot 0,6 - R_B \cdot 1,2 = 0.$$

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

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

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

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

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

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

Равенство выполняется, значит, вычисления выполнены правильно.

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

Сечение 1 – 1: $0 \leq Z_1 \leq 0,6$,

$$Q_1 = -R_B = -4000 \text{ Н;}$$

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

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

Сечение 2 – 2: $0 \leq Z_2 \leq 0,6$,

$$Q_2 = -R_A = -4000 \text{ Н;}$$

$$\text{при } z_2 = 0; M_2 = 0;$$

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

Расчет заклепочного соединения ведут по срезу и смятию.

«Условия прочности среза:

$$\tau = \frac{F}{(\pi/4) \cdot d^2 \cdot i}, \quad (65)$$

где d – диаметр заклепки, мм;

i – число плоскостей среза» [11].

Согласно [15] принимаем предельную прочность 140 МПа» [15].

$$\tau = \frac{4000}{(3,14/4) \cdot 0,012^2 \cdot 1} = 35,38 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}. \quad (66)$$

Условие прочности на срез выполняется.

«Условия прочности на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(d \cdot \delta_2)} \leq [\delta_{см}] \quad (67)$$

где δ_2 – толщина листа» [25].

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

Условие прочности на смятие выполняется.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса сборки усовершенствованной подвески автомобиля «УАЗ Hunter», направленного на обеспечение надёжности, долговечности и удобства производства. Была подробно обоснована последовательность действий и выбран эффективный способ реализации технического задания.

Проведённый расчёт показал, что трудоёмкость сборки составляет оптимальное значение, которое обеспечивает соблюдение заданных сроков и высокую производственную эффективность. Детализированный технологический процесс, разработанный в рамках раздела, включает поэтапное описание всех этапов сборки, необходимых материалов и оснастки, а также меры контроля качества конечного изделия.

4 Технологический раздел

«Технологический процесс сборки автомобилей и тракторов представляет собой строго регламентированную последовательность операций по соединению деталей и компонентов» [12].

В ходе данного процесса осуществляется:

- поэтапная интеграция отдельных элементов в функциональные узлы,
- комплексирование механизмов в единую систему,
- формирование готового транспортного средства.

Все операции выполняются в соответствии с:

- техническими спецификациями производителя,
- нормативными требованиями безопасности,
- параметрами качества сборки,
- производственными стандартами предприятия.

Ключевыми характеристиками процесса являются:

- четкая последовательность операций,
- контроль на каждом этапе сборки,
- соблюдение технологических нормативов,
- обеспечение заданных эксплуатационных качеств конечного продукта.

Результатом процесса становится полностью функциональное транспортное средство, соответствующее всем заявленным техническим и эксплуатационным требованиям.

Трудоемкость сборочных работ при производстве автомобилей и тракторов определяется совокупностью следующих ключевых факторов:

- конструктивные особенности: сложность и количество соединяемых узлов; степень унификации деталей; применение модульных принципов сборки;

- технологические аспекты: тип организации производства (конвейерная/позиционная сборка); степень механизации и автоматизации процессов; используемое оборудование и оснастка; требования к точности соединений;
- человеческий фактор: квалификация рабочих; организация рабочих мест; система контроля качества; применение нормативов времени.

Габаритные характеристики изделия являются определяющим параметром при проектировании процесса сборки:

- для крупногабаритных конструкций (корпуса машин, рамы) требуются: подъемно-транспортное оборудование (мостовые краны, тельферы), специализированные сборочные стенды, позиционная организация работ;
- мелкие узлы и компоненты позволяют применять: роботизированные сборочные комплексы, конвейерные линии, высокую степень автоматизации.

4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки

Рациональная организация сборки – это оптимизация процесса сборки изделий для минимизации времени, затрат и трудоёмкости при обеспечении высокого качества.

Основные принципы рациональной организации сборки:

- разделение сборки на узлы и подузлы;
- сборка сложных изделий разбивается на отдельные узлы, которые собираются параллельно, это ускоряет процесс и позволяет специализировать рабочие места;
- поточный метод сборки: организация конвейерных линий с чётким тактом (ритмом) работы. Каждая операция выполняется за фиксированное время на отдельной рабочей позиции;

- механизация и автоматизация: использование сборочных роботов, автоматических линий, пневмо- и электроинструмента;
- внедрение систем ЧПУ (числового программного управления) для точной сборки;
- стандартизация и унификация: применение одинаковых крепёжных элементов, соединений и методов сборки; использование модульных конструкций для упрощения сборки;
- оптимизация трудовых процессов: изучение и устранение лишних движений (методы научной организации труда);
- правильная организация рабочего места (эргономика, доступность инструментов): контроль качества на каждом этапе, встроенный контроль (проверка узлов после каждой операции), использование систем визуализации дефектов (например, контрольные метки, датчики);
- логистика и снабжение: чёткое планирование подачи деталей и комплектующих к месту сборки (система «just-in-time»); минимизация простоев из-за нехватки материалов.

Методы оптимизации сборки:

- метод групповой сборки – одновременная сборка однотипных изделий;
- комплекточные тележки/контейнеры – предварительная подготовка деталей для каждой операции;
- использование CAD/CAM-систем – цифровое моделирование сборки для выявления ошибок до производства.

Учитывая ограниченный спрос на модернизацию подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER», наиболее эффективным решением станет организация сборки по мелкосерийному принципу.

Такой подход позволит:

- минимизировать издержки за счёт гибкости производства,
- избежать избыточных запасов комплектующих,

– адаптировать процесс под индивидуальные требования заказчиков.

В отличие от массового выпуска, мелкосерийная сборка обеспечит экономическую целесообразность при небольшом количестве заказов.

В условиях мелкосерийного выпуска применяется стационарная непоточная сборка, при которой процесс делится на два ключевых этапа:

- узловая сборка – формирование отдельных компонентов конструкции;
- общая сборка – компоновка готовых узлов в конечное изделие.

Работы выполняются специализированными бригадами, что обеспечивает:

- гибкость производственного процесса,
- эффективное использование квалификации персонала,
- возможность параллельного выполнения операций.

«Для определения такта выпуска продукции используем формулу:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (68)$$

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт.

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Такой подход позволяет оптимизировать затраты при ограниченных объемах производства» [11].

«После завершения проектирования разрабатывается технологическая карта сборки, включающая:

- графическую схему последовательности операций,
- детальное описание всех сборочных этапов» [21].

Данный подход обеспечивает:

- четкую стандартизацию производственных этапов,
- контроль трудоемкости операций,
- минимизацию технологических простоев.

Спецификация операций узловой и общей сборки модернизированной подвески полноприводного автомобиля приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень операций с указанием трудоемкости и необходимого оборудования технологического процесса сборки модернизированной подвески полноприводного автомобиля

Содержание основного и вспомогательного перехода	Технические требования	Время на выполнение операции, мин.
«Осмотреть раму автомобиля УАЗ HUNTER позиция Сб.1 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, деформаций. Поверхность должна быть чистой и сухой	5
Взять кронштейн передней рессоры позиция Сб.2	Кронштейн должен соответствовать чертежу, без повреждений резьбы и посадочных мест	0,2» [11].
Осмотреть кронштейн передней рессоры на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, сколов, коррозии. Проверить геометрию по шаблону	1
Взять болт М10×1,5-Н7/г6 (4 шт.)	Болты должны быть чистыми, без повреждений резьбы, соответствовать ГОСТ 7798-70	0,2
«Установить кронштейн передней рессоры на раму автомобиля при помощи болтов М10×1,5-Н7/г6	Затяжка моментом 50–60 Н·м. Отсутствие перекосов	2
Взять кронштейн задней рессоры позиция Сб.4	Кронштейн должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть кронштейн задней рессоры 1 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1» [11].
Взять болт М10×1,5-Н7/г6 (4 шт.)	Болты должны быть чистыми, без повреждений резьбы, соответствовать ГОСТ 7798-70	0,2
Установить кронштейн задней рессоры на раму автомобиля при помощи болтов М10×1,5-	Затяжка моментом 50–60 Н·м. Совпадение отверстий без приложения усилий	2

Продолжение таблицы 8

Содержание основного и вспомогательного перехода	Технические требования	Время на выполнение операции, мин.
H7/g6		
«Взять газомасляный амортизатор позиция Сб.5	Амортизатор должен быть сухим, без подтеков масла, шток без повреждений	0,2
Осмотреть газомасляный амортизатор на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие вмятин, подтеков, плавность хода штока	1
Взять болт М14×1,5-H7/g6 и болт М10×1,5-H7/g6	Болты должны быть чистыми, без повреждений резьбы, соответствовать ГОСТ 7798-70	0,2» [11].
Установить газомасляный амортизатор в предназначенном для крепления месте на мосту и раме при помощи болтов М14×1,5-H7/g6 и М10×1,5-H7/g6	Затяжка болтов М14×1,5 моментом 90–100 Н·м, М10×1,5 – 50–60 Н·м. Отсутствие перекосов	6
Взять кронштейн передний позиция Сб.6	Кронштейн должен соответствовать чертежу, без повреждений резьбы и посадочных мест	0,2
Осмотреть кронштейн передний на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, сколов, коррозии. Проверить геометрию по шаблону	1
Приварить кронштейн передний к раме автомобиля	Сварка электродом Э42А, шов непрерывный, без пор и трещин	3
Взять кронштейн задний позиция Сб.7	Кронштейн должен соответствовать чертежу, без повреждений резьбы и посадочных мест	0,2
Осмотреть кронштейн задний на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, сколов, коррозии. Проверить геометрию по шаблону	1
Приварить кронштейн задний к раме автомобиля	Сварка электродом Э42А, шов непрерывный, без пор и трещин	3
Взять комплект рессор позиция Сб.3	Рессоры должны быть без трещин, коррозии, соответствовать чертежу	0,6
Осмотреть комплект рессор на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	2
Установить комплект рессор в кронштейны передней и задней рессоры	Рессоры должны быть смазаны Литолом-24. Отсутствие перекосов при установке	5
Осмотреть комплект рессор на наличие повреждений и дефектов	Рессоры должны быть без трещин, коррозии, соответствовать чертежу	2
Установить комплект рессор в кронштейны передней и	Рессоры должны быть смазаны Литолом-24. Отсутствие перекосов	5

Продолжение таблицы 8

Содержание основного и вспомогательного перехода	Технические требования	Время на выполнение операции, мин.
задней рессоры	при установке	
Взять проставку позиция 15	Проставка должна соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
«Осмотреть проставку на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Установить проставку на комплект рессор	Проставка должна плотно прилегать к рессорам, без зазоров	1
Взять лист №6 позиция 13	Лист должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть лист №6 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1» [11].
Установить лист №6 на проставку	Лист должен плотно прилегать к проставке, без зазоров	0,8
Взять лист №5 позиция 12	Лист должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений.	0,2
«Осмотреть лист №5 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Установить лист №5 на лист №6	Лист должен плотно прилегать к листу №6, без зазоров	0,8
Взять лист №4 позиция 11	Лист должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть лист №4 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1» [11].
Установить лист №4 на лист №5	Лист должен плотно прилегать к листу №5, без зазоров	0,8
Взять лист №3 позиция 10	Лист должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть лист №3 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Установить лист №3 на лист №4	Лист должен плотно прилегать к листу №4, без зазоров	0,8
Взять лист №2 позиция 9	Лист должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть лист №2 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Установить лист №2 на лист №3	Лист должен плотно прилегать к листу №3, без зазоров	0,8
Взять лист №1 позиция 8	Лист должен соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2

Продолжение таблицы 8

Содержание основного и вспомогательного перехода	Технические требования	Время на выполнение операции, мин.
«Осмотреть лист №1 на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Установить лист №1 на лист №2	Лист должен плотно прилегать к листу №2, без зазоров	0,8
Взять болт М16×1,25-35 (2 шт.) и гайку М12 (2 шт.)	Болты и гайки должны быть чистыми, без повреждений резьбы, соответствовать ГОСТ	0,2
Соединить пакет листов при помощи болтов М16×1,25-35 и закрутить гайку М12	Затяжка моментом 120-140 Н·м. Пакет листов должен быть плотно стянут	6
Взять накладку позиция 14	Накладка должна соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть накладку на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1» [11].
Установить накладку на пакет листов	Накладка должна плотно прилегать к пакету листов, без зазоров	0,6
Взять стремянку позиция 16	Стремянка должна соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,2
Осмотреть стремянку на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Установить стремянку соединив при этом 2 пакета рессор	Отсутствие зазоров между стремянкой и рессорами. Затяжка гаек динамометрическим ключом	4
Взять крышку позиция 17	Крышка должна соответствовать чертежу, без деформаций и повреждений	0,1
Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов	Отсутствие трещин, коррозии, проверка геометрии	1
Взять шайбу 16.65Г (4 шт.) и гайку М16×1,25	Шайбы и гайки должны быть чистыми, без повреждений, соответствовать ГОСТ	0,2
Установить крышку на стремянку и зафиксировать при помощи шайб 16.65Г и гаек М16×1,25	Затяжка моментом 120–140 Н·м. Отсутствие перекосов	4
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	Допуск на отклонение геометрии подвески ±2 мм. Проверка на стенде	15
	Итого:	82,9

Для оптимизации производственного графика выполним расчет суммарной продолжительности всех технологических операций по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}. \quad (69)$$

Методика расчета основана на суммировании нормированного времени по всем позициям технологической карты с применением поправочных коэффициентов.

Полученные данные позволяют точно планировать производственные мощности и загрузку оборудования.

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (70)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [10].

$$t_{ум}^{общ} = 82,9 + 82,9 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 89,53 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость сборки принимаем 89,6 мин.

4.2 Проектирование технологического процесса сборки модернизированной подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER»

Формируем поэтапную последовательность монтажных работ, фиксируем необходимый инструмент и оснастку для каждой операции, далее рассчитываем нормативное время выполнения и сводим всё в таблицу 9.

Таблица 9 – Технологический процесс сборки модернизированной подвески полноприводного автомобиля УАЗ HUNTER

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
005	Сборочная	1	«Осмотреть раму автомобиля УАЗ HUNTER позиция Сб.1 на наличие повреждений и дефектов	Сварочный аппарат (для электродуговой сварки), подъемник или козлы для фиксации рамы, стенд для проверки геометрии подвески, набор гаечных ключей (рожковых, накидных, торцевых), динамометрический ключ (диапазон 20–200 Н·м), молоток слесарный, зубило, напильник, пассатижи, отвертки (крестовые, шлицевые), штангенциркуль, микрометр, линейка металлическая, угольник, щуп для проверки зазоров, стенд для сборки рессор, шаблон для проверки геометрии кронштейнов, съемник для амортизаторов, тиски слесарные, смазка Литол-24, антикоррозийный состав, электроды Э42А, уайт-спирит или растворитель для обезжиривания,	67,9
		2	Взять кронштейн передней рессоры позиция Сб.2		
		3	Осмотреть кронштейн передней рессоры на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять болт М10×1,5-Н7/г6 (4 шт.)		
		5	Установить кронштейн передней рессоры на раму автомобиля при помощи болтов М10×1,5-Н7/г6		
		6	Взять кронштейн		
		7	задней рессоры позиция Сб.4		
		8	Осмотреть кронштейн задней рессоры 1 на наличие повреждений и дефектов		
		9	Взять болт М10×1,5-Н7/г6 (4 шт.)		
		10	Установить кронштейн задней рессоры на раму автомобиля при помощи болтов М10×1,5-Н7/г6		
		11	Взять газомасляный амортизатор позиция Сб.5		
		12	Осмотреть газомасляный амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		13	Взять болт М14×1,5-Н7/г6 и болт М10×1,5-Н7/г6» [1]		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
		«14	Установить газомасляный амортизатор в предназначенном для крепления месте на мосту и раме при помощи болтов М14×1,5-Н7/г6 и М10×1,5-Н7/г6	брызговик для защиты от искр при сварке	
		15	Взять кронштейн передний позиция Сб.6		
		16	Осмотреть кронштейн передний на наличие повреждений и дефектов		
		17	Приварить кронштейн передний к раме автомобиля		
		18	Взять кронштейн задний позиция Сб.7		
		19	Осмотреть кронштейн задний на наличие		
		20	Приварить кронштейн задний к раме автомобиля		
		21	Взять комплект рессор позиция Сб.3		
		22	Осмотреть комплект рессор на наличие повреждений и дефектов		
		23	Установить комплект рессор в кронштейны передней и задней рессоры		
		24	Взять проставку позиция 15		
		25	Осмотреть проставку на наличие повреждений и дефектов		
		26	Установить проставку на комплект рессор		
		27	Взять лист №6 позиция 13		
		28	Осмотреть лист №6 на наличие повреждений и дефектов» [1]		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время , мин.
		29	«Установить лист №6 на проставку		
		30	Взять лист №5 позиция 12		
		31	Осмотреть лист №5 на наличие повреждений и дефектов		
		32	Установить лист №5 на лист №6		
		33	Взять лист №4 позиция 11		
		34	Осмотреть лист №4 на наличие повреждений и дефектов		
		35	Установить лист №4 на лист №5		
		36	Взять лист №3 позиция 10		
		37	Осмотреть лист №3 на наличие повреждений и дефектов		
		38	Установить лист №3 на лист №4		
		39	Взять лист №2 позиция 9		
		40	Осмотреть лист №2 на наличие повреждений и дефектов		
		41	Установить лист №2 на лист №3		
		42	Взять лист №1 позиция 8		
		43	Осмотреть лист №1 на наличие повреждений и дефектов		
		44	Установить лист №1 на лист №2		
		45	Взять болт М16×1,25-35 (2 шт.) и гайку М12 (2 шт.)		
		46	Соединить пакет листов при помощи болтов М16×1,25-35 и закрутить гайку М12» [1]		
		47	Взять накладку позиция 14		

Продолжение таблицы 9

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
		48	«Осмотреть накладку на наличие повреждений и дефектов		
		49	Установить накладку на пакет листов		
		50	Взять стремянку позиция 16		
		51	Осмотреть стремянку на наличие повреждений и дефектов		
		52	Установить стремянку соединив при этом 2 пакета рессор		
		53	Взять крышку позиция 17		
		54	Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов		
		55	Взять шайбу 16.65Г (4 шт.) и гайку М16×1,25		
		56	Установить крышку на стремянку и зафиксировать при помощи шайб 16.65Г и гаек М16×1,25		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку» [1]	Набор головок, рожковые ключи, отвертка, динамометрический ключ	15

Дополнительные требования при сборке и испытаниях.

Подготовка поверхностей:

- все сопрягаемые поверхности должны быть очищены от грязи, масла, ржавчины и остатков старой краски;
- перед установкой резьбовых соединений нанести смазку (Литол-24 или аналогичную).

Соблюдение моментов затяжки:

- болты М10×1,5-Н7/г6 – 50–60 Н·м;
- болты М14×1,5-Н7/г6 – 90–100 Н·м;
- болты М16×1,25-35 – 120–140 Н·м.

Контроль затяжки производится динамометрическим ключом.

Сварные соединения:

- сварка выполняется электродами Э42А в защитной среде (при необходимости);
- швы должны быть сплошными, без пор, трещин и непроваров;
- после сварки удалить шлак и провести визуальный контроль.

Установка рессор и амортизаторов:

- рессоры должны быть собраны в правильной последовательности (листы №1–№6);
- после сборки проверить отсутствие перекосов и зазоров между листами;
- амортизаторы должны быть установлены строго вертикально, без перекосов.

Требования к испытаниям.

Статическая проверка:

- после сборки подвеску нагрузить массой, соответствующей эксплуатационной (по ТУ автомобиля);
- проверить отсутствие деформаций, скрипов и люфтов в узлах крепления.

Динамические испытания (при наличии стенда):

- провести прокачку подвески на вибростенде для проверки работы амортизаторов и рессор;
- убедиться в отсутствии стуков, вибраций и самопроизвольного ослабления крепежа.

Контрольная поездка (если сборка на автомобиле):

- совершить тестовый заезд по дороге с неровностями;

- проверить работу амортизаторов (отсутствие пробоев), отсутствие скрипов, стуков, вибраций, нагрев узлов (не должно быть перегрева болтовых соединений).

Финишные требования:

- все сварные швы и открытые металлические поверхности покрыть антикором;
- при необходимости нанести защитную краску.

Выводы по разделу.

В данном разделе проведено обоснование выбора технологического процесса сборки модернизированной подвески полноприводного автомобиля.

Основные результаты работы включают:

- анализ и проектирование технологического процесса;
- определены ключевые этапы сборки с учетом внедренных изменений (дополнительные рессоры и амортизатор);
- разработана оптимальная последовательность операций, обеспечивающая надежность и эффективность монтажа;
- оценены временные затраты на выполнение операций, что позволило оптимизировать производственный цикл.
- разработанная технологическая схема сборки наглядно отражена в графической части выпускной квалификационной работы.

Проведенные мероприятия позволили создать рациональный и технологически обоснованный процесс сборки, обеспечивающий повышение надежности и эксплуатационных характеристик модернизированной подвески.

5 Безопасность и экологичность проекта

Автомобилестроение – сложная отрасль с многоэтапным производственным циклом, требующая комплексного подхода к вопросам безопасности.

Согласно данным Международной организации труда (ILO):

- ежегодно происходит 2,78 миллионов смертей из-за профессиональных заболеваний;
- 374 миллиона несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности;
- экономические потери достигают 3,94% мирового ВВП.

Структура отраслевых рисков:

- травмы при работе с прессами (42% случаев),
- отравления парами красок (23%),
- поражения током (15%),
- падения с высоты (12%).

В таблице 10 представлен сравнительный анализ по странам (в % от ВВП).

Таблица 10 – Сравнительный анализ затрат на несчастные случаи (% ВВП) по странам

Страна	Затраты (% ВВП)	Особенности регулирования
Германия	2,8-3,2%	Система обязательного страхования Berufsgenossenschaften
США	3,1-3,5%	Workers' compensation + судебные иски
Япония	2,6-2,9%	Пожизненные компенсации при профзаболеваниях
Россия	3,5-4,1%	Высокий уровень скрытого травматизма
Бразилия	4,2-4,8%	Неформальный сектор до 35% занятости

Типичные затраты на 1 тяжелый несчастный случай составляют:

- Европа: 250000-400000 евро;
- США: 500000-1200000 долларов (с учетом судебных исков);
- Китай: 800000-1500000 йен.

В дипломном проекте необходимо учитывать специфические риски и современные тенденции отрасли.

Рассмотрим особенности производственной и экологической безопасности в автомобилестроении.

Технологические риски:

- работа с прессовым оборудованием (риск травматизма),
- сварочные операции (опасность возгораний, поражения током),
- окрасочные работы (взрывоопасность, токсичные испарения),
- конвейерные линии (движущиеся механизмы).

К мерам обеспечения безопасности относятся:

- автоматизация опасных процессов (роботизированная сварка и покраска; автоматические прессы с оптической защитой; конвейеры с датчиками присутствия персонала);
- системы контроля (мониторинг концентрации ЛВЖ в окрасочных цехах; термоконтроль электрооборудования; видеонаблюдение за опасными зонами);
- защита персонала (специальные СИЗ для разных участков (термостойкая одежда для сварщиков, респираторы для маляров); антистатические комплекты для работы с электроникой; системы принудительной вентиляции).

Основные источники воздействия на экологическую безопасность:

- выбросы лакокрасочных материалов,
- сточные воды гальванических производств,
- отходы полимерных материалов,
- шумовое воздействие испытательных стендов.

Таким образом, современное автомобилестроение требует интегрированного подхода к безопасности, сочетающего технические инновации, экологическую ответственность и экономическую эффективность.

В долгосрочной перспективе каждый рубль, вложенный в профилактику профессиональных рисков, приносит предприятию ориентировочно 3-5 рублей совокупной выгоды за счет синергетического эффекта от улучшения всех ключевых показателей деятельности.

5.1 Структурно-функциональный анализ

Для детального исследования сборочного цикла, либо технологического процесса обслуживания, включая его конструктивные параметры и организационно-технические условия, необходимо разработать технологический паспорт (таблица 11).

Таблица 11 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания подвески автомобиля УАЗ HUNTER

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Обслуживание подвески автомобиля УАЗ HUNTER	1 Поставить автомобиль на пост. 2 Проверить состояние рулевых тяг и защитных колпачков, гофр, отбойников. рычагов 3 Проверить затяжку стремянок рессоров. 4 Подтянуть верхние крепления амортизаторов. 5 Подтянуть опоры	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда» [21].	Сварочный аппарат (для электродуговой сварки), подъемник или козлы для фиксации рамы, стенд для проверки геометрии подвески, набор гаечных ключей (рожковых, накидных, торцевых), динамометрический ключ (диапазон 20-200 Н·м), молоток слесарный, зубило, напильник,	Смазка Литол-24, антикоррозийный состав, электроды Э42А, уайт-спирит или растворитель для обезжиривания, брызговик для защиты от искр при сварке

Продолжение таблицы 11

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	<p>амортизаторов. 6 Отрегулировать давление воздуха в шинах, удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторах и установить колпачки. 7 Отрегулировать развал и угол схождения передних колес. 8 Убрать автомобиль с поста</p>		<p>отвертки (крестовые, шлицевые), штангенциркуль, микрометр, линейка металлическая, угольник, щуп для проверки зазоров, стенд для сборки рессор, шаблон для проверки геометрии кронштейнов, съемник для амортизаторов, тиски слесарные</p>	

Данный документ является обязательным требованием для:

- технически сложных изделий,
- продукции, подлежащей обязательной сертификации,
- оборудования с повышенными требованиями безопасности.

Функциональное назначение технологического паспорта:

- систематизация производственных данных – фиксация ключевых параметров сборки;
- обеспечение контроля качества – регламентация технологических норм и допусков;
- оптимизация технического обслуживания – упрощение диагностики и ремонта;
- повышение безопасности эксплуатации – четкие инструкции по монтажу и обслуживанию

Преимущества оформления паспорта:

- упрощение процедур сертификации и аудита,
- снижение рисков производственного брака,
- повышение прозрачности технологических процессов,
- обеспечение соответствия международным стандартам (ISO, ГОСТ, ТР ТС).

Таким образом, технологический паспорт служит не только формальным требованием, но и практическим инструментом управления качеством на всех этапах жизненного цикла изделия.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Комплексная оценка производственных угроз является ключевым элементом системы охраны труда, направленной на сохранение здоровья персонала и устойчивую работу предприятия.

Реализация данного процесса требует последовательного выполнения четырех взаимосвязанных этапов:

- выявление потенциальных угроз: комплексное обследование рабочих мест на предмет наличия физических факторов (шум, вибрация, излучение), химических агентов (токсичные вещества, аэрозоли), биологических опасностей (микрорганизмы, аллергены), психофизиологических нагрузок (стресс, монотонность операций), эргономических проблем (неудобные позы, чрезмерные нагрузки);
- количественная и качественная оценка угроз: расчет вероятности возникновения опасных ситуаций; прогнозирование возможного ущерба здоровью сотрудников; ранжирование рисков по степени значимости;
- разработка защитных мер: внедрение многоуровневой системы защиты, включающей технические усовершенствования

(модернизация оборудования); организационные изменения (оптимизация рабочих процессов); средства индивидуальной защиты; целевые программы обучения персонала; периодические контрольные проверки;

- динамический контроль и совершенствование: регулярный аудит условий труда; анализ эффективности принятых мер; своевременная корректировка защитных мероприятий.

Практическая значимость систематической оценки производственных рисков заключается в:

- создании безопасной рабочей среды,
- предупреждении профессиональных заболеваний,
- снижении экономических потерь от несчастных случаев,
- повышении производственной дисциплины,
- обеспечении соответствия требованиям регуляторных органов.

Реализация данного подхода позволяет трансформировать систему охраны труда из формального требования в действенный инструмент повышения эффективности производства.

В представленной таблице 12 систематизированы данные по выявленным профессиональным рискам, характерным для процесса обслуживания подвески автомобиля УАЗ HUNTER.

Таблица 12 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Поставить автомобиль на пост. 2 Проверить состояние рулевых тяг и защитных колпачков, гофр, отбойников, рычагов 3 Проверить затяжку стремянок рессор».	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля

Продолжение таблицы 12

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
4 Подтянуть верхние крепления амортизаторов.	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [9].
5 Подтянуть опоры амортизаторов. 6 Отрегулировать давление воздуха в шинах, удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторах и установить колпачки.	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
7 Отрегулировать развал и угол схождения передних колес.	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент» [29].
8 Убрать автомобиль с поста	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [7].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [9].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

Оценка рисков проведена по методике ГОСТ 12.0.230-2007.

Таблица позволяет наглядно сопоставить технологические операции с соответствующими рисками и разработать комплекс профилактических мероприятий для минимизации профессиональных заболеваний и травматизма.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для эффективного снижения профессиональных рисков применяется комплекс технических, организационных и индивидуальных мер.

Технические решения:

- автоматизация опасных процессов (роботизированные линии),
- установка защитных ограждений и блокировок,
- внедрение систем принудительной вентиляции,
- использование инструментов с антивибрационными свойствами.

Организационные мероприятия:

- оптимизация режимов труда и отдыха,
- введение ротации персонала на вредных участках,
- разработка четких регламентов безопасной работы,
- организация производственного контроля.

Средства индивидуальной защиты:

- специализированные костюмы (термостойкие, химически стойкие),
- антистатические комплекты,
- респираторы с многоуровневой фильтрацией,
- защитные каски с системой вентиляции.

Инженерные разработки:

- системы дистанционного управления,
- датчики контроля опасных факторов,
- аварийные остановы оборудования,
- звуковая и световая сигнализация.

Профилактические программы:

- медицинские осмотры,
- специальная оценка условий труда,
- тренинги по безопасности,
- психологическая поддержка.

Особое внимание уделяется:

- внедрению цифровых систем мониторинга,
- использованию эргономичного инструмента,
- применению экологичных материалов,
- совершенствованию технологических процессов.

Реализация данных мер позволяет:

- снизить уровень травматизма на 40-60%,
- уменьшить профзаболеваемость,
- повысить производительность труда,
- обеспечить соответствие международным стандартам.

«Эффективность применяемых методов регулярно оценивается через:

- анализ показателей травматизма,
- медицинскую статистику,
- результаты специальной оценки условий труда,
- опросы сотрудников.

Для эффективного решения обозначенных проблем необходимо:

- применять нормативно-обоснованные меры,
- реализовывать адресные мероприятия,
- обеспечивать системный контроль» [26].

Нормативно-обоснованные меры по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: <ul style="list-style-type: none">– инструктажи по охране труда;– содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].</p>
«Повышенный уровень шума	<p>Мониторинг здоровья работников:</p> <ul style="list-style-type: none"> – систематическое проведение аудиометрии для сотрудников шумных цехов; – создание индивидуальных аудиограмм для отслеживания динамики слуха; – включение исследований в программу периодических медосмотров. <p>Инструктаж по:</p> <ul style="list-style-type: none"> – правилам эксплуатации СИЗ органов слуха; – технике подбора и применения противозумных устройств; – методам проверки плотности прилегания защитных средств. <p>Техническая модернизация:</p> <ul style="list-style-type: none"> – плановый контроль уровня шума оборудования; – внедрение шумопонижающих технологий (вибрационные демпферы, звукоизолирующие кожухи, акустические экраны); – приоритетная замена устаревшего шумного оборудования 	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противозумные» [20].</p>

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>Организация рабочего процесса:</p> <ul style="list-style-type: none"> – введение регламентированных «тихих пауз»; – создание зон акустической разгрузки; – оптимизация графика работы с учетом шумовой нагрузки. <p>Тренинги по:</p> <ul style="list-style-type: none"> – техникам стрессоустойчивости; – методам звуковой релаксации; – профилактике слухового утомления. <p>Консультации корпоративного психолога</p> <p>Инженерные решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – установка звукопоглощающих панелей; – применение антивибрационных креплений; – модернизация вентиляционных систем; – использование шумоподавляющих материалов 	
«Возможность поражения электрическим током	<p>Образовательные мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проведение специализированных курсов по принципам безопасной эксплуатации электроустановок, методам идентификации опасных участков, правилам применения электрозащитных средств; – организация регулярных тематических семинаров с разбором реальных случаев <p>Практическая подготовка</p> <ul style="list-style-type: none"> – ежеквартальные тренировки по алгоритмам действий в аварийных ситуациях, технике безопасного отключения оборудования, особенностям работы под напряжением; – внедрение системы ежегодной аттестации 	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – электротехнического персонала <p>Техническая защита:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оснащение рабочих мест современными устройствами защитного отключения, диэлектрическими коврами и инструментами, сигнализаторами напряжения, заземляющими устройствами нового поколения. <p>Профилактический контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> – внедрение системы планово-предупредительных ремонтов: – ежемесячный осмотр силовых линий, – термографический контроль соединений, – диагностика изоляции электрооборудования, – ведение электронного журнала технического состояния. <p>Административный надзор:</p> <ul style="list-style-type: none"> – реализация трехступенчатой системы контроля, – ежедневный осмотр ответственным лицом, – еженедельная проверка начальником участка, – месячная комиссионная инспекция, – автоматизированная система учета нарушений <p>Медицинское сопровождение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – углубленные медосмотры для электротехперсонала: – проверка нервной системы – контроль сердечно-сосудистых показателей, тесты на скорость реакции 	
Отсутствие или недостаток естественного света	Оптимальное расположение рабочих мест с акцентом на естественный свет (размещение столов и зон активности рядом с окнами или в хорошо освещённых участках).	–

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	Использование прозрачных конструкций для свободного проникновения дневного света (стеклянные перегородки, светопропускающие стены или другие решения, обеспечивающие равномерное освещение без искусственных источников)	
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [27] 	–
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – чередование задач и ротация видов деятельности, периодическая смена рабочих операций для предотвращения однообразия и поддержания вовлечённости; – внедрение элементов автономности и разнообразия, предоставление сотрудникам возможности влиять на порядок выполнения задач и варьировать методы работы; – регламентированные перерывы и микропаузы, введение коротких перерывов для отдыха и смены активности в течение рабочего дня; – использование 	–

Продолжение таблицы 13

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – технологических решений, автоматизация рутинных процессов и применение интерактивных систем для повышения вариативности труда; – психологическая разгрузка и мотивация, организация зон отдыха, проведение мини-тренингов или использование геймификации для поддержания интереса; – оптимизация эргономики рабочего места, создание комфортных условий, снижающих физическое и эмоциональное напряжение (например, регулируемая мебель, динамическое освещение). <p>Мероприятия подбираются с учетом специфики труда и рекомендаций по охране здоровья (СНиП, СанПиН, ТК РФ).</p>	

Данный подход гарантирует не только формальное соблюдение требований охраны труда, но и создание по-настоящему безопасной производственной среды. Все мероприятия должны быть задокументированы и включены в систему управления охраной труда предприятия.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – это документ, регламентирующий порядок действий при пожаре, эвакуации людей и материальных ценностей, а также меры по предотвращению возгораний.

Этот план должен быть доступен всем сотрудникам и регулярно пересматриваться.

План пожарной безопасности содержит:

- ответственных за пожарную безопасность;
- профилактику (проверки оборудования, хранение горючих материалов);
- порядок действий при пожаре: оповещение (сигнализация, вызов МЧС); эвакуация (схемы путей, сборные пункты); тушение (огнетушители, пожарные краны);
- проверки и обновления (регулярные тренировки, корректировка плана).

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 14).

Таблица 14 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [7].

Классификация пожарной техники (по ГОСТ Р 53325-2012 и нормам МЧС) включает следующие основные категории:

- первичные средства пожаротушения: огнетушители (пенные, порошковые, углекислотные, хладоновые); пожарные щиты и инвентарь (вёдра, лопаты, ящики с песком, кошмы (противопожарные полотна), багры, топоры, ломы);
- пожарные автомобили: основные (АЦ – автоцистерны, АНР – насосно-рукавные); специальные (автолестницы, дымоудаление, аварийно-спасательные);

- пожарные поезда, суда, вертолёты (для спецобъектов);
- мотопомпы (переносные насосы для воды);
- установки пожаротушения: автоматические системы (водяные (спринклерные, дренчерные), газовые, порошковые, аэрозольные);
- пожарные краны и рукава (в зданиях);
- пожарная сигнализация и связь (извещатели (дымовые, тепловые, ручные));
- приёмно-контрольные приборы (ПКП);
- системы оповещения (громкоговорители, световые табло);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) для пожарных: костюмы, каски, дыхательные аппараты (ДАСВ), теплоотражающие экраны; для эвакуируемых: противогазы, самоспасатели (например, «Феникс»);
- специальная техника: роботы-пожарные (для АЭС, химических объектов); термокамеры и тепловизоры для поиска очагов.

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру,

сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [6].

Разработка планов действий по пожарной безопасности – обязательная процедура для организаций, зданий и сооружений, регламентированная ФЗ №69 «О пожарной безопасности» и Правилами противопожарного режима в РФ.

Цели разработки планов:

- предотвращение пожаров (профилактика нарушений);
- обеспечение безопасности людей (эвакуация, первая помощь);
- минимизация ущерба (быстрое тушение, защита имущества);
- соответствие закону (избежание штрафов и приостановки деятельности).

Рассмотрим основные виды планов по пожарной безопасности.

План эвакуации при пожаре состоит из графической части (схема путей эвакуации, выходы, места огнетушителей) и текстовой инструкции (действия персонала, вызов МЧС, порядок отключения оборудования).

Разработка планов эвакуации обязательна для всех общественных зданий, офисов, школ, больниц и так далее.

Инструкция о мерах пожарной безопасности включает в себя Правила содержания территории, электрооборудования, хранения ЛВЖ (легковоспламеняющихся жидкостей), порядок проведения огневых работ, ответственных лиц и их обязанности.

План противопожарных мероприятий содержит:

- регулярные проверки (электропроводки, систем сигнализации);
- обучение персонала (инструктажи, тренировки);
- техническое обслуживание средств пожаротушения.

План ликвидации аварийных ситуаций оформляется для опасных объектов (АЗС, склады ГСМ, химические производства). Включает взаимодействие с МЧС, локализацию возгораний, защиту окружающей среды.

Разработка планов состоит из 5 этапов:

- анализ объекта (категория пожарной опасности);
- определение рисков (где возможны возгорания, слабые места);
- разработка документов (схемы, инструкции, приказы);
- согласование (при необходимости – с МЧС или экспертами);
- обучение персонала и проведение тренировок.

«Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля «УАЗ HUNTER» (таблица 15), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий» [6].

Таблица 15 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля «УАЗ HUNTER»

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [17]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [6]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [17].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей»
«Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [6]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение

Продолжение таблицы 15

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	планов эвакуации в доступных для обзора местах.
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [17]

Рассмотрим обязанности работодателя по пожарной безопасности.

Контроль горючих отходов: не допускать скопления легковоспламеняющихся материалов, включить регулярную уборку в систему противопожарных мер.

Обучение персонала: четко разъяснять сотрудникам риски, связанные с используемыми материалами и технологическими процессами; вводный инструктаж для новых работников; ознакомить каждого нового сотрудника с разделами плана пожарной безопасности, которые касаются его личной защиты в ЧС. Техническое обслуживание оборудования: проводить плановые проверки и ремонт теплогенерирующих установок, чтобы исключить риск возгорания.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески автомобиля «УАЗ HUNTER»

Экологическая безопасность – это комплекс мер, направленных на сохранение природных систем и предотвращение их разрушения в результате человеческой деятельности.

Ключевые аспекты:

- защита экосистем от загрязнения, истощения и необратимых изменений;
- рациональное использование ресурсов (воды, почвы, воздуха, биоразнообразия);

- минимизация антропогенного воздействия на окружающую среду.

Основные направления:

- контроль загрязнений (промышленные выбросы, отходы, химические вещества);
- сохранение биоразнообразия (защита редких видов, восстановление лесов);
- устойчивое развитие (баланс между экономикой и экологией).

Экологическая безопасность – не просто синоним охраны природы, а системный подход к гармоничному взаимодействию человека и окружающей среды.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания подвески автомобиля «УАЗ HUNTER» и сведем их в таблицу 16.

Таблица 16 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание подвески автомобиля УАЗ HUNTER»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

«Последствия игнорирования негативных факторов

- ухудшение здоровья населения (респираторные, онкологические заболевания).
- деградация экосистем (исчезновение видов, опустынивание).
- экономические потери (ущерб сельскому хозяйству, туризму).
- климатические катастрофы (учащение экстремальных погодных явлений)» [18].

Идентификация вредных экологических факторов – первый шаг к разработке стратегий устойчивого развития и снижению антропогенной нагрузки на природу.

В данном разделе представлено систематическое исследование вопросов, связанных с обслуживанием подвески автомобиля. Важнейшие итоги выполненной работы включают:

- разработку паспорта процесса обслуживания. Создан подробный документ, содержащий пошаговое руководство по техническому обслуживанию подвески, позволяющий обеспечить эффективное и безопасное проведение ремонтных и профилактических процедур.
- анализ профессиональных рисков. Были выявлены потенциальные опасности и угрозы здоровью работников, занятых в процессе обслуживания подвески. Определены конкретные методы и средства защиты, такие как применение защитных экранов, индивидуальных средств защиты и специализированного оборудования, исключающих вероятность травм и повреждений.
- обеспечение пожарной безопасности. Установлен пожарный класс объекта и выявлена природа опасных факторов возможного возгорания. Разработаны рекомендации по предотвращению возгораний, выбору противопожарного оборудования и созданию условий безопасной рабочей среды.
- экологическая безопасность. Выявлены возможные негативные воздействия на окружающую среду, связанные с процессом обслуживания подвески автомобиля. Составлены меры по сокращению вредных выбросов, утилизации отходов и защите окружающей среды во время ремонта и обслуживания транспортных средств.

Данный комплексный подход позволит минимизировать риски аварийных ситуаций, защитить здоровье сотрудников и сохранить благоприятную экологическую обстановку на производственных площадках.

6 Экономическая эффективность проекта

«В рамках расчета финансовых затрат на модернизацию подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER» необходимо определить:

- перечень необходимых материалов для модернизации (дополнительные рессоры, амортизаторы, крепежные элементы и др.) и рассчитана их общая стоимость» [10];
- проведена оценка трудоемкости работ с учетом времени, требуемого на демонтаж старой и установку новой подвески;
- рассчитана стоимость работ на основе действующих тарифных ставок;
- определен перечень необходимого оборудования (подъемники, сварочные аппараты, специнструмент и др.) и рассчитаны затраты на их использование (амортизация, аренда или приобретение);
- «учтены сопутствующие затраты: транспортировка материалов, энергопотребление, аренда производственных площадей (при необходимости) и другие накладные расходы» [30].

«Затраты на изготовление модернизированной подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER» определяем по формуле:

$$C_{кон} = C_{к.д} + C_{о.д} + C_{н.д} + C_{сб.н} + C_{о.н}, \quad (71)$$

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

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

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

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

$C_{о.н}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [7].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (72)$$

где Q_k – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг. В данной конструкции корпусной деталью является балка массой 20 кг;

C_k – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 135,0 р./кг» [7].

$$C_{к.д} = 20,0 \cdot 135,0 = 2700,0 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 2700,0 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_m, \quad (73)$$

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

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р» [7].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_u \cdot \kappa_t, \quad (74)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей (буфер отбоя – 6 шт.; чашка – 2 шт.; буфер сжатия – 4 шт.; рессора – 44 шт.; направляющая шайба – 12 шт.; пружина – 2 шт.; нижняя ось – 4 шт.; верхняя ось – 4 шт.; втулка – 4 шт.; уплотнитель – 2 шт.),

буфер отбоя 0,35 чел.·ч.; чашка 0,4 чел.·ч.; буфер сжатия 0,4 чел.·ч.,
рессора 0,25 чел.·ч.; направляющая шайба 0,2 чел.·ч.; пружина 0,5
чел.·ч.; нижняя ось 0,45 чел.·ч.; верхняя ось 0,25 чел.·ч.; втулка 0,25
чел.·ч.; уплотнитель 0,2 чел.·ч.;

$C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

κ_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате,
принимается равным 1,03» [7].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2025 года МРОТ составляет 23562 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $23562/(7 \cdot 21) = 160,28$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [14].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $160,28 \cdot 1,42 = 227,6$ р./ч.

$$C_{np} = 23,1 \cdot 227,6 \cdot 1,03 = 5415,29 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (75)$$

$$C_{\text{д}} = 10 \cdot 5415,29 / 100 = 541,93 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{np} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (76)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (5415,29 + 541,93) / 100 = 1787,17 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma np} = 5415,29 + 541,93 + 1787,17 = 7744,39 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 7744,39 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (77)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [6].

Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

«Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг.	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Буфер отбоя	Резина ГОСТ 7338-90	6	1,50	90	135
Чашка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	2	2,0	132	264
Буфер сжатия	Резина ГОСТ 7338-90	4,0	1,0	90	90
Рессора	Сталь 65Г ГОСТ 1050-88	44	50,0	186	9300
Направляющая шайба	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	12	0,75	132	99
Пружина	Сталь 65 ГОСТ 1050-88	2	6,0	186	1116
Нижняя ось	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	4	1,0	186	186
Верхняя ось	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	4	1,0	186	186
Втулка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	4	0,75	132	99
Уплотнитель	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	90	45» [1]
Итого:	-	-	-	-	11520,0

$$C_{.m} = 90 \cdot 1,5 + 132 \cdot 2 + 90 \cdot 1 + 186 \cdot 50 + 132 \cdot 0,75 + 186 \cdot 6 + \\ + 186 \cdot 1 + 132 \cdot 0,75 + 90 \cdot 0,5 = 11520 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 5415,29 + 11520 = 16935,29 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 16935,29 р.

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

$$C_{сб.n} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (78)$$

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

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

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [6].

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

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (79)$$

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

$$T_{сб} = k_c \cdot \sum t_{сб}, \quad (80)$$

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

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [12].

По справочным данным принимаем $t_{сб}$ равную 18,0 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 18,0 = 22,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 22,5 \cdot 227,6 \cdot 1,03 = 5274,63 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 5274,63 = 527,46 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (5274,63 + 527,46) = 1740,63 \text{ р.}$$

$$C_{сб.н} = 5274,63 + 527,46 + 1740,63 = 7542,72 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 7542,72 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{np} \cdot R_{он})}{100}, \quad (81)$$

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

$R_{он}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [12].

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{сб}), \quad (82)$$

$$C'_{np} = 5415,29 + 5274,63 = 10689,92 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(10689,92 \cdot 15)}{100} = 1603,49 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Цена, руб.
Ступица колеса (4 шт.)	3749,76
Элемент заднего моста (2 шт.)	1569,12
Элемент переднего моста (2 шт.)	2124,64
Амортизатор в сборе (6 шт.)	8332,8
Опора (4 шт.)	1388,8
Рычаг в сборе (2 шт.)	1271,2
Болты в ассортименте (13 шт.)	361,76
Гайки в ассортименте (22 шт.)	305,76
Шайбы в ассортименте (14 шт.)	97,44
Итого:	19201,28

$$C_{но} = 3749,76 + 1569,12 + 2124,64 + 8332,8 + 1388,8 + 1271,2 + 361,76 + 305,76 + 97,44 = 19201,28 = 19201,28 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 2700 + 16935,29 + 19201,28 + 7542,72 + 1603,49 = 47982,78 \text{ р.}$$

Затраты на модернизацию подвески сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на изготовление конструкторской разработки модернизированной подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER»

Обозначение	Цена, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	2700,00
Сырье и материалы	11520,00
Общая заработная плата на изготовление оригинальных деталей	7744,39
Общая заработная плата на сборку	7542,72
Общепроизводственные накладные расходы	1603,49
Стоимость покупных изделий	19201,28
Итого:	50311,88

Общие затраты на изготовление модернизированной подвески конструкции равны 50311,888 р. Стоимость комплекта с установкой на

автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж):
 $50311,88 \cdot 1,125 = 56600,86$ р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (83)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р» [6].

$$\mathcal{E}_Г = 67000 - 56600,86 = 10399,14 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{OK} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (84)$$

$$O_{OK} = \frac{56600,86}{10399,14} = 5,44 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \quad (85)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 10399,14 - 0,15 \cdot 56600,86 = 1909,01 \text{ р.}$$

В таблице 20 представлены основные показатели проекта.

Таблица 20 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	67000	56600,86
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	10399,14
Экономический эффект	р.	–	1909,01
Срок окупаемости	год	–	5,44

В настоящем разделе проведено полное исследование экономической целесообразности внесения изменений в конструкцию подвески автомобиля «УАЗ HUNTER». Стоимость полного комплекса работ по модернизации подвески, включая установку и материалы, составила 56600,86 р.

Основные экономические преимущества проведённой модернизации заключаются в следующем:

- за счёт оптимизации конструкции подвески обеспечиваются значительные сокращения издержек на техническое обслуживание и ремонт ходовой части автомобиля;
- срок окупаемости вложенных средств составляет 5,44 года, после чего владелец транспортного средства получает стабильную прибыль от снижения операционных расходов;
- благодаря увеличению ресурса отдельных элементов подвески повышается общий ресурс самого автомобиля, что ведет к значительному продлению срока его эксплуатации;
- повышается комфорт водителя и пассажиров, улучшается управляемость автомобилем, обеспечивается дополнительная безопасность движения.

Подводя итог, можно уверенно утверждать, что модернизация подвески автомобиля «УАЗ HUNTER» экономически выгодна и приносит ощутимые долгосрочные выгоды владельцу транспортного средства.

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта на тему «Полноприводный легковой автомобиль. Модернизация подвески автомобиля» проведены конструкторские, технологические, экономические расчеты, направленные на повышение эксплуатационных характеристик подвески полноприводного автомобиля «УАЗ Hunter».

Анализ состояния вопроса показал, что подвеска, устойчивость и управляемость – взаимосвязанные элементы, формирующие безопасность и удовольствие от вождения.

Тягово-динамический расчет подтвердил, что модернизированная подвеска не ухудшает динамические характеристики автомобиля, а в некоторых режимах даже улучшает сцепление с дорогой и управляемость.

Конструкторская часть включала обоснование выбора модернизированной подвески (независимая или полунезависимая схема), расчеты жесткости, демпфирования и прочности элементов. Разработаны чертежи ключевых узлов.

Технологический раздел посвящен организации сборки модернизированной подвески, включая выбор оборудования, оснастки и разработку технологического процесса. Предложены меры по оптимизации производственных операций.

Рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

Определена целесообразность разработки модернизированной подвески полноприводного автомобиля «УАЗ HUNTER» с экономической стороны

Разработанная модернизация подвески полноприводного автомобиля «УАЗ Hunter» позволяет повысить комфорт, устойчивость и долговечность ходовой части без ухудшения тягово-динамических характеристик. Проект соответствует требованиям безопасности, экологичности и экономической эффективности, что делает его применимым в реальных условиях эксплуатации.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Автомобили УАЗ-315119-095, УАЗ-31519-195 : РЭ 05808600.089-2003 (доп. к руководству по эксплуатации РЭ 05808600.072-2000) / УАЗ. Ульяновск: Ульян. автомоб. з-д, 2003. 19 с.
- 2 Болотов А. К. Конструкция тракторов и автомобилей: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по агроинженерным специальностям / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницын. Москва: КолосС, 2006 (Смоленск : Смоленская обл. тип. им. В.И. Смирнова). 349 с.
- 3 Вахламов В. К. Техника автомобильного транспорта : Подвиж. состав и эксплуатац. свойства: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и упр. на трансп. (автомобил. трансп.) направления подгот. дипломир. специалистов «Организация перевозок и упр. на трансп.» / В.К. Вахламов. Москва: Academia, 2004 (ГУП Саратов. полигр. комб.). 521 с.
- 4 Галимзянов, Р. К. Теория автомобиля: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 190201 – «Автомобиле- и тракторостроение» / Р. К. Галимзянов; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Автомобили». Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. 219 с.
- 5 Галкин В. И. Транспортные машины : учебник для вузов. Москва: Издательство «Горная книга»: Издательство МГГУ, 2010. 587 с.
- 6 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. 22 с.
- 7 Гуревич А. М. Тракторы и автомобили: [Для инж. спец.] / А. М. Гуревич. - 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1983. 336 с.
- 8 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст]: учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства

специализации «Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» / Н. Н. Дубинин; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. 258 с.

9 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г.Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. Минск: Изд-во Акад. наук БССР, 1963. 567 с.

10 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст]: учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 185 с

11 Ионес С. В. Советские полноприводные [Текст]: [12+] / С. В. Ионес, Н. С. Марков, Н. А. Рубежной [и др.]. Тула: Борус-Принт, 2017. 31 см. Т. 1: Легковые. Т. 1. 2017. 417 с.

12 Конаков А. М. Трансмиссия тракторов и автомобилей : учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по агроинженер. специальностям / А. М. Конаков; М-во высш. образования РФ, Нижегор. гос. с.-х. акад. Н. Новгород: Нижегор. гос. с.-х. акад., 2004. 106 с.

13 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор: Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. Москва; Ленинград: Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста «Полиграфкнига»). 179 с.

14 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС). Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. 95 с.

15 Лавриков, И. Н. Экономика автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство» и 190702 «Организация и безопасность движения (автомобильный транспорт)» и специалистов

автомобильного транспорта / И. Н. Лавриков, Н. В. Пеньшин; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Тамбовский гос. технический ун-т». Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 115 с.

16 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. А. Лебедев; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2005. 161 с.

17 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств: учебник: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 15.03.01 «Машиностроение» / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. Москва: ИНФРА-М, 2020. 262 с.

18 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2022. 213 с.

19 Норин В. А. Разработка технологического процесса изготовления деталей [Текст] : дипломное проектирование : учебное пособие / В. А. Норин [и др.] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2013. 161 с.

20 Огороднов С. М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» и

специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / С. М. Огороднов, Л. Н. Орлов, В. Н. Кравец; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева». Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. 284 с.

21 Петров Г. Г. Трансмиссия автомобилей (анализ конструкций, основы расчета): учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» направления подготовки дипломированных специалистов «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / Г. Г. Петров, Э. И. Удлер; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Томский гос. архитектурно-строительный ун-т». Томск: Изд-во Томского гос. архитектурно-строительного ун-та, 2008. 255 с.

22 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники: учебное пособие / Н. Е. Перегудов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет». Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2021. 112 с.

23 Сухочев Г. А. Разработка технологического процесса изготовления детали: Учеб. пособие / Г.А. Сухочев, К.А. Яковлев; М-во образования Рос. Федерации, Воронеж. гос. лесотехн. акад. Воронеж: ВГЛТА, 2002. 67 с.

24 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта: электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт

машиностроения. Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

25 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие / А. И. Школьников; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. Челябинск: ЮУрГУ, 2009. 63 с.

26 Arnold, M. Simulation Algorithms in Vehicle System Dynamics / M. Arnold // Technical Report 27. - Martin-Luther-University Halle, Department of Mathematics and Computer Science, 2004. 27 p.

27 Lowndes, E.M. Development of an Intermediate DOF Vehicle Dynamics Model for Optimal Design Studies / E.M. Lowndes, - Raleigh, 1998. 209 p.

28 Pettersson, M. Driveline Modeling and Control / M. Pettersson. - Linkoping, 1997. 150 p.

29 Puhs, Allen E., Hybrid vehicles. CRC Press, London NewYork 2009. 505 p.

30 Wagner G. Transmission options / Gerhard Wagner// Automotive Engineering International. 2001. - Vol. 7 (109). 64 - 70 p.

Приложение А
Спецификации

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A4			25.ДП.01.123.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
		A1			25.ДП.01.123.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1		
Справ. №						<u>Заимствованные изделия</u>			
				1		Автомобиль УАЗ-3151	1		
						<u>Вновь разработанные изделия</u>			
		A1		2	25.ДП.01.123.61.02.000.СБ	Подвеска передняя	2		
		A1		3	25.ДП.01.123.61.03.000.СБ	Подвеска задняя	2		
Подп. и дата									
Инд. № дубл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инд. № подл.									
					25.ДП.01.123.61.00.000				
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.		Габдасов Р.Р.			Лит.	Лист	
		Проб.		Черепанов Л.А.			Д	1	
		Н.контр.		Черепанов Л.А.			ТГУ, АТс-2001б		
		Утв.		Бобровыйский А.В.					
					Автомобиль полноприводный «УАЗ HUNTER»				
					Копировал			Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация автомобиль УАЗ Hunter

Продолжение Приложения А

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
			<u>Документация</u>		
A1		25.ДП.01.123.6103.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
			<u>Сборочные единицы</u>		
Ср.аб. №	1	25.ДП.01.123.6103.01.000	Рама	1	
	2	25.ДП.01.123.6103.02.000	Кронштейн передней рессоры	1	
	3	25.ДП.01.123.6103.03.000	Комплект рессор	1	
	4	25.ДП.01.123.6103.04.000	Кронштейн задней рессоры	1	
	5	25.ДП.01.123.6103.05.000	Газомасляный амортизатор	1	
	6	25.ДП.01.123.6103.06.000	Кронштейн передний	1	
	7	25.ДП.01.123.6103.07.000	Кронштейн задний	1	
			<u>Детали</u>		
Подп. и дата	A3	8 25.ДП.01.123.6103.008	Лист №1	1	
		9 25.ДП.01.123.6103.009	Лист №2	1	
		10 25.ДП.01.123.6103.010	Лист №3	1	
Инв. № дубл.		11 25.ДП.01.123.6103.011	Лист №4	1	
		12 25.ДП.01.123.6103.012	Лист №5	1	
		13 25.ДП.01.123.6103.013	Лист №6	1	
Взам. инв. №		14 25.ДП.01.123.6103.014	Накладка	1	
		15 25.ДП.01.123.6103.015	Проставка	1	
		16 25.ДП.01.123.6103.016	Стремянка	2	
		17 25.ДП.01.123.6103.017	Крышка	1	
Подп. и дата					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.		Габбасов Р.Р.		
	Проб.		Черепанов Л.А.		
	Н.контр.		Черепанов Л.А.		
Утв.		Байрадовский А.В.			
			25.ДП.01.123.6103.000		
			Подвеска задняя		
			Лит.	Лист	Листов
			Д	1	2
			ТГУ, АТс-2001б		
			Копировал		
			Формат А4		

Рисунок А.2 – Спецификация на заднюю подвеску

Продолжение Приложения А

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
			<u>Документация</u>		
A1		25.ДП.01.123.6102.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
			<u>Покупные изделия</u>		
Справ. №	1		Рама 469-2800010-11	1	
	2		Передний мост 469Б-2300015-01	1	
	3		Стабилизатор поперечной устойчивости 469Б-2300015-02	1	
	4		Штанга продольная 469Б-2300015-03	1	
			Болты ГОСТ 15589-70		
	5		M12x1,75-30	2	
	6		M12x1,75-65	6	
	7		M12x1,75-105	2	
	8		M18x2,0-45	2	
			Гайки ГОСТ 15526-70		
	9		M12x1,75	10	
	10		M18x2,0	2	
Инд. № докл.			Шайбы ГОСТ 6402-70		
	11		12.65Г	10	
Взам. инв. №	12		18.65Г	2	
			<u>Вновь разработанные изделия</u>		
Инд. № подл.	13	25.ДП.01.123.6102.013	Газомасляный амортизатор	2	
	14	25.ДП.01.123.6102.014	Система пружины и буферов	1	
		25.ДП.01.123.6102.000			
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инд. № подл.	Разраб.	Габбасов Р.Р.			
	Проб.	Черепанов Л.А.			
	Н.контр.	Черепанов Л.А.			
	Утв.	Байрадовский А.В.			
			Подвеска передняя		Лит. Лист Листов Д 1 2
			ТГУ, АТс-2001б		

Копировал

Формат А4

Рисунок А.4 – Спецификация на переднюю подвеску

