

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))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация передней подвески автомобиля NIVA LEGEND для работы в  
тяжёлых условиях, соревнованиях и ралли-рейдах

Обучающийся

А.С. Юртаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

(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)

доцент Д.А. Романов

(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)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация передней подвески автомобиля NIVA LEGEND для работы в тяжёлых условиях, соревнованиях и ралли-рейдах».

Цель работы – разработка энергоёмкой передней подвески автомобиля NIVA LEGEND с прогрессивной характеристикой для работы в тяжёлых условиях.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 92 страницы с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрены требования к подвеске автомобиля, участвующего в соревнованиях, определены возможные направления модернизации систем гоночного автомобиля, выполнен обзор существующих способов усиления подвесок автомобилей.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля NIVA LEGEND.

В третьем разделе выполнено обоснование конструкторской разработки, проведена конструкторская разработка передней подвески автомобиля NIVA LEGEND. В качестве модернизации предложена передняя спортивная подвеска с двумя газомасляными амортизаторами и усиленной пружиной.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки передней подвески автомобиля NIVA LEGEND.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The modernizations of a front suspension of the «NIVA LEGEND» car for operation in the difficult conditions, competitions and rally raids».

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

The key issue of the graduation work is design of the modernized front suspension structure to prepare the car for driving in the difficult conditions, for participation in the competitions and rally raids, therefore the special technical requirements are imposed on them.

We touch upon the problem of the necessity to improve the operational properties of the «NIVA LEGEND» car suspension, which affects the stability, safety and handling of the car.

The aim of the work is to develop the power-intensive front suspension of the «NIVA LEGEND» car with a progressive characteristic for operating in the difficult conditions.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the requirements for the car suspension, which participates in the competitions; the possible directions of modernization the racing car systems; the review of existing methods of reinforcing the car suspensions; the traction-dynamic calculation of the «NIVA LEGEND» car; the design development of the front suspension of the «NIVA LEGEND» car; the selection of the organizational form of the assembly of the «NIVA LEGEND» car front suspension; the determination of the labor intensity and the technological process of assembling the designed suspension; the study of the safety and environmental friendliness of the project; the justification of the economic efficiency of the project.

In conclusion we'd like to stress this work is relevant not only for cars which participate in the rally, but the similar technological and constructive solutions can be used by tuning stations for off-road vehicles.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	8
1.1 Требования к подвеске автомобиля, участвующего в соревнованиях.....	8
1.2 Возможные направления модернизации систем гоночного автомобиля	9
1.3 Обзор существующих способов усиления подвесок автомобилей.....	10
1.4 Цели и задачи ВКР .....	15
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	16
2.1 Расчет и построение внешней скоростной характеристики двигателя .	16
2.2 Расчет и построение тяговой части паспорта.....	24
2.3 Прогноз тяговой динамичности и эффективности автомобиля .....	29
2.4 Теоретические основы, расчет и построение тормозной части паспорта .....	31
3 Конструкторская часть .....	37
3.1 Обоснование конструкторской разработки.....	37
3.2 Конструкторские расчёты разрабатываемой подвески.....	43
4 Технологический раздел.....	52
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	53
4.2 Проектирование технологического процесса сборки амортизатора .....	57
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	61
5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	62
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	64
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	66
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	72
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND.....	74

6 Экономическая эффективность проекта.....	77
Заключение .....	86
Список используемой литературы и используемых источников.....	87
Приложение А. Спецификация.....	91

## Введение

Подвеска автомобиля выполняет несколько важных функций, которые обеспечивают комфорт, безопасность и управляемость автомобиля.

Подвеска должна обеспечивать:

- амортизацию неровностей дороги: подвеска поглощает удары и вибрации, возникающие при движении автомобиля по неровным дорогам, обеспечивая комфорт для пассажиров и снижая износ деталей автомобиля.
- обеспечение управляемости и стабильности автомобиля: подвеска позволяет колесам автомобиля сохранять максимальный контакт с дорогой, что обеспечивает лучшую управляемость и стабильность автомобиля при движении на разных скоростях и в разных условиях;
- распределение нагрузки: подвеска равномерно распределяет вес автомобиля на все колеса, что позволяет избегать перегрузки отдельных элементов и обеспечивает оптимальное сцепление колес с дорогой;
- поддержание определенного уровня клиренса: подвеска позволяет поддерживать определенное расстояние между дорогой и днищем автомобиля, что предотвращает повреждение днища и других нижних элементов автомобиля при прохождении неровностей и препятствий;
- обеспечение комфорта движения: подвеска смягчает вибрации и удары от неровностей дороги, делая движение более комфортным для пассажиров и водителя;
- защита других систем автомобиля: подвеска снижает воздействие ударов и вибраций на другие системы автомобиля, такие как трансмиссия, двигатель и электроника, продлевая их срок службы.

«Проходимость определяет способность преодолевать различные препятствия. Заметим, что здесь не обходится без компромиссов, поскольку эти требования весьма противоречивы. Например, мягкое поддресоривание иногда ухудшает устойчивость автомобиля. И наоборот - повышение жесткости ухудшает комфортность езды, уменьшает ресурс» [25].

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

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

Направляющее устройство подвески определяет характер движения колеса относительно дороги и кузова и передаёт толкающие, тормозные и боковые усилия от колес на раму или корпус автомобиля. В случае пружинной подвески направляющим устройством служат грузы и штанги подвески. В рессорной подвеске сама листовая рессора передает продольные и боковые усилия, благодаря чему конструкция подвески упрощается» [23].

В данном дипломном проекте разрабатывается передняя подвеска автомобиля NIVA LEGEND для работы в тяжёлых условиях, соревнованиях и ралли-рейдах.

## **1 Состояние вопроса**

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

«К соревнованиям автомобилей участвующих в ралли-рейдах могут быть допущены автомобили, которые проходят по специальным техническим требованиям.

Разрешается вертикальное перемещение точек крепления подвески к кузову, раме или мостам с целью размещения комплектных колес увеличенного диаметра. Применяемые для этого проставки должны быть надежно закреплены (сварка, болты и тому подобное). Разрешается изменение величины хода подвески. Если производителем предусмотрено крепление моста над рессорами, то разрешается перенос моста под рессоры» [5].

«Упругие элементы:

- разрешено изменение типа упругого элемента. Например: менять листовые рессоры на винтовые пружины и наоборот;
- разрешается изменение материала упругого элемента.

Амортизаторы:

- разрешается устанавливать не более чем по два амортизатора на одно колесо;
- допускается замена амортизаторов на другие без ограничений;
- допускается перенос штатных точек крепления амортизаторов» [5].

«На колёса существуют следующие ограничения:

- запрещено применение шин от сельскохозяйственной, дорожной и специальной техники;
- допускается применение только автомобильных пневматических шин, внешний диаметр которых по заводской маркировке не превышает 33" включительно;

- разрешено применение грязевых шин (mud terrain) и шин с протектором повышенной проходимости с минимальной остаточной высотой протектора не менее 5 мм;
- ширина протектора шин не ограничивается, однако комплектные колеса (шины вместе с дисками), при виде сверху, должны быть полностью закрыты крыльями или расширителями арок;
- крепление колес болтами может быть заменено креплением шпильками и гайками при условии, что количество точек крепления и диаметр деталей, имеющих резьбу, сохраняется» [5].

«Тормозная система:

- разрешается прогрессивное изменение элементов тормозной системы, при условии, что данные элементы заводского изготовления;
- допускается изменение расположения тормозных магистралей и их дополнительная защита» [5].

«Для крыльев и колёсных арок следующие ограничения:

- разрешается минимально необходимое изменение колесных арок для установки колес большего диаметра;
- комплектные колеса (шины вместе с дисками), при виде сверху, должны быть закрыты крыльями или расширителями арок по всей их ширине и длине. Установка расширителей должна быть безопасной» [5].

## **1.2 Возможные направления модернизации систем гоночного автомобиля**

Существует несколько методов усиления подвесок автомобиля:

- установка спортивных пружин и амортизаторов. Этот метод позволяет увеличить жесткость подвески и улучшить управляемость автомобиля в поворотах;

- установка жестких поперечных стабилизаторов. Они предназначены для уменьшения наклона кузова автомобиля;
- установка дополнительных амортизаторов. Они могут быть установлены как на переднюю, так и на заднюю ось автомобиля. Они помогают уменьшить колебания кузова при движении по неровной дороге;
- установка жестких опорных подшипников. Они увеличивают жесткость подвески и уменьшают износ деталей;
- установка усиленных пружин. Они предназначены для увеличения грузоподъемности автомобиля и улучшения устойчивости на дороге.

Важно помнить, что любое усиление подвески должно быть согласовано с особенностями конструкции автомобиля и не привести к ухудшению комфорта и безопасности на дороге.

### **1.3 Обзор существующих способов усиления подвесок автомобилей**

«Согласно техническим требованиям, к участию в национальном классе чемпионата России допускаются автомобили отечественного производства с рабочим объемом двигателя до трех литров, а, следовательно, ВАЗ-21214 может участвовать в соревнованиях.

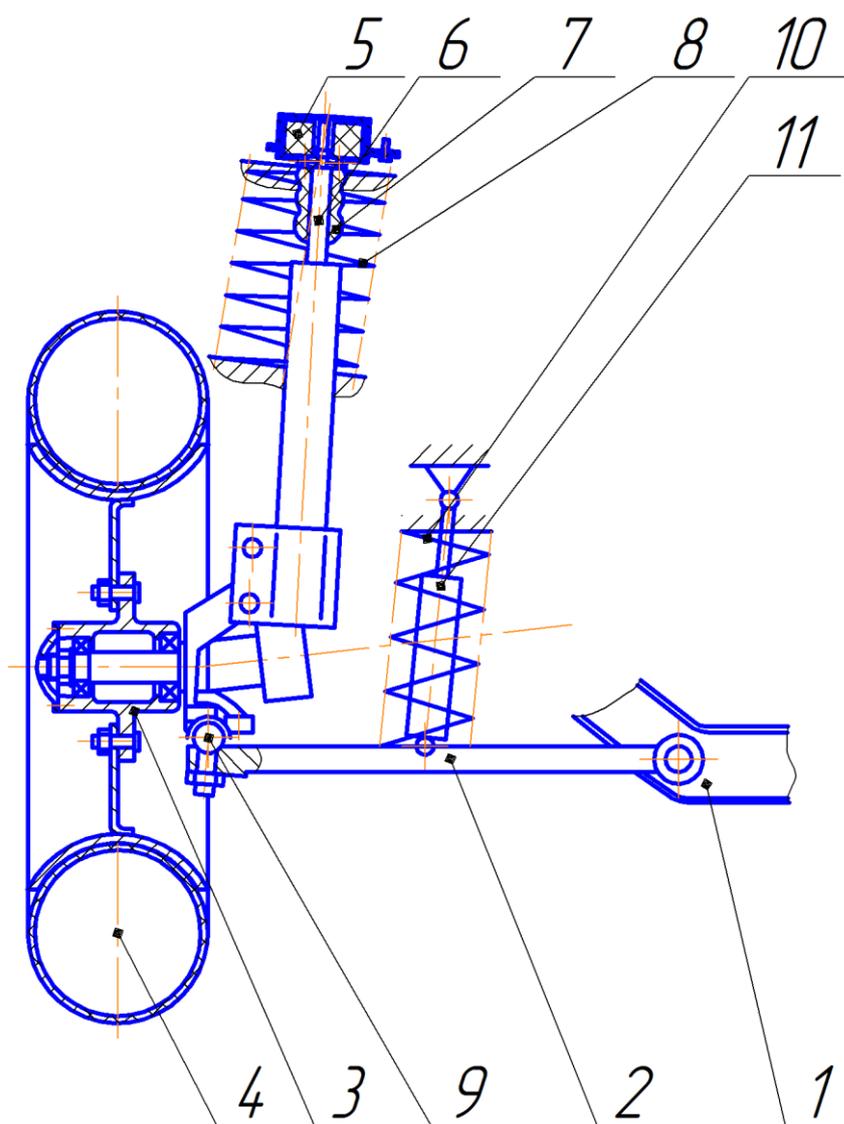
Для начала произведём обзор существующих способов усиления подвесок автомобилей» [5].

Для этого рассмотрим независимую однорычажную подвеску (рисунок 1), зависимую подвеску и независимую двухрычажную.

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

- применение газомясляных спортивных усиленных амортизаторов;
- установка двух амортизаторов (основного и вспомогательного);
- применение усиленных и (или) 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)



- 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 1 – Кинематическая схема передней независимой однорычажной подвески автомобиля

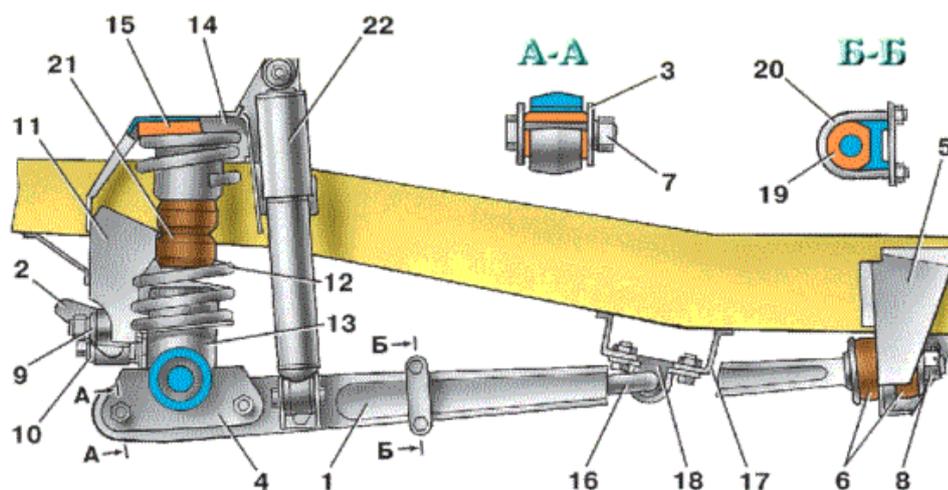
Усиление зависимой подвески происходит несколько по другому» [22].

Вид сбоку передней подвески автомобиля УАЗ-31519 представим в виде рисунка 2.

«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 газомясных 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)» [22].



- 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 2 – Передняя пружинная подвеска автомобиля УАЗ-31519

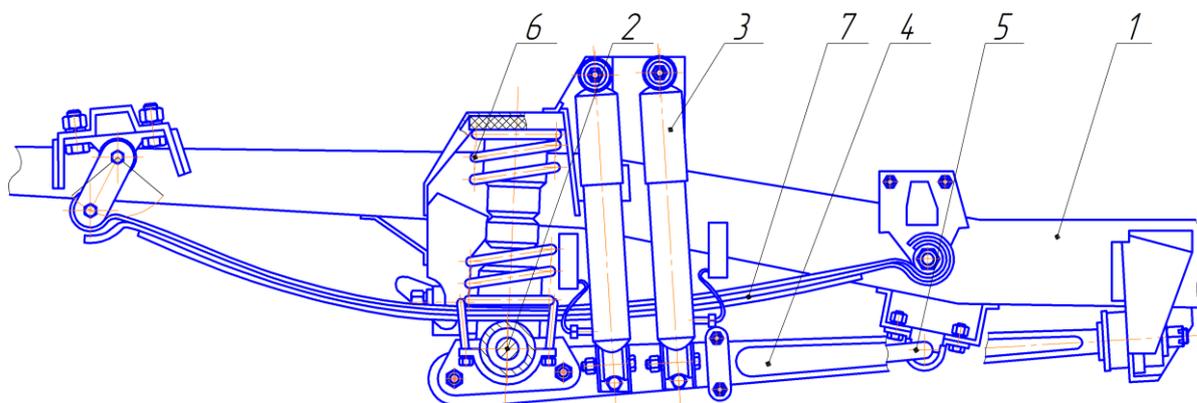
«Для соревнований один из способов подготовки подвески на данный автомобиль устанавливают дополнительно рессорные листы – подвеска получается комбинированной» [22].

Пример комбинированной подвески представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример комбинированной подвески автомобиля УАЗ-31519

Для усиления необходимо поставить вместо одного масляного амортизатора два газомаслянных. Схему модернизированной передней подвески автомобиля представим в виде рисунка 4. Это так же усиливает подвеску и делает второй амортизатор резервным.



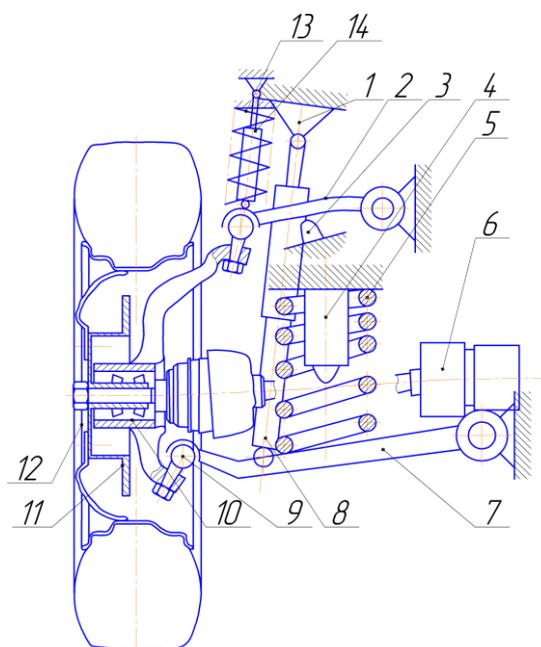
1 – рама; 2 – мост передний; 3 – газомасляный амортизатор; 4 – продольная штанга; 5 – стабилизатор поперечной устойчивости; 6 – пружина; 7 – рессоры

Рисунок 4 – Конструкция передней усиленной зависимой подвески автомобиля

«Независимую переднюю двухрычажную подвеску (автомобиль ВАЗ-21214) можно усилить при помощи:

- применения газомасляных спортивных усиленных амортизаторов;
- установки двух амортизаторов (основного и вспомогательного);
- применения усиленных пружин;
- изготовления верхнего и нижнего рычагов с дополнительным усилением;
- установки кронштейнов отвязки редуктора;
- установки направленных шайб под нижнюю площадку пружины (они создают необходимый угол передней пружины);
- установки пружин с переменным шагом и бочкообразных пружин (подвеска приобретает прогрессивную характеристику)» [5].

Кинематическая схема конструкции передней усиленной двухрычажной независимой подвески автомобиля представлена на рисунке 5.



- 1 – кузов автомобиля; 2 – верхний рычаг; 3 – буфер; 4 – буфер; 5 – пружина;  
 6 – ШРУС; 7 – нижний рычаг; 8 – газомасляный амортизатор; 9 – шаровая опора;  
 10 – ступица колеса; 11 – диск тормозной; 12 – колесо;  
 13 – дополнительная пружина; 14 – дополнительный газомасляный амортизатор

Рисунок 5 – Конструкция передней усиленной двухрычажной независимой подвески автомобиля

## 1.4 Цели и задачи ВКР

Цель дипломного проектирования следующая – разработка энергоёмкой передней подвески автомобиля NIVA LEGEND с прогрессивной характеристикой для работы в тяжёлых условиях, соревнованиях и ралли-рейдах, а так же разработка и внедрение технологии технического обслуживания и ремонта.

Для достижения данной цели перед нами ставятся следующие задачи:

- провести анализ существующих проблем подвесок автомобилей, подготовленных для участия в соревнованиях;
- определить требования, предъявляемые к подвескам спортивных автомобилей;
- произвести обзор кинематических схем подвесок и выбрать наиболее оптимальную;
- выявить основные направления модернизации систем гоночного автомобиля;
- разработать собственную кинематическую схему подвески спортивного автомобиля;
- рассчитать основные элементы подвески на прочность;
- разработать и реализовать сборочный чертёж ранее разработанной подвески, а так же рабочие чертежи;
- разработать мероприятия БЖД для участка ремонта подвески;
- рассчитать технико-экономические показатели проекта;
- сделать выводы по разделам и общие выводы.

Выводы по разделу.

В данном разделе были рассмотрены основные требования, предъявляемые к подвеске автомобиля подготавливаемого к спортивным соревнованиям. Возможные пути модернизации основных систем, узлов и агрегатов автомобиля, а также проведен анализ существующих способов усиления подвесок автомобиля.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

### 2.1 Расчет и построение внешней скоростной характеристики двигателя

При найденных значениях максимальной мощности двигателя 67 кВт при частоте вращения коленчатого вала 5800 мин<sup>-1</sup> и максимального крутящего момента 0,130 кН·м при частоте вращения коленчатого вала 3700 мин<sup>-1</sup> определяем:

– мощность при максимальном крутящем моменте:

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

$$N_{e,m} = 0,105 \cdot 0,130 \cdot 3700 = 50,5 \text{ кВт}.$$

– крутящий момент при максимальной мощности:

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

$$M_{e,m} = \frac{67}{0,105 \cdot 5800} = 0,11 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

– коэффициенты приспособляемости к допустимой кратковременной перегрузке:

$$k_m = \frac{M_{e,max}}{M_{e,m}}, \quad (3)$$

$$k_m = \frac{0,13}{0,11} = 1,18.$$

и уменьшению угловой скорости:

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

$$k_{\omega} = \frac{5800}{3700} = 1,57.$$

а также коэффициенты:

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

$$a = \frac{1,18 \cdot 1,57(2 - 1,57) - 1}{1,57(2 - 1,57) - 1} = 0,63,$$

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

$$b = \frac{1 - 0,63}{1 - 0,5 \cdot 1,57} = 1,72,$$

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

$$c = 1,57 \frac{1,72}{2} = 1,35.$$

В пояснительной записке составляем таблицу 1 и заносим в нее найденные, принятые или рассчитанные значения.

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

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

где  $K_p$  – коэффициент коррекции, принимается равным 0,965.

$$M_{e,n} \left( n = 2800 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \right) = 0,11 \left[ 0,63 + 1,72 \cdot \frac{2800}{5800} - 1,35 \left( \frac{2800}{5800} \right)^2 \right] 0,965 = 0,122 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

в которой значения коэффициентов определены ранее:

$$a + b - c = 1, \quad (9)$$

$$0,63 + 1,72 - 1,35 = 1.$$

Таблица 1 – Расчетная внешняя скоростная характеристика двигателя

$n$ , мин <sup>-1</sup>	$n < n_M$	$n_M$	$n > n_M$	$n < n_N$	$n_N$	$n > n_N$	$n_{xx}$
	2800	3700	4400	5100	5800	6000	6300
$N_e$ , кВт	35,8	50,5	56,8	62,4	67	64,5	0,0
$M_e$ , кН·м	0,122	0,130	0,123	0,117	0,110	0,102	0,000
$g_e$ , $\frac{\Gamma}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	255,5	247	246	249	256	259	$\infty$
$\eta_e$	0,320	0,331	0,333	0,329	0,320	0,316	0
$G_m$ , кг/ч	9,14	12,47	13,97	15,55	17,15	16,71	0,00
$n/n_N$	0,48	0,64	0,76	0,88	1,00	1,03	1,09

Принимаем значение эффективного КПД двигателя 0,32 с учетом уровня его конструктивного совершенствования и условий реальной эксплуатации на предприятии, качества топлива и моторного масла, применения присадок и ревитализантов. Определяем расчетом при низшей теплоте сгорания бензина 44 МДж/кг значения:

– удельного расхода топлива:

$$g_{e,N} = \frac{3600}{\eta_{e,N} H_u}, \quad (10)$$

$$g_{e,N} = \frac{3600}{0,32 \cdot 44} = 256 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$$

– часового расхода топлива:

$$G_{T,N} = g_{e,N} \cdot N_{e,\max} \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

$$G_{T,N} = 256 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 17,15 \text{ кг} \cdot \text{ч}.$$

Значения эффективной мощности

$$N_e \left( n=2800 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \right) = 0,105 \cdot 2800 \cdot 0,122 = 35,8 \text{ кВт.}$$

Определяем методом интерполяции значения коэффициента  $K_n$  и удельного расхода топлива:

$$g_{e,n} = K_n \cdot g_{eN}, \quad (12)$$

$$g_{e(n=2800)} = 0,998 \cdot 256 = 255,5 \text{ г/кВтч.}$$

– часового расхода топлива

$$G_{T,n} = g_{en} \cdot N_{e,n} \cdot 10^{-3}, \quad (13)$$

$$G_{T(n=2800)} = 255,5 \cdot 35,8 \cdot 10^{-3} = 9,14 \text{ кг/ч.}$$

– эффективного КПД

$$\eta_{e,n} = \frac{3600}{g_{en} \cdot H_{II}}, \quad (14)$$

$$\eta_{e(n=2800)} = \frac{3600}{255,5 \cdot 44} = 0,32.$$

Аналогично определяем для остальных значений  $n$  все характеристики.

«Энергетическая эффективность автомобиля любого класса и транспортного назначения в самом общем виде описывается формулой, содержащей в правой части только десять показателей, среди которых сомножители  $\eta_e$  и  $\eta_{6к}$  имеют по два нулевых значения – при минимальной и

максимальной нагрузке, зависимой от трансмиссии, условий ( $\psi$ ) и режима ( $j$ ) дорожного движения» [19].

«Трансмиссия как трансформатор, распределитель и передаточный механизм вращательного движения от двигателя к ведущим колесам предназначена для согласования их скоростных характеристик, определяющих основные показатели назначения автомобиля – его мгновенную действительную скорость, определяемую по формуле , и скоростной диапазон:

$$d_v = \frac{v_{a,\max}}{v_{a,\min}}. \quad (15)$$

Это требуемое от автомобиля отношение его быстроходности к тихоходности превышает коэффициент приспособляемости двигателя в несколько раз и при вынужденно больших значениях  $n_N$  и  $r_k$  вынуждает конструктора задавать трансмиссии функцию понижающего трансформатора – ступенчатого, бесступенчатого или комбинированного» [19].

«В современных условиях мирового роста производства и приобретения автомобилей автоконструкторы стремятся передать основные операторские функции водителя «бортовому» компьютеру и в связи с этой тенденцией автоматизируют все системы управления автомобилем, в том числе его коробкой передач – традиционно – ступенчатым трансформатором вращательного движения, имеющим ряд передаточных чисел:

1. Арифметический ряд, обеспечивающий постоянное приращение скорости при разгоне (переходе с низших передач на высшие):

$$\Delta v_a = v_2 - v_1 = v_3 - v_2 = \dots = v_n - v_{n-1} = const. \quad (16)$$

2. Геометрический ряд, обеспечивающий равенство отношений передаточных чисел коробки передач на смежных передачах:

$$q_1 = \frac{u_{кп,1}}{u_{кп,2}} = q_2 = \frac{u_{кп,2}}{u_{кп,3}} = \dots = \frac{u_{кп(n-1)}}{u_{кп,n}} = const . \quad (17)$$

3. Динамический ряд, обеспечивающий наибольшую интенсивность разгона неравенством

$$q_1 > q_2 > \dots > q_n . \quad (18)$$

4. Гармонический ряд, обеспечивающий тягачу постоянное приращение тягового усилия при переходе с высших передач на низшие:

$$\Delta P_{кр} = P_n - P_{n-1} = \dots = P_2 - P_3 = P_1 - P_2 = const . \quad (19)$$

5. Мощностной ряд, обеспечивающий наибольшее использование мощности двигателя на наиболее «ходовых» (часто используемых) передачах» [19].

«Мощность, подводимая (переносимая) двигателем к трансмиссии транспортного автомобиля, обычно равна мощности его двигателя, а мощность трансформированная, распределенная и переносимая к ведущим колесам:

$$N_k = \sum_1^{nk} M_{\epsilon} \cdot \omega_{\epsilon} . \quad (20)$$

При больших значениях ведущих моментов  $M_B$  зависит от коэффициента продольного сцепления  $\phi_x$  i каждого ведущего колеса с дорогой и коэффициента блокировки  $k_b$  межколесного дифференциала» [19].

«Коэффициент блокировки как отношение момента трения внутри дифференциала к моменту на его корпусе (ведомом зубчатом колесе пары, в которую обычно встроен межколесный дифференциал), в обычных

четырёхсателлитных дифференциалах не превышает значения  $k_{\delta} < 0,1$ , равного допустимой ВСН 24-88 разности коэффициентов сцепления по ширине проезжей части автомобильных дорог и улиц. Однако локальное оледенение проезжей части порождает разность коэффициентов сцепления левых и правых колес и превращает трансмиссию в привод только одного ведущего колеса, имеющего наименьший коэффициент сцепления  $\varphi_{x i}$  и скорость  $v_{xв} = v_a = 0$  при удвоенной дифференциалом угловой скорости  $2\omega_{в}$ » [19].

«При испытаниях автомобиля на стенде ведущие колеса вращают беговые барабаны и подводят к ним измеряемую мощность зависящую от полезной массы  $m_r$  и полной массы автомобиля  $m_a$ .

$$N_{\delta} = \frac{G_r \cdot H_u}{3,6} \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_{вк} . \quad (21)$$

При этом КПД двигателя, трансмиссии и ведущих колес автомобиля можно измерить при разных значениях отношения  $m_r/m_a$  и определить зависимость КПД автомобиля от перевозимой массы  $m_r$ .

$$\eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_{вк} = \frac{3,6 \cdot N_{\delta}}{G_r \cdot H_u} . \quad (22)$$

Если одновременно с измерением мощности, подводимой ведущими колесами к беговым барабанам, измерять эффективную мощность двигателя

$$N_e = G_r \cdot H_u \cdot \eta_e . \quad (23)$$

то при таком эксперименте можно определить произведение КПД:

$$\eta_{mp} \cdot \eta_{ек} = \frac{N_{\delta}}{N_e} \quad (24)$$

Раздельное измерение этих КПД возможно только после весьма трудоемкой подготовки трансмиссии к измерению «входных» и «выходных» крутящих моментов и угловых скоростей. При эксплуатации автомобилей необходимо знать и всесторонне повышать их результирующий КПД» [19].

«При поверочном динамическом расчете автомобиля реальную сумму параллельных потоков мощности заменяем одним потоком, подобным мощности  $N_{\delta}$  в формуле, а КПД трансмиссии определяем расчетом по формуле

$$\eta_{mp} = \frac{N_{\delta}}{N_e \cdot \eta_{ек}} = \eta_{ц}^k \cdot \eta_{к}^l \cdot \eta_{кш}^m - \frac{N_{mp,o}}{N_e}, \quad (25)$$

где  $\eta_{ц}^k$  и  $\eta_{к}^l$  – соответственно КПД цилиндрических и конических пар

зубчатых колес и подшипников их валов; принимаем для цилиндрических – 0,98, для конических – 0,97;

$\eta_{кш}^m$  – КПД карданного шарнира; принимаем  $\eta_{кш} = 0,995$ ;

$k$  и  $l$  – число соответственно цилиндрических и конических пар зубчатых колес, через которые последовательно передается мощность к ведущим колесам;  $k = 2$  и  $l = 0$  определяем из кинематической схемы автомобиля;

$m_{кш}$  – число последовательных карданных шарниров;  $m_{кш} = 0$  определяем из кинематической схемы автомобиля;

$N_{mp,o}$  – мощность, теряемая в трансмиссии на холостом ходу, принимаем из интервала от 0,03 до 0,05 от максимальной мощности 2,01...3,35 кВт, принимаем 2,2кВт.

$N_e$  – значения эффективной мощности согласно таблице 1» [19].

На всех передачах постоянная часть формулы имеет значение

$$\eta_{mp} = 0,98^2 \cdot 0,97^0 \cdot 0,995^0 = 0,96. \quad (26)$$

Расчет текущих значений проводим при выполнении следующего раздела.

## 2.2 Расчет и построение тяговой части паспорта

«Поверочный расчет и построение тяговой части паспорта проводим в последовательности:

1. Составляем таблицу 2 исходных и расчетных значений показателей на всех передачах переднего хода.

2. Вписываем в таблицу 2 из таблицы 1 графически проверенные значения показателей внешней скоростной характеристики двигателя ( $n$ ,  $M_e$ ,  $G_T$ ,  $N_e$ ,  $g_e$  и  $\eta_e$ ).

3. Рассчитываем пять текущих значений КПД  $\eta_{тр}$  по формуле при  $N_e > 0$  и вписываем полученные результаты и найденные передаточные числа трансмиссии  $u_{тр}$  в таблицу 2.

4. Определяем расчетом по формуле при  $\delta = 0$  по шесть текущих значений теоретической скорости  $v_T$  на каждой передаче и вписываем полученные результаты в таблицу 2.

5. Чертим на листе ватмана формата А1 (841×594 мм) левое поле 250×250 мм, среднее верхнее (400×250 мм) и нижнее (400×125 мм) поля и правое поле 100×250 мм, масштабные «сетки» и шкалы.

6. Выбираем удобный масштаб эффективной мощности двигателя и строим на нижнем среднем поле графики  $N_e = f(v_T)$  и  $\eta_e = f(v_T)$  в масштабе скоростей  $v_T$  и  $v_a$  1м/с в 1см.

7. При выбранном значении коэффициента  $k_w = 0,24 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$  находим постоянное значение фактора обтекаемости автомобиля

$$k_w \cdot F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r \cdot k_w \cdot 10^{-3}, \quad (27)$$

где  $B_r$  – габаритная ширина автомобиля, м;

$H_r$  – габаритная высота автомобиля, м» [2].

$$k_w \cdot F = 0,8 \cdot 1,42 \cdot 1,68 \cdot 0,24 \cdot 10^{-3} = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ кН} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2.$$

Таблица 2 – Исходные и расчетные значения показателей тяговой динамичности автомобиля

передача	$u_{тр}$	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$V_T$ , м/с	$M_e$ , кНм	$\eta_{тр}$	$P_{кО}$ , кН	$P_w$ , кН	$D_o$	$G_t \cdot H_{и}$ кДж/с	$N_e$ , кВт	$g_e$ , г/кВтч	$\eta_e$
1	15	6300	11,69	0,000	0,000	0,000	0,063	-	0	0,0	$\infty$	0,000
		5800	10,76	0,110	0,927	5,773	0,053	0,596	210	67,0	256	0,320
		5100	9,46	0,117	0,925	6,104	0,041	0,632	190	62,4	249	0,329
		4400	8,16	0,123	0,921	6,409	0,031	0,664	171	56,8	246	0,333
		3700	6,86	0,130	0,916	6,744	0,022	0,700	152	50,5	247	0,331
		2800	5,19	0,122	0,898	6,185	0,012	0,643	112	35,8	255,5	0,320
2	8,05	6300	21,78	0,000	0,000	0,000	0,218	-	0	0,0	$\infty$	0,000
		5800	20,05	0,110	0,927	3,098	0,185	0,303	210	67,0	256	0,320
		5100	17,63	0,117	0,925	3,276	0,143	0,326	190	62,4	249	0,329
		4400	15,21	0,123	0,921	3,440	0,106	0,347	171	56,8	246	0,333
		3700	12,79	0,130	0,916	3,619	0,075	0,369	152	50,5	247	0,331
		2800	9,68	0,122	0,898	3,319	0,043	0,341	112	35,8	255,5	0,320
3	5,6	6300	31,30	0,000	0,000	0,000	0,451	-	0	0,0	$\infty$	0,000
		5800	28,82	0,110	0,927	2,155	0,382	0,185	210	67,0	256	0,320
		5100	25,34	0,117	0,925	2,279	0,295	0,207	190	62,4	249	0,329
		4400	21,86	0,123	0,921	2,393	0,220	0,226	171	56,8	246	0,333
		3700	18,38	0,130	0,916	2,518	0,155	0,246	152	50,5	247	0,331
		2800	13,91	0,122	0,898	2,309	0,089	0,231	112	35,8	255,5	0,320
4	3,89	6300	45,06	0,000	0,000	0,000	0,934	-	0	0,0	$\infty$	0,000
		5800	41,49	0,110	0,927	1,497	0,792	0,073	210	67,0	256	0,320
		5100	36,48	0,117	0,925	1,583	0,612	0,101	190	62,4	249	0,329
		4400	31,47	0,123	0,921	1,662	0,456	0,126	171	56,8	246	0,333
		3700	26,47	0,130	0,916	1,749	0,322	0,149	152	50,5	247	0,331
		2800	20,03	0,122	0,898	1,604	0,185	0,148	112	35,8	255,5	0,320
5	3,24	6300	54,10	0,000	0,000	0,000	1,347	-	0	0,0	$\infty$	0,000
		5800	49,81	0,110	0,927	1,247	1,141	0,011	210	67,0	256	0,320
		5100	43,80	0,117	0,925	1,319	0,882	0,045	190	62,4	249	0,329
		4400	37,79	0,123	0,921	1,384	0,657	0,076	171	56,8	246	0,333
		3700	31,78	0,130	0,916	1,457	0,464	0,103	152	50,5	247	0,331
		2800	24,05	0,122	0,898	1,336	0,266	0,111	112	35,8	255,5	0,320

8. «Измеряем у неподвижного порожнего и полностью груженого автомобиля среднее расстояние  $r_{ст}$  от центров ведущих колес до поверхности ровной дороги и принимаем необходимое для расчетов значение радиуса качения без скольжения (ГОСТ 17697-72)  $r_k = r_{ст} = 0,265\text{м}$ .

9. Определяем расчетом по формулам по шесть значений полной окружной силы ведущих колес  $P_{ко}$ , силы сопротивления воздуха  $P_w$  и динамического фактора снаряженного автомобиля  $D_o$  по двигателю при  $M_e > 0$  на всех передачах переднего хода и на верхнем среднем поле листа 1 строим графики  $D_o = f(v_T)$ » [2].

$$P_{ко} = \frac{M_e \cdot u_{мп} \cdot \eta_{мп}}{r_k}, \quad (27)$$

$$P_w = k_w \cdot F \cdot v_T^2, \quad (28)$$

$$D_o = \frac{P_{ко} - P_w}{m_o \cdot g}, \quad (29)$$

Рассмотрим пример расчета на первой передаче при 2800 об/мин.

Теоретическая скорость определяется по формуле:

$$V_T = \frac{2800 \cdot 0,265 \cdot 0,105}{15} = 5,19 \text{ м/с}.$$

КПД трансмиссии определяется по формуле:

$$\eta_{ТР} = 0,96 - \frac{2,2}{35,8} = 0,898 \text{ м/с}.$$

Касательная сила на колесе определяется по формуле:

$$P_{KO} = \frac{0,120 \cdot 15 \cdot 0,898}{0,265} = 6,185 \text{ кН}.$$

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле:

$$P_w = 0,00046 \cdot 5,19^2 = 0,012 \text{ кН}.$$

Динамический фактор

$$D_0 = \frac{6,185 - 0,012}{9,6} = 0,643,$$

$$G_m \cdot H_u = \frac{9,14 \cdot 44000}{3600} = 112 \text{ кДж/с}.$$

10. «Используя ориентировочное соотношение дискретную зависимость коэффициента  $\varphi_{bc}$  от скорости и заданное значение  $\varphi_{oc}=0,77$  при  $v_a = 0$ , определяем значения коэффициентов сцепления, заносим их в таблицу 3 и строим графики на среднем верхнем поле листа 1» [2].

Таблица 3 – Значения коэффициентов сцепления

$v_a, \text{М/с}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\varphi_{bc}$	0,770	0,747	0,639	0,539	0,454	0,408	0,377	0,370	0,362
$\varphi_{bm}$	0,513	0,498	0,426	0,359	0,303	0,272	0,252	0,246	0,241
$\varphi_{bm3}$	0,257	0,249	0,213	0,180	0,151	0,136	0,126	0,123	0,121

Строим на левом поле листа 1 графическую зависимость коэффициента буксования  $\delta$  от отношения (таблица 4).

Таблица 4 – Значения коэффициентов сцепления

$D_r/\varphi_0 \lambda$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\delta$	0	0,003	0,008	0,018	0,034	0,053	0,083	0,126	0,216	0,414	1,0

12. Определяем характерные значения коэффициента нормальной загрузки автомобиля

$$\Gamma = 1 + \frac{q_a + m_{on} + q_n}{m_o} \leq 5, \quad (30)$$

и соответствующие им значения коэффициента нормальной нагрузки ведущих колес:

- снаряженного автомобиля

$$\lambda_o = \frac{m_{o,вед}}{m_o}, \quad (31)$$

$$\lambda_o = \frac{0,49}{0,98} = 0,5.$$

- полностью груженого автомобиля

$$\lambda_q = \frac{m_{a,вед}}{m_o + q_a}, \quad (32)$$

$$\lambda_q = \frac{1,19}{1,4} = 0,7.$$

«Также удобные для построения графика  $\lambda_i = f(\Gamma)$  промежуточные значения на гиперболической «ветви»

$$\lambda_i = \lambda_q \frac{\Gamma_q}{\Gamma_i}, \quad (33)$$

$$\Gamma_i \geq \Gamma_q = \frac{m_o + q_a}{m_o} = 1 + \frac{q_n}{m_{on}}, \quad (34)$$

где  $m_o$  и  $m_o$  – соответственно масса автомобиля и прицепа в снаряженном состоянии, кг или т;

$q_a$  и  $q_n$  – соответственно грузоподъемность автомобиля и прицепа;

$m_{o,вед}$  и  $m_{a,вед}$  – масса, действующая на ведущие колеса автомобиля соответственно в снаряженном и полностью загруженном состоянии» [19].

$$\Gamma_q = 1 + \frac{420}{980} = 1,43,$$

$$\lambda_1 = 0,7 \cdot \frac{1,43}{2} = 0,50,$$

$$\lambda_2 = 0,7 \cdot \frac{1,43}{3} = 0,33,$$

$$\lambda_3 = 0,7 \cdot \frac{1,43}{4} = 0,25,$$

$$\lambda_4 = 0,7 \cdot \frac{1,43}{5} = 0,2.$$

Строим на правом поле в масштабе его левой шкалы зависимость  $\lambda_i=f(\Gamma)$  и лучевую номограмму  $\psi$  с «шагом» 5 мм на левой (при  $\Gamma=1$ ) и 40 мм на правой (при  $\Gamma=5$ ) шкалах этого поля, а также лучевые номограммы на среднем верхнем и левом полях, диагональную «сетку возврата» на левом поле.

### 2.3 Прогноз тяговой динамичности и эффективности автомобиля

«Под тяговой динамичностью автомобиля понимаем 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:

1. Задаем весовое состояние автомобиля или автопоезда значением  $\Gamma$  дорожные условия значением коэффициента дорожных сопротивлений  $\psi$  и состоянием дорожного покрытия (сухое, мокрое или мокрое и загрязненное), то есть отвечаем на вопрос – что и в каких дорожных условиях равномерно движется или сползает с крутого и скользкого подъема назад при вращении ведущих колес вперед» [19].

2. «Проектируем заданное выше значение  $\Gamma$  по вертикали до пересечения с кривой  $\lambda = f(\Gamma)$ , а затем с лучом заданного выше значения  $\psi$ , полученные точки пересечения проектируем на правую шкалу левого поля и отмечаем стрелками два «входа» ( $\lambda$  и  $\psi = D_2$ ) на это поле; по горизонтали  $\psi$  возвращаемся от входа до пересечения с правой кривой  $D_o = f(v_m)$ , проектируем точку пересечения вниз (на шкалу  $v_m$  в м/с) и вверх до пересечения с выбранной ранее кривой  $\phi_{bc}$ ,  $\phi_{bm}$  или  $\phi_{bmz}$  и полученную точку пересечения проектируем по горизонтали до правой шкалы левого поля и стрелкой  $\phi_v$  отмечаем на ней третий «вход» на это поле» [19].

3. «Графически делим  $D_2 = \psi$  на  $\phi_v$ , 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  $D_2 / \phi_v$  возвращаем по диагонали на правую шкалу для повторного деления – делимого  $D_2 / \phi_v$  на делитель  $\lambda$ ; точку пересечения на левом поле горизонтали делимого  $D_2 / \phi_v$  с лучом делителя  $\lambda$  проектируем по вертикали до пересечения с кривой буксования  $\delta = f \cdot (D_r / \phi_v \lambda)$  и определяем по левой шкале левого поля значение  $\delta$  и длину верхнего отрезка  $1 - \delta$  на этой шкале» [19].

4. «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»  $\delta$  из левого поля до пересечения на среднем верхнем поле с лучом  $v_m$  «входа» на это поле графического умножения. Аргумент точки пересечения горизонтали  $\delta$  с лучом  $v_m$  определяет значение действительной скорости автомобиля.

В первом варианте значения  $\Gamma$ ,  $\lambda$ ,  $\psi$  и  $\phi_v$  принимаем близкими к общепринятым условиям определения максимальной скорости автомобилей, во втором - осенние, а в третьем, - зимние условия автоперевозок с учетом

возможных отклонений от требований ГОСТ Р 50597-93, СНиП 2.05.02 – 85 и ВСН 24-88» [19].

Сводим в таблицу 5 показатели графоаналитической оценки эффективности автомобиля.

Таблица 5 – Показатели графоаналитической оценки эффективности автомобиля

Варианты условий перевозок	$\Gamma$	$\lambda$	$\psi$	$\varphi_v$	$v_m$ , м/с	$v_a$ , м/с	$G_t \cdot H_{ут}$ , кДж/с	$G_t \cdot H_{иа}$ , кДж/с
1	1	0,5	0,08	0,366	36,9	35,4	169	165
2	1,43	0,7	0,06	0,244	35,8	33,8	166,4	160
3	1,43	0,7	0,10	0,258	28,4	22,6	160	130,5

## 2.4 Теоретические основы, расчет и построение тормозной части паспорта

«Необратимое преобразование кинетической энергии автомобиля в тепловые потоки колесных тормозных механизмов, трансмиссии и двигателя, работающего в режимах принудительного холостого хода или компрессора, можно обеспечить только при вращении колес дорогой и мостами вопреки действию тормозных моментов  $M_m$  – задаваемых приводом РТС помех вращению колес дорогой и распределенной между колесами массой  $m_a$ » [19].

$$\varphi_{xm} = \frac{j_{xm}}{g} \cdot \quad (35)$$

имеют максимальные значения, порождающие максимум мгновенной мощности наката колеса на тормозной путь

$$N_{км, \max} = m_{км} \cdot g(\varphi_{xm} + tg f_m) \cdot (v_{xm} - v_{s, кр}) + I_m \cdot \varepsilon_m \cdot \omega_m \cdot \quad (36)$$

Поэтому тормозной момент  $M_m$  как управляемая помеха вращению колеса неподвижной дорогой и подвижной массой  $m_{км}$  должен иметь значения:

$$M_m < m_{км} \cdot g(\varphi_{xm} + \text{tg}f_m)r_{dm} + I_{км} \cdot \varepsilon_{км} . \quad (37)$$

При мгновенной угловой скорости колеса

$$\omega_m > \frac{v_{xm} - v_{s,кп}}{r_{dm}} . \quad (38)$$

Коэффициент юза определяется по формуле:

$$s < s_{кп} = \frac{v_{s,кп}}{v_{xm}} . \quad (39)$$

КПД тормозящего колеса

$$\eta_{км} > (1 - s_{кп}) > \eta_{кв} = \frac{1 - \delta}{1 + \frac{\text{tg}f_s}{\text{tg}\varphi_R}} . \quad (40)$$

«Водитель, обладающий профессиональным мастерством и «чувством автомобиля, дороги и среды», может применять сто приемов торможения. В отличие от самых современных ABS биофизическое тело тренированного водителя способно ощущать скорость замедлений  $dj_{xm}/dt$  в зоне критической скорости юза  $v_{s, кп}$  и работать ногами с частотой импульсного (ступенчатого) экстренного торможения до 8 Гц. Поэтому частота импульсов  $j_{xm}$ , принятая в тормозной части паспорта равной 1 Гц, далека от достижимой мастерами экстра-класса» [19].

«Согласно ГОСТ Р 51709-2001 тормозной путь автомобиля при дорожной проверке рабочей тормозной системы определяется по формуле

$$s_m = (\tau_c + 0,5\tau_n) \frac{v_o}{3,6} + \frac{v_o^2}{26 \cdot j_{ycm}} . \quad (41)$$

где нормированное при начальной скорости  $v_o=40$  км/ч ( $\sim 11$  м/с) установившееся замедление является средней величиной, пропорциональной коэффициенту продольного сцепления  $\varphi_{xm}$ , зависящему более чем от 47 факторов.

$$j_{ycm} = \frac{\varphi_{xm} \cdot g}{K_9} . \quad (42)$$

Часть этих факторов уже учтена в зависимости, таблице 3 и графиках  $\varphi_{vc}=f(v_m)$ ,  $\varphi_{vm}=f(v_m)$  и  $\varphi_{vmz}=f(v_m)$ , позволяющих прогнозировать текущие значения замедлений и их скорость  $dj_{xm}/d\tau$  в каждом импульсе нажатия на тормозную педаль и вместо принятого в ABS «перетормаживания», порождающего блокировку и юз колес, задавать их «недотормаживание» или «персональный юзовый почерк» мастера – водителя на дороге, характеризуемый минимальным отношением длины дискретных следов юза к длине их безюзовых «разрывов», обеспечивающих курсовую устойчивость и управляемость автомобиля при экстренном торможении безаварийно-эффективной скорости  $v_a$ , входящей в формулу. Через эту формулу инженер может придать традиционной функции надзора за людьми и техникой новое, рыночное содержание при периодической проверке технического состояния подвижного состава и уровня водительского мастерства не только по персональному юзовому почерку на дороге, но и первым четверем слагаемым остановочного пути. На листе 1 субъективное время  $\tau_p+\tau_z$  исключено по причине неопределенности его значений, а при дорожно-автодромной проверке уровня водительского мастерства может быть измерено и вместе с юзовым почерком определять оплачиваемую классность водителя. В

курсовом проекте начало замедлений  $j_{xm} = f(\tau)$  смещено вверх на величину  $\tau_p + \tau_z$  и вместо тормозной части паспорта автомобиля рассматривается тормозная характеристика системы «водитель-автомобиль-дорога» [19].

«Графики  $j_{xm} = f(\tau)$  и  $v_{xm} = f(\tau)$ , зависящие от текущих значений коэффициента сцепления  $\varphi_{vc}$ ,  $\varphi_{vm}$  или  $\varphi_{vmz}$ , строим последовательными графоаналитическими «шагами»:

1. Из принятого значения начальной скорости  $v_a$  проводим вертикаль до пересечения с кривой  $\varphi_{vc}$ ,  $\varphi_{vm}$  или  $\varphi_{vmz}$ , ординату точки пересечения проектируем по горизонтали до пересечения с наклонной прямой  $g$  на левом поле (графически умножаем  $\varphi_v$  на  $g$ ) и полученную точку пересечения проектируем по вертикали на шкалу замедлений  $j_{xm}$ . Это начальное замедление при линейном его нарастании за время  $\tau < \tau_n$  после времени запаздывания  $\tau_c$  соответствует не максимальному, а реализованному при дорожных испытаниях среднему значению коэффициента сцепления  $\varphi_{vc} \sim \varphi_{vc, \max} - 0,2$ .

Поэтому начальный (первый) «клевочек» замедлений может иметь максимальное значение  $j_{xm, \max} \sim \varphi_{vc} g + 2$ .

Однако такое увеличение замедления порождает «перетормаживание», блокировку и юз колес. Поэтому при выбранной частоте 1 Гц замедление  $j_{xm, \max}$  необходимо за 0,5с уменьшить до значения  $j_{xm} = \varphi_{vc} g$  при начальной скорости  $v_a$ , завершив первый импульс частичным отпусканием тормозной педали» [19].

«2. Из построенной части графика  $j_{xm} = f(\tau)$  определяем время  $\tau_n$  нарастания замедления, среднее замедление

$$j_{XT, cp} \sim 0,5 \cdot j_{XT, \max} \cdot \quad (43)$$

– для первого «клевка»

$$j_{ХТ.ср} \sim 0,5 \cdot 6,6 = 3,3 \text{ м/с}.$$

– уменьшение начальной скорости за время  $\tau_n$  нарастания замедления

$$\Delta v_H = j_{ХТ.ср} \cdot \tau_n, \quad (44)$$

$$\Delta v_H = 3,3 \cdot 0,4 = 1,32 \text{ м/с}.$$

Среднее замедление за время  $\Delta\tau_{от} \approx 0,5 \text{ с}$  частичного отпускания педали и уменьшение скорости за это время

$$j_{ХТ.от} = 0,5 \cdot (j_{ХТ.макс} + \varphi_{вс} \cdot g), \quad (45)$$

$$j_{ХТ.от} = 0,5 \cdot (6,6 + 4,6) = 5,6 \text{ м/с}^2.$$

$$\Delta v_{от} = 0,5 \cdot (j_{ХТ.макс} + \varphi_{вс} \cdot g) \cdot \Delta\tau_{от}, \quad (46)$$

$$\Delta v_{от} = 0,5 \cdot 5,6 = 2,8 \text{ м/с}.$$

3. На среднем верхнем поле строим график скорости  $v_{xm} = f(\tau)$ , последовательно откладывая влево от вертикали, проходящей через принятое значение  $v_a$ , найденные уменьшения  $\Delta v_H$  и  $\Delta v_{от}$ , определяющие скорость

$$v_1 = v_a - \Delta v_H - \Delta v_{от}. \quad (47)$$

В конце первого тормозного импульса.

$$v_1 = 19,1 - 1,32 - 2,8 = 14,98 \text{ м/с}$$

4. Из найденного значения  $v_1$  проводим вертикаль до пересечения с кривой  $\varphi_{вс}$ ,  $\varphi_{вм}$  или  $\varphi_{вмз}$ , полученную точку проектируем по горизонтали до пересечения с наклонной  $g$  на левом поле и вертикалью из найденной точки

определяем минимальное замедление во втором импульсе. Максимальное замедление в этом и следующих импульсах задаем несколько меньшим с целью уменьшения длины следов юза.

Поскольку принятая продолжительность (период) второго и следующих импульсов  $\Delta\tau_2=\Delta\tau_3=\dots=\Delta\tau_n=1c$ , то уменьшение скорости во втором и следующих импульсах численно равно возрастающему среднему замедлению в этих импульсах торможения автомобиля до его остановки за какое-то время, «отсекаемое» кривой  $v_a = f(\tau)$  на правой вертикальной шкале левого поля.

5. Текущие значения пути  $s_m = f(\tau)$  определяем методом графического интегрирования средних значений скорости  $v_a = f(\tau)$  в конце секундных интервалов общего времени импульсно-ступенчатого торможения с возрастающей интенсивностью» [19].

Выводы по разделу.

В данном разделе произведен тягово-динамический расчет, построена внешняя скоростная характеристика, проведен расчет передаточных чисел трансмиссии, определены тяговые, динамические характеристики, а также характеристики разгона автомобиля.

Определены топливно-экономические параметры автомобиля.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Обоснование конструкторской разработки

Рассматриваемый автомобиль категории М<sub>1</sub>. Тип кузова внедорожник, количество дверей – 3, механическая трансмиссия [19]. Общий вид рассматриваемого автомобиля NIVA LEGEND представим в виде рисунка 6.



Рисунок 6 – Общий вид рассматриваемого автомобиля NIVA LEGEND

«Технические характеристики автомобиля следующие:

а) двигатель:

- 1) рабочий объем, см<sup>3</sup> – 1690,
- 2) мощность, л.с. – 80,9,
- 3) максимальный крутящий момент, Н м при мин<sup>-1</sup> – 126/3400,

б) размеры:

- 1) габаритные размеры, мм – 3740x1680x1640,
- 2) колесная база, мм – 2200,
- 3) ёмкость багажного отделения, л – 290,
- 4) ёмкость топливного бака, л – 43,
- 5) колея передних/задних колёс, мм – 1430/1400.

в) трансмиссия:

- 1) тип – механическая,
- 2) число передач – 5,
- 3) привод - постоянный полный,
- 4) раздаточная коробка – двухступенчатая с блокирующимся межосевым дифференциалом.

г) подвеска:

- 1) передняя – независимая, пружинная,
- 2) задняя – зависимая, пружинная.

д) тормоза:

- 1) передние – дисковые,
- 2) задние – барабанные.

е) масса:

- 1) снаряжённая масса, кг – 1210,
- 2) полная масса, кг – 1610,
- 3) грузоподъёмность, кг – 400.

ж) диски и шины:

- 1) размер диска – 16,
- 2) размер шины – 175/80R16.

з) рулевое управление:

- 1) рулевой механизм – глобоидальный червяк с двухгребневым роликом,
- 2) передаточное число рулевого механизма – 16,40,

и) электрооборудование:

- 1) номинальное напряжение, В – 12,
- 2) аккумуляторная батарея, Ач – 55,0» [19].

В качестве усиления (модернизации) используем (рисунок 7):

- применение газомясляных спортивных усиленных амортизаторов;
- установка двух амортизаторов (основного и вспомогательного);
- применение усиленных пружин;





Рисунок 8 – Модернизированная передняя подвеска [8]

«В силу несущего кузова NIVA LEGEND единственным вариантом лифта без глубокого вмешательства в конструкцию остается лифт подвески. Целью лифта является установка колес большего диаметра для увеличения дорожного просвета, а так же увеличение хода подвески для уменьшения вероятности появления диагонального вывешивания» [23].

«Так возникает два подхода серийного лифта и один экстремального:

Серийный лифт:

- лифт с увеличением хода подвески. Его особенность заключается в увеличении длины пружин, длины амортизаторов, что увеличивает артикуляции подвесок;

- лифт без увеличения хода подвески достигается установкой проставок под штатные пружины и амортизаторы, но ход подвески остается, как у штатного автомобиля.

Экстремальный лифт: опускание передней балки относительно лонжеронов, лифт задней части посредством переноса чашек пружин или иным методом» [24].

Вариант списка комплектующих «серийного» лифта для ВАЗ - 21213/21214 до 2009 г выпуска под колеса диаметром от 27 до 31 дюймов:

- передние пружины ВАЗ-2123 или ГАЗ-3110;
- задние пружины ВАЗ-2123;
- проставки под задние пружины;
- амортизаторы передние ВАЗ-2123;
- амортизаторы задние УАЗ-31512/ВАЗ-2123/ГАЗ-3302;
- проставки под верхние шаровые опоры;
- шланг тормозной задний (от магистральной трубки до тройника) ГАЗ-3110;
- удлиненные буферы отбоя задней подвески;
- регулируемая тяга «Панара».

В данном варианте кузов поднимается на 7 см (рисунок 8). Ход задней подвески достигает 53 см.

«Проставки под верхние шаровые опоры необходимы, чтобы оставить ход отбоя подвески хотя бы на уровне штатного автомобиля, так как при установке более длинных пружин величина хода отбоя становится равной нулю, что сильно снижает плавность хода, устойчивость и управляемость NIVA LEGEND. Задний тормозной шланг от Волги длиннее штатного, поэтому при лифте он имеет запас по длине.

Большинство этих комплектующих выпускаются серийно, и в случае выхода из строя какой-либо детали купить замену не составит труда» [13].

«Для устранения смещения моста при лифте устанавливают тягу измененной длины или переносят крепление «домика» тяги. Так же

требуется удлинение верхних реактивных тяг, чтобы вернуть угол наклона моста к значению, при котором задний кардан и хвостовик заднего моста будут образовывать прямую в горизонтальной проекции. Величина удлинения выбирается индивидуально для разных автомобилей и величины лифта.

Надо отметить минусы стороны лифта – меньший угол опрокидывания автомобиля, снижение курсовой устойчивости, уменьшенный ресурс ШРУС, деталей подвески и рулевого управления» [1].

«Не смотря на то, что рычаги передней подвески NIVA LEGEND – кованые, при ударе о незамеченные пни можно погнуть ось нижнего рычага или сам рычаг» [13].

Чтобы этого не произошло, можно поставить втулки усиления оси нижнего рычага. А рычаги проварить накладками и закрыть снизу листом металла, что будет являться не только защитой, но и снизит сопротивление движению по раскисшему грунту.

«В задней подвеске не лишним будет усилить реактивные тяги крепления моста, наварив снизу уголок, а так же точки крепления задних амортизаторов на мосту» [3].

При эксплуатации NIVA LEGEND по бездорожью даже на штатных покрышках и тем более на покрышках увеличенного диаметра у заднего моста гнуться «чулки» в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Мост обычно усиливают профилем сверху или снизу, а так же в горизонтальной плоскости.

«При увеличении массы NIVA LEGEND, связанной с установкой лебедки, другого дополнительного оборудования штатная пара амортизаторов не всегда справляется с поставленной задачей. В этом случае, бюджетным вариантом будет являться установка дополнительных амортизаторов в переднюю подвеску» [16].

Установка задних дополнительных амортизаторов, по сути, не обязательна, так как приведет к ухудшению артикуляции подвески.

В последнее время стала очень популярной установка А-образного рычага крепления заднего моста вместо верхних реактивных тяг и тяги «Панара». Бесспорно, что при его установке мост перестает смещаться вправо или влево при проезде неровностей, что уменьшает подруливание, в остальном «+» мне не видится по следующим причинам, подтвержденным на практике:

- процесс изготовления А-образного рычага требует высокой точности сварочных работ. Так как требуется соблюсти соосность отверстий крепления рычага к лонжеронам. Любое отклонение от допусков приведет к быстрому износу болтов его крепления, разбитию отверстий лонжеронов для крепления верхних «косточек»;
- увеличение хода задней подвески при установке А-образного рычага не происходит, так как основное его ограничение – угол работы крестовин заднего кардана;
- сложно обеспечить правильную кинематику работы заднего моста, чтобы обеспечить минимальное вращение моста в поперечной плоскости, тем самым снизив смещение точек крепления задних амортизаторов, равно как и вероятность сгибания штоков и «ушей» крепления амортизаторов.

«В реалии нюансов настройки подвески под себя гораздо больше, так как все подбирается индивидуально, в зависимости от условий эксплуатации и от финансовых возможностей» [3].

### **3.2 Конструкторские расчёты разрабатываемой подвески**

В данном конкретном случае рассмотрим вариант передней спроектированной двухрычажной пружинной подвески с двумя газомасляными амортизаторами. Схему сил и кинематику усилий можно представить в виде рисунка 9.

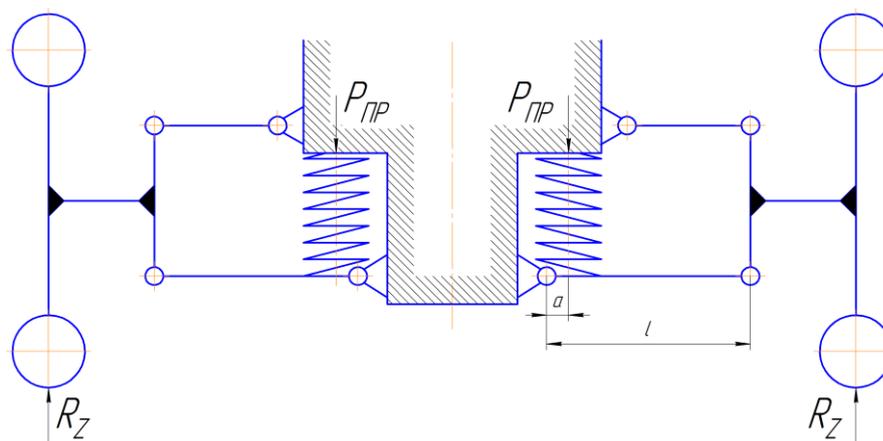


Рисунок 9 – Схема для определения нагрузок

Общий вид пружины сжатия и ее характеристика представлен на рисунке 10.

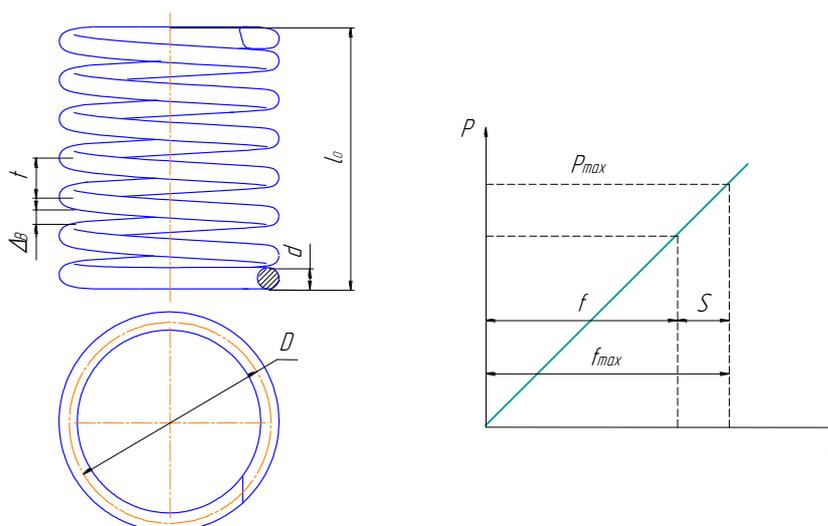


Рисунок 10 – Пружина сжатия и ее характеристика

«Нагрузка на пружину выразится из формулы:

$$P_{\text{ПР}} = \frac{(R_Z - g_k) \cdot l}{a}, \quad (48)$$

где  $l$  – длина нижнего рычага, равна 0,39 м;

$a$  – расстояние от нижней шаровой опоры до оси пружины, принимаем равным 0,18 м ;

$R_Z$  – реакция поверхности, равняется половине всей нагрузки, для NIVA LEGEND равна 4025 Н;

$g_k$  – вес колеса, принимаем равным 150,0 Н» [10].

$$P_{\text{ПП}} = \frac{(4025,0 - 150,0) \cdot 0,390}{0,180} = 8395,83 .$$

«Прогиб пружины определяется из равенства:

$$f_{\text{ПП}} = \frac{f_K \cdot a}{l} . \quad (49)$$

Или данную формулу можно записать так:

$$f_{\text{ПП}} = \frac{8 \cdot i_p \cdot D^3 \cdot P_{\text{ПП}}}{d^4 \cdot G} , \quad (50)$$

где  $i_p$  – число рабочих витков пружины,

$D$  – наружный диаметр пружины, 0,13 м [10];

$d$  – диаметр прутка пружины, 0,015 м [2];

$G$  – модуль упругости, для стальной проволоки (сталь 65 или 65Г) модуль принимается в диапазоне от 8,0 до  $8,3 \cdot 10^4$  МПа» [2].

$$f_{\text{ПП}} = \frac{8 \cdot 5 \cdot 0,13^3 \cdot 9425,0 \cdot 8395,83}{0,015^4 \cdot 8,0 \cdot 10^4 \cdot 10^6} = 0,18 \text{ м} .$$

Напряжение кручения:

$$\tau_{\text{КР}} = \frac{8 \cdot P_{\text{ПП}} \cdot D}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 8395,83 \cdot 0,130}{3,14 \cdot 0,015^3} = 823,94 \text{ МПа} .$$

Рассчитанное напряжение укладывается в пределы от 800 до 1100 МПа.

«На колебания автомобиля оказывает влияние амортизатор.

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):

$$k = \frac{F}{V}. \quad (51)$$

Коэффициент относительного демпфирования колебаний кузова  $D_2$  рассчитываем с использованием коэффициента  $k$ , жесткости пружины  $c_2$  и доли массы кузова над одним колесом  $m$ :

$$D_2 = \frac{k}{(2 \cdot \sqrt{c_m \cdot m_2})}. \quad (52)$$

Демпфирование  $D_1$  колеса определяем также с помощью  $k$ , но с добавлением половины массы оси  $m_1$ , жесткости шины  $c_1$  и подвески  $c_2$  и коэффициента увеличения жесткости шины:

$$D_1 = \frac{k}{\left[ (\sqrt{k_F c_1 + c_2}) \cdot m_1 \right]}. \quad (53)$$

При определении безразмерных величин демпфирования в качестве единицы длины следует использовать метр» [16].

«Коэффициент  $k$  относительного демпфирования приводится к колесу. Сам амортизатор при независимой подвеске колес, как правило, смещен внутрь и поэтому должен при меньших скоростях  $V_D$  создавать большую силу  $F_D$ . В расчете следует дополнительно учесть соотношение  $i_x$  плеч между пятном контакта и местом закрепления амортизатора» [11].

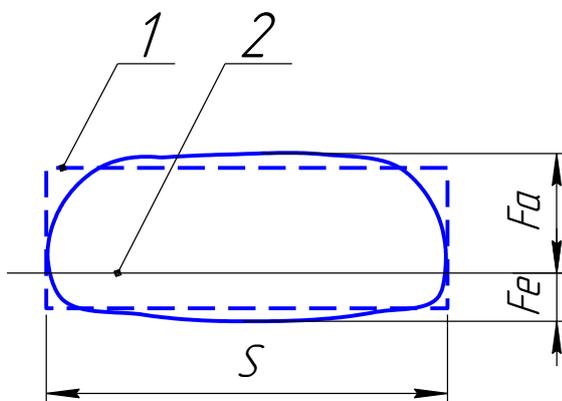
«Вводя индекс 2 для колеса и D для амортизатора, получаем следующую зависимость соответственно для силы и для скорости.

$$F_2 = \frac{F_D}{i_x}, \quad V = V_D \cdot i_x. \quad (54)$$

На основе рабочей диаграммы амортизатора (рисунок 1) определяем коэффициент сопротивления, приведенный к колесу:

$$k = \frac{F_2}{V} = \frac{F_D}{i_x \cdot V_D \cdot i_x} = \frac{F_D}{V_D \cdot i_x^2}. \quad (55)$$

Для расчета должна быть известна скорость поршня  $V_D$ , которая может быть получена на основе частоты вращения  $n_D$  испытательного стенда и хода поршня. 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» [18].



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

Рисунок 11 – Рабочая диаграмма амортизатора

«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» [16].

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

$$V_{Dmax} = \pi \cdot s \cdot n, \quad n = \frac{n_D}{60}. \quad (56)$$

И, следовательно:

$$V_{Dmax} = \frac{\pi \cdot s \cdot n_D}{60}, \quad (57)$$

$$F_D \approx \frac{(F_A + F_E)}{2} /. \quad (58)$$

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

- нагрузка на передний мост – 1000 кгс,
- вес – 100 кгс,
- жесткость подвески – 18 кгс/см,
- передаточное число – 1,2,
- давление в шинах – 2,0 кгс/ см<sup>2</sup>,
- скорость движения – 190 км/ч,

Параметры амортизатора при 100 мм/ход, 100 мин<sup>-1</sup> (на стенде):

- $F_A = 120$  кгс,
- $F_E = 40$  кгс» [12].

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

$$\begin{aligned}
 V_{D_{\max}} &= \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 100}{60} = 0,524 \text{ м/с}, \\
 F_D &= \frac{(120 + 40)}{2} = 80 \text{ кгс}, \\
 F_D &= \frac{80}{(0,524 \cdot 1,2^2)} = 106 \text{ кгс} \cdot \text{с/м}, \\
 m &= \frac{G_h - U_h}{2g}, \\
 m &= \frac{1000 - 100}{2 \cdot 9,81} = 35,7 \text{ кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}, \\
 D_2 &= \frac{106}{2 \cdot \sqrt{1800 \cdot 35,7}} = 0,21.
 \end{aligned} \tag{59}$$

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

«Для обеспечения безопасности движения амортизатор должен обеспечить величину относительного демпфирования колебаний колеса» [2].

Объединяя уравнения (52) и (53), можно получить безразмерную величину зависимости между  $D_1$  и величиной относительного демпфирования колебаний  $D_2$  кузова.

$$D_1 = D_2 \sqrt{c_2 / (k_F c_1 + c_2)} \cdot \sqrt{(G_h - U_h) / U_h}. \tag{60}$$

Используя приведенные постоянные жесткости шин [11] 174 кгс/см или 174 Н/мм, а также  $k_f = 1,27$  [11] для радиальных шин при скорости 190 км/ч, получаем:

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

«Такое демпфирование недостаточно для тяжелого ведущего моста и можно было бы ожидать его отрыва от опорной поверхности при движении по неровной дороге. При более легких неподрессоренных частях независимой подвески ( $U_h = 100$  Н) значение  $D_1 = 0,2$  вполне приемлемо. Расчет  $D_2$  и  $D_1$  относится только к определенной скорости поршня ( $100 \text{ мин}^{-1}$ ) и ходе 100 мм. В зависимости от характеристики амортизатора силы сопротивления перемещению поршня в точках до расчетных или за ними будут больше или меньше. Возможен и обратный случай, когда известна величина относительного демпфирования колебаний (например,  $D_2 = 0,3$ ), по которой определяют параметры амортизатора» [17].

Определяем отношение сопротивлений на ходах сжатия и отбоя:

$$d = \frac{F_A}{F_E}. \quad (61)$$

«Затем полученное из этого уравнения  $F_A = dF_E$  подставляем в уравнение.

В приведенном примере:

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

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

$$n_{II D} = n_{II} \cdot \sqrt{1 - D_2^2}, \quad (62)$$

$$n_{I D} = n_I \cdot \sqrt{1 - D_1^2}. \quad (63)$$

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

В большинстве случаев уменьшением частоты примерно на 4% можно пренебречь» [7].

Спецификация на переднюю подвеску представлена в Приложении А (рисунки А.1, А.2).

Выводы по разделу.

В конструкторской части работы рассмотрен автомобиль NIVA LEGEND, переднюю подвеску которого требуется модернизировать (подготовить) к соревнованиям (ралли-рейдам). Представлены основные технические характеристики автомобиля, а также силового агрегата, подвески и прочих элементов. Проведен расчет разрабатываемой подвески.

#### 4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормы на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

#### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что модернизация передней подвески автомобиля NIVA LEGEND для работы в тяжёлых условиях, соревнованиях и ралли-рейдах не будет иметь большого спроса сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую

сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [9].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (64)$$

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» [20].

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

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять проушину нижнюю	0,2
Осмотреть проушину нижнюю на наличие дефектов и повреждений	0,8
Взять подшипник ШС-50 ГОСТ 3635-78 (2 шт.)	0,2
Осмотреть подшипник ШС-50 ГОСТ 3635-78 на наличие дефектов и повреждений	0,8
Запрессовать подшипник ШС-50 ГОСТ 3635-78 в проушину нижнюю	1
Взять кольцо А90 65Г (2 шт.)	0,2
Установить кольцо А90 65Г в проушину нижнюю	0,6
Взять кольцо уплотнительное (2 шт.)	0,2
Установить кольцо уплотнительное в проушину нижнюю	0,6
Взять крышку нижнюю в сборе	0,2
Осмотреть крышку нижнюю в сборе на наличие дефектов и повреждений	0,8
Установить крышку нижнюю в сборе на проушину нижнюю	2
Взять цилиндр внутренний	0,2
Осмотреть цилиндр внутренний на наличие дефектов и повреждений	1
Запрессовать цилиндр внутренний в проушину нижнюю	2
Взять шток с поршнем в сборе	0,2
Осмотреть шток с поршнем в сборе на наличие дефектов и повреждений	1
Установить шток с поршнем в сборе в цилиндр внутренний	1,5
Взять цилиндр наружный в сборе	0,2
Осмотреть цилиндр наружный в сборе на наличие дефектов и повреждений	1
Залить амортизаторную жидкость АЖ-12Т ГОСТ 23008-78 в цилиндр наружный	2
Взять втулку упорную в сборе	0,2
Осмотреть втулку упорную в сборе на наличие дефектов и повреждений	0,8
Установить втулку упорную в сборе в цилиндр наружный	2
Взять пружину коническую	0,2
Осмотреть пружину коническую на наличие дефектов и повреждений	0,8
Установить пружину коническую на втулку упорную	0,8
Взять кольцо В116 ГОСТ 13942-86 (2 шт.), шайбу 1.38 ГОСТ 11371-88 (4 шт.)	0,2
Установить кольцо В116 ГОСТ 13942-86, шайбу 1.38 ГОСТ 11371-88 в цилиндр наружный в сборе	0,8
Взять сальник	0,2
Осмотреть сальник на наличие дефектов и повреждений	0,8

Продолжение таблицы 6

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Установить сальник в цилиндр наружный в сборе	1
Взять обойму сальника (2 шт.)	0,2
Осмотреть обойму сальника на наличие дефектов и повреждений	0,8
Установить обойму сальника	1
Взять шайбу 1.52 ГОСТ 11371-88 (4 шт.), гайку (6 шт.)	0,3
Взять кожух	0,2
Осмотреть кожух на наличие дефектов и повреждений	1
Установить кожух при помощи шайб 1.52 ГОСТ 11371-88 и гаек	1,5
Взять проушину верхнюю в сборе	0,2
Осмотреть проушину верхнюю в сборе на наличие дефектов и повреждений	0,8
Взять клин, шайбу 12.65Г ГОСТ 6402-80 (6 шт.), гайку М12,5 ГОСТ 5915-80 (6 шт.), болт М10×20 ГОСТ 7798-80 (4 шт.), шплинт 1,6×450 ГОСТ 397-86 (2 шт.)	1
Установить проушину верхнюю в сборе на цилиндр наружный при помощи клина, шайб 12.65Г ГОСТ 6402-80, гаек М12,5 ГОСТ 5915-80, болтов М10×20 ГОСТ 7798-80, шплинтов 1,6×450 ГОСТ 397-86	5
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку амортизатора при необходимости	20
Итого:	56,5

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (65)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (66)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;  
 $\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [11].

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

## 4.2 Проектирование технологического процесса сборки амортизатора

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Технологический процесс сборки амортизатора

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять проушину нижнюю	Набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, динамометрический ключ	36,5
		2	Осмотреть проушину нижнюю на наличие дефектов и повреждений		
		3	Взять подшипник ШС-50 ГОСТ 3635-78 (2 шт.)		
		4	Осмотреть подшипник ШС-50 ГОСТ 3635-78 на наличие дефектов и повреждений		
		5	Запрессовать подшипник ШС-50 ГОСТ 3635-78 в проушину нижнюю		
		6	Взять кольцо А90 65Г (2 шт.)		
		7	Установить кольцо А90 65Г в проушину нижнюю		
		8	Взять кольцо уплотнительное (2 шт.)		
		9	Установить кольцо уплотнительное в проушину нижнюю		
		10	Взять крышку нижнюю в сборе		
		11	Осмотреть крышку нижнюю в сборе на		

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			наличие дефектов и повреждений		
		12	Установить крышку нижнюю в сборе на проушину нижнюю		
		13	Взять цилиндр внутренний		
		14	Осмотреть цилиндр внутренний на наличие дефектов и повреждений		
		15	Запрессовать цилиндр внутренний в проушину нижнюю		
		16	Взять шток с поршнем в сборе		
		17	Осмотреть шток с поршнем в сборе на наличие дефектов и повреждений		
		18	Установить шток с поршнем в сборе в цилиндр внутренний		
		19	Взять цилиндр наружный в сборе		
		20	Осмотреть цилиндр наружный в сборе на наличие дефектов и повреждений		
		21	Залить амортизаторную жидкость АЖ-12Т ГОСТ 23008-78 в цилиндр наружный		
		22	Взять втулку упорную в сборе		
		232	Осмотреть втулку упорную в сборе на наличие дефектов и повреждений		
		24	Установить втулку упорную в сборе в цилиндр наружный		
		25	Взять пружину коническую		
		26	Осмотреть пружину		

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			коническую на наличие дефектов и повреждений		
		27	Установить пружину коническую на втулку упорную		
		28	Взять кольцо В116 ГОСТ 13942-86 (2 шт.), шайбу 1.38 ГОСТ 11371-88 (4 шт.)		
		29	Установить кольцо В116 ГОСТ 13942-86, шайбу 1.38 ГОСТ 11371-88 в цилиндр наружный в сборе		
		30	Взять сальник		
		31	Осмотреть сальник на наличие дефектов и повреждений		
		32	Установить сальник в цилиндр наружный в сборе		
		33	Взять обойму сальника (2 шт.)		
		34	Осмотреть обойму сальника на наличие дефектов и повреждений		
		35	Установить обойму сальника		
		36	Взять шайбу 1.52 ГОСТ 11371-88 (4 шт.), гайку (6 шт.)		
		37	Взять кожух		
		38	Осмотреть кожух на наличие дефектов и повреждений		
		39	Установить кожух при помощи шайб 1.52 ГОСТ 11371-88 и гаек		
		40	Взять проушину верхнюю в сборе		
		41	Осмотреть проушину верхнюю в сборе на наличие дефектов и повреждений		

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		42	Взять клин, шайбу 12.65Г ГОСТ 6402-80 (6 шт.), гайку М12,5 ГОСТ 5915-80 (6 шт.), болт М10×20 ГОСТ 7798-80 (4 шт.), шплинт 1,6×450 ГОСТ 397-86 (2 шт.)		
		43	Установить проушину верхнюю в сборе на цилиндр наружный при помощи клина, шайб 12.65Г ГОСТ 6402-80, гаек М12,5 ГОСТ 5915-80, болтов М10×20 ГОСТ 7798-80, шплинтов 1,6×450 ГОСТ 397-86		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку амортизатора при необходимости	Набор головок, рожковые ключи, отвертка, динамометрический ключ	20

Технологическая схема сборки амортизатора для модернизированной передней подвески автомобиля NIVA LEGEND представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки амортизатора для модернизированной передней подвески автомобиля NIVA LEGEND и представлен в графической части ВКР.

## 5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

### **5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 8).

Таблица 8 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Обслуживание подвески автомобиля NIVA LEGEND	1 Поставить автомобиль на пост. 2 Проверить состояние рулевых тяг и защитных колпачков, гофр, отбойников, рычагов, состояние шаровых опор. 3 Проверить зазоры в подшипниках ступиц передних колес, при необходимости заменить,	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда» [15].	Подъемник, рожковые ключи, приспособление 02.7834-9505, индикатор типа И2-10, головки сменные с шарниром, динамометрический ключ, специальный ключ, набор щупов, плоскогубцы, манометр	Перчатки

Продолжение таблицы 8

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	<p>отрегулировать.</p> <p>4 Подтянуть крепление узлов и агрегатов со стороны моторного отсека:                      – верхнего крепления амортизаторов;                      – опоры амортизаторов.</p> <p>5 Отрегулировать давление воздуха в шинах, удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторах и установить колпачки.</p> <p>6 Проверить состояние резиновых втулок рычагов передней подвески.</p> <p>7 Отрегулировать продольный наклон оси поворотной стойки, развал и угол схождения передних колес</p> <p>8 Убрать автомобиль с поста</p>			

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и

возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 9 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND.

Таблица 9 – 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, состояние шаровых опор.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля
3 Проверить зазоры в подшипниках ступиц передних колес, при необходимости заменить (отрегулировать).	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [6].
4 Подтянуть крепление узлов и агрегатов со стороны моторного отсека: – верхнего крепления амортизаторов; – опоры амортизаторов.	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
5 Отрегулировать давление воздуха в шинах, удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторах и установить колпачки.	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент» [6].
6 Проверить состояние резиновых втулок рычагов передней подвески. 7 Отрегулировать продольный наклон оси поворотной стойки, развал и угол схождения передних колес 8 Убрать автомобиль с поста» [6].	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [6].

## Продолжение таблицы 9

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	«Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию» [6].	

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование

мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [15].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
  - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [15].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с

- загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
  - г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
  - д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
  - е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
  - ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение конкурсов и смотров по охране труда;
  - з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
  - и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;

к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [15].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 10, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 10 – 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: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [14].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – 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	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [15].
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [21].

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [4].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [17]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [15].</li> </ul>	–
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей;</li> <li>– чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать положительное и отрицательное взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [15].</li> </ul>	–

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</li> <li>– применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;</li> <li>– усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина» [20];</li> <li>– «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания);</li> <li>– чередование пассивного отдыха с активным» [15].</li> </ul>	

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 11).

Таблица 11 – 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» [15].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [15].

«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 – 1шт.;
- 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» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении. Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля NIVA LEGEND (таблица 12).

Таблица 12 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля NIVA LEGEND

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» [15]
«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» [6]
«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» [14]
«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» [15].
«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 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах»
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND**

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать

- эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND и сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание подвески автомобиля NIVA LEGEND»	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), лом, стружка» [6].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании подвески автомобиля NIVA LEGEND:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее) ;
- «гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная

ответственность за охрану окружающей среды» [22];

- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND;
- выявлены профессиональные риски при обслуживании подвески автомобиля NIVA LEGEND и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности обслуживания подвески автомобиля NIVA LEGEND;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании подвески автомобиля NIVA LEGEND и разработаны мероприятия по их снижению.

## 6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на модернизацию подвески полноприводного автомобиля NIVA LEGEND необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания конструкции, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на модернизацию подвески, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания конструкции (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на модернизацию подвески полноприводного автомобиля NIVA LEGEND.

«Затраты на изготовление модернизированной подвески полноприводного автомобиля NIVA LEGEND определяем по формуле [15]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (67)$$

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

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

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

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

$C_{o.n}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [8].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (68)$$

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

$C_k$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 135,0 р./кг» [8].

При изготовлении используем следующие корпусные детали, представленные в таблице 14.

Таблица 14 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Передняя балка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	6,0	135,0	750,0
Рычаг поперечный	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	1,50	135,0	187,50
Итого:	–	7,50	–	1012,5

$$C_{к.д} = 7,5 \cdot 135,0 = 1012,5 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 1012,5 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{o.д} = C_{прн} + C_m, \quad (69)$$

где  $C_{пр}$  – 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» [8].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_u \cdot \kappa_t, \quad (70)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей (в данном случае изготавливаем следующие оригинальные детали: пружины – 4 шт; отбойники – 2 шт; манжеты – 2 шт; чашки – 2 шт; пыльники – 2 шт; направляющие шайбы – 4 шт; втулки – 2 шт.), пружины – 0,35 чел.·ч.; отбойники – 0,25 чел.·ч.; манжеты – 0,15 чел.·ч.; чашки – 0,25 чел.·ч.; пыльники – 0,3 чел.·ч.; направляющие шайбы – 0,25 чел.·ч.; втулки – 0,15 чел.·ч.;

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

$\kappa_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается равным 1,03» [8].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда:  $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$  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» [8].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду:  $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$  р./ч.

$$C_{пр} = 4,6 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 743,28 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\partial} = (5...12) \cdot C_{np} / 100, \quad (71)$$

$$C_{\partial} = 10 \cdot 743,28 / 100 = 74,32 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_{\partial}) / 100, \quad (72)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (743,28 + 74,32) / 100 = 245,28 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma np} = 743,28 + 74,32 + 245,28 = 1062,88 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 1062,88 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (73)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [8].

Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Пружина	Сталь 65 ГОСТ 1055-88	4	5,5	0,44	2,41
Отбойник	Резина ГОСТ 7338-90	2	1,0	0,31	0,31

Продолжение таблицы 15

Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг.	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Втулка	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	2	0,50	0,19	0,09
Чашка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	2	1,50	0,31	0,47
Манжета	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	0,19	0,09
Направляющая шайба	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	4	2,0	0,31	0,63
Пыльник	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	0,38	0,19
Итого:	–	–	–	–	4,19

$$C_m = 5,5 \cdot 0,44 + 1 \cdot 0,31 + 0,5 \cdot 0,19 + 1,5 \cdot 0,31 + 0,5 \cdot 0,19 + 2 \cdot 0,31 + 0,5 \cdot 0,38 = 4,19 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 743,28 + 4,19 = 747,47 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 747,47 р.

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

$$C_{сб.n} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (74)$$

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» [8].

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

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (75)$$

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

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (76)$$

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

$k_c$  – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [8].

По справочным данным принимаем  $t_{сб}$  равную 2,8 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 2,8 = 3,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 3,5 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 565,55 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 565,55 = 56,55 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (565,55 + 56,55) = 186,63 \text{ р.}$$

$$C_{сб.n} = 565,55 + 56,55 + 186,63 = 808,73 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 808,73 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C_{np}' \cdot R_{он})}{100}, \quad (77)$$

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

$R_{on}$  – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [8].

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{c\bar{o}}), \quad (78)$$

$$C'_{np} = 743,28 + 565,55 = 1308,83 \text{ р.}$$

$$C_{on} = \frac{(1308,83 \cdot 15)}{100} = 196,32 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Шаровая опора	2	437,50	875,00
Ступица переднего колеса в сборе с колесом	2	2812,50	5625,00
Стойка амортизатора	2	2062,50	4125,00
Опорный подшипник	2	562,50	1125,00
Болт М12×1,75-60	4	18,75	75,00
Шайба 12	8	6,25	50,00
Гайка М12×1,75	4	7,50	30,00
Гайка М14×1,5	2	8,75	17,50
Итого:			11922,50

$$C_{no} = 875 + 5625 + 4125 + 1125 + 75 + 52 + 30 + 17,5 = 11922,5 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 743,28 + 747,47 + 11922,5 + 808,73 + 196,32 = 14418,3 \text{ р.}$$

Затраты на модернизацию подвески сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Затраты на изготовление конструкторской разработки модернизированной подвески полноприводного автомобиля NIVA LEGEND

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	743,28
Стоимость изготовления оригинальных деталей	747,47
Общая заработная плата на сборку	808,73
Общепроизводственные накладные расходы	196,32
Стоимость покупных изделий	11922,5
Итого:	14418,3

Общие затраты на изготовление модернизированной подвески конструкции равны 14418,3 р. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж):  $14418,3 \cdot 1,125 = 16220,58$  р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (79)$$

где  $C_{ПР}$  – стоимость прототипа, р.» [8].

$$\mathcal{E}_Г = 23000 - 16220,58 = 6779,42 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (80)$$

$$O_{ОК} = \frac{16220,58}{6779,42} = 2,39 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \quad (81)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 6779,42 - 0,15 \cdot 16220,58 = 4346,33 \text{ р.}$$

В таблице 18 представлены основные показатели проекта.

Таблица 18 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	23000	16220,58
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	6779,42
Экономический эффект	р.	–	4346,33
Срок окупаемости	год	–	2,39

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность модернизации подвески автомобиля NIVA LEGEND с экономической стороны.

Стоимость модернизации подвески автомобиля NIVA LEGEND с учетом установки составляет 16220,58 р., срок окупаемости равен 2,39 года, что является допустимым для данной конструкции.

## Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была проведена модернизация передней подвески автомобиля NIVA LEGEND для работы в тяжёлых условиях, соревнованиях и ралли-рейдах.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции модернизированной передней подвески для подготовки автомобиля к работе в тяжёлых условиях, к участию в соревнованиях и ралли-рейдах, так как к ним предъявляются специальные технические требования.

В работе затрагивается проблема необходимости повышения эксплуатационных характеристик подвески автомобиля NIVA LEGEND, что влияет на устойчивость, безопасность движения автомобиля и его управляемость.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены требования к подвеске автомобиля, участвующего в соревнованиях, определены возможные направления модернизации систем гоночного автомобиля, выполнен обзор существующих способов усиления подвесок автомобилей;
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля NIVA LEGEND;
- выполнено обоснование конструкторской разработки, проведена конструкторская разработка передней подвески автомобиля NIVA LEGEND. В качестве модернизации предложена передняя спортивная подвеска с двумя газомасляными амортизаторами и усиленной пружиной;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки передней подвески автомобиля NIVA LEGEND;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки колесных редукторов для автомобиля NIVA LEGEND с экономической стороны.

## Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с
- 2 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.
- 3 Вершигора В. А. Автомобиль ВАЗ-2121 "Нива" / В. А. Вершигора, А. П. Игнатов, К. Б. Пятков. - Москва : Транспорт, 1980. - 253 с.
- 4 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.
- 5 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 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 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов,

обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

8 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

9 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.

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

11 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, [1] с

12 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"). - Обл., 179 с.

13 Косарев С. Н. ВАЗ-21213 "Нива" и модификации : рук.по эксплуатации, техн. обслуживанию и ремонту : кат. деталей и запасных частей.

- Москва : Астрель : АСТ, 2005 (Минск : ОАО Полигр. комб. им. Я. Коласа). - 477, [1] с.

14 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" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

15 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.

16 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с.

17 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.

18 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

19 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.

20 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

21 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

22 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

23 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

24 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

25 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Hapian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А  
Спецификации

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>						
А4			23.ДП.01.133.6100.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А1			23.ДП.01.133.6100.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Сборочные единицы</i>						
1			23.ДП.01.133.6101.000	Кузов автомобиля	1	
2			23.ДП.01.133.6102.000	Колесо	1	
3			23.ДП.01.133.6103.000	Ступица	1	
4			23.ДП.01.133.6104.000	Поворотный кулак	1	
5			23.ДП.01.133.6105.000	Рычаг верхний	1	
6			23.ДП.01.133.6106.000	Рычаг нижний	1	
7			23.ДП.01.133.6107.000	Верхняя шаровая опора	1	
8			23.ДП.01.133.6108.000	Нижняя шаровая опора	1	
9			23.ДП.01.133.6109.000	Цилиндр тормозной	1	
10			23.ДП.01.133.6110.000	Основной амортизатор	1	
11			23.ДП.01.133.6111.000	ШРУС наружный	1	
12			23.ДП.01.133.6112.000	Дополнительный амортизатор	1	
13			23.ДП.01.133.6113.000	Стойка опоры		
				бюфера сжатия	1	
14			23.ДП.01.133.6114.000	Кронштейн бюфера отбоя	1	
<i>Детали</i>						
15			23.ДП.01.133.6100.015	Верхняя опорная чашка	1	
16			23.ДП.01.133.6100.016	Изолирующая прокладка	1	
			<b>23.ДП.01.133.6100.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Юртаев А.С.				Лист	Листов
Проб.	Тизлов А.С.				Д	1 2
Н.контр.	Тизлов А.С.				<b>Подвеска передняя</b> ТГУ, АТс-1801б	
Утв.	Бадровский АВ					

*Копировал*

*Формат А4*

Рисунок А.1 – Спецификация на переднюю подвеску

