

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 Улучшение внедорожных качеств автомобиля NIVA LEGEND путем  
модернизации трансмиссии

Обучающийся

А.О. Мезенцев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(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: «Улучшение внедорожных качеств автомобиля NIVA LEGEND путем модернизации трансмиссии».

Цель работы – улучшение внедорожных качеств автомобиля NIVA LEGEND путем модернизации трансмиссии.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 111 страниц 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 способы усовершенствования трансмиссии для улучшения внедорожных качеств и выполнено обоснование принятой для разработки конструкции.

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

В третьем разделе выполнены расчеты зубчатых зацеплений для переднего и заднего колесных редукторов, расчеты ведомого и ведущего валов переднего колесного редуктора, корпуса редуктора, выполнен подбор смазки для редуктора. Применение редукторов с внутренним зацеплением шестерен, по типу редукторов УАЗ-3151, является самым удачным решением для применения на проектируемом автомобиле ввиду простоты их конструкции, невысокой массы и высокой надежности.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки редуктора с внутренним зацеплением шестерен.

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 improving the off-road qualities of the «NIVA LEGEND» car by upgrading the transmission.

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 transmission of the «NIVA LEGEND» car to improve its off-road properties without replacing the car engine with an engine with more power and torque.

The current transmission design of the «NIVA LEGEND» car has the potential to improve its technical and operational characteristics. To solve this problem, in the graduation work we propose to install wheel reducers on the «NIVA LEGEND» car, which is the most advantageous by the ratio of the cost of improvement and its effectiveness.

The aim of the work is to improve the off-road qualities of the «NIVA LEGEND» car by upgrading the transmission.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the exploration of the ways to upgrade the transmission for improving the car off-road qualities; the justification of the transmission design adopted for the development; the traction-dynamic calculation of the «NIVA LEGEND» car; the calculations of toothed gearing for the front and rear wheel reducers; the calculations of the driven and drive shafts of the front wheel reducer and the reducer housing; the selection of the grease for reducer; the selection of the organizational form of the assembly of the reducer with internal gearing; the determination of the labor intensity and the technological process of assembling; 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 that the use of reducers with internal gearing, such as the reducers of the «UAZ-3151» car, is the most successful solution for use on the considered car due to their design simplicity, low weight and high reliability.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	9
1.1 Способы усовершенствования трансмиссии для улучшения внедорожных качеств.....	14
1.2 Обоснование принятой конструкции .....	20
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	22
2.1 Техническая характеристика автомобиля NIVA LEGEND .....	22
2.2 Тяговый расчет .....	23
3 Конструкторская часть .....	38
3.1 Расчет зубчатых зацеплений для переднего колесного редуктора.....	38
3.2 Расчет зубчатых зацеплений для заднего колесного редуктора .....	51
3.3 Расчет ведущего вала переднего колесного редуктора.....	53
3.4 Расчет ведомого вала переднего колесного редуктора .....	59
3.5 Расчет корпуса редуктора .....	68
3.6 Подбор смазки редуктора.....	69
4 Технологический раздел.....	71
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	72
4.2 Проектирование технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND.....	75
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	79
5.1 Характеристика технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	80
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	82
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	84
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	89

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND .....	92
6 Экономическая эффективность проекта.....	95
Заключение .....	103
Список используемой литературы и используемых источников.....	104
Приложение А. Спецификация.....	108

## Введение

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения круглогодичного, непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями в любое время года и в любых условиях погоды. В состав этого комплекса входят земляное полотно, дорожная одежда, мосты, трубы и другие искусственные сооружения, обустройство дорог и защитные дорожные сооружения, здания и сооружения дорожных и автотранспортных служб.

Проходимость автомобиля - это способность автомобиля преодолевать различные препятствия и двигаться по сложным дорожным условиям, таким как грязь, песок, снег, лед, крутые подъемы и спуски, а также пересекать водные преграды. Проходимость автомобиля зависит от множества факторов, включая его конструкцию, вес, тип привода, характеристики двигателя, наличие блокировок дифференциалов, а также свойства шин и их давление.

Автомобили с повышенной проходимостью обычно имеют следующие характеристики:

- высокий клиренс (дорожный просвет) – позволяет автомобилю преодолевать крупные препятствия и двигаться по неровным дорогам без повреждения днища и подвески.
- полный привод (4×4 или AWD) – обеспечивает лучшее сцепление колес с дорогой и распределение тяги между всеми колесами, что улучшает проходимость на сложных поверхностях.
- блокировки дифференциалов – позволяют передавать тягу на те колеса, которые имеют лучшее сцепление с дорогой, что также улучшает проходимость.
- мощный двигатель с хорошим крутящим моментом – обеспечивает достаточную силу для преодоления труднопроходимых участков.

- шины с агрессивным рисунком протектора и возможностью изменения давления – улучшают сцепление с различными поверхностями и позволяют адаптироваться к разным условиям движения.
- также применяются лебедки и другие приспособления для улучшения проходимости.

Эксплуатационные свойства автомобиля это группа свойств, определяющих возможность его эффективного использования, а также степень его приспособленности к эксплуатации в качестве транспортного средства.

Данная ВКР выполнена на тему: «Улучшение внедорожных качеств автомобиля NIVA LEGEND путем модернизации трансмиссии».

«Под проходимостью понимается способность автомобиля перевозить с высокой средней скоростью груз, пассажиров или специальное оборудование в тяжелых дорожных или внедорожных условиях. Проходимость автомобиля – комплексное свойство, характеризующее его подвижность и экономичность. Оно неразрывно связано со способностью автомобиля наиболее эффективно выполнять транспортную работу в заданных дорожных условиях.

По уровню проходимости автомобили принято делить на три категории: ограниченной, повышенной, высокой проходимости» [1].

«Автомобили ограниченной проходимости (дорожные автомобили) предназначены для эксплуатации на дорогах с твердым покрытием и грунтовых дорогах в сухое время года. При использовании дополнительных средств (цепи противоскольжения, арочные шины) они могут работать и в более сложных условиях. Сюда относятся неполноприводные автомобили типа 4×2, 6×2, 6×4, 8×4.

Автомобили повышенной проходимости конструктивно незначительно отличаются от дорожных. Как правило, такие автомобили создаются на базе дорожных, а повышение проходимости обеспечивается приводом на все

колеса, постановкой дополнительной раздаточной коробки, использованием шин с пониженным или регулируемым давлением воздуха. В некоторых случаях устанавливают блокируемые дифференциалы или дифференциалы повышенного трения, лебедки и другие приспособления для преодоления препятствий.

Автомобили высокой проходимости создаются специально для работы в условиях бездорожья, они должны обладать способностью преодолевать встречающиеся на местности препятствия: канавы, вертикальные уступы, подъемы и другое» [1].

Тема улучшения внедорожных качеств автомобиля имеет высокую актуальность в настоящее время из-за растущей популярности внедорожных автомобилей и SUV, как в городской среде, так и за ее пределами. Однако даже самые современные автомобили не всегда готовы к сложным дорожным условиям, таким как бездорожье, грязь, снег, лед и т.д. Поэтому производители автомобилей постоянно работают над улучшением технических характеристик и компонентов, чтобы обеспечить более высокий уровень безопасности и комфорта при движении по сложным дорогам. Кроме того, улучшение внедорожных качеств автомобиля является чрезвычайно важным для тех, кто предпочитает активный отдых на природе и экстремальные виды спорта, такие как охота, рыбалка, кемпинг, альпинизм и др. В целом, тема улучшения внедорожных качеств автомобиля является актуальной и востребованной в настоящее время, и продолжит оставаться такой в будущем.



## 1 Состояние вопроса

Легенда отечественного автопрома – полноприводный внедорожник, выпускаемый с 1977 года по настоящее время. Изначально он продавался под названием ВАЗ 2121 «Нива», затем это имя было отдано бывшему партнёру АВТОВАЗа – компании Chevrolet. Тогда автомобиль переименовали в Lada 4×4, однако совсем недавно наименование снова вернулось, теперь классическая модель именуется Niva Legend.

Лада Нива – это российский внедорожник, который был выпущен в 1977 году и до сих пор остается одним из самых популярных автомобилей на российском рынке. Нива была создана на базе модели ВАЗ-2121 и отличается повышенной проходимостью, надежностью и доступной стоимостью.

Первые модели Лады Нивы оснащались 1,6-литровым бензиновым двигателем мощностью 75 л.с. и полным приводом. Позже были выпущены версии с улучшенной комплектацией, включающей в себя кондиционер, электростеклоподъемники, центральный замок и другие опции.

За годы производства Лады Нивы появились различные модификации, включая специальные версии для охотников и рыбаков, а также внедорожные гоночные машины.

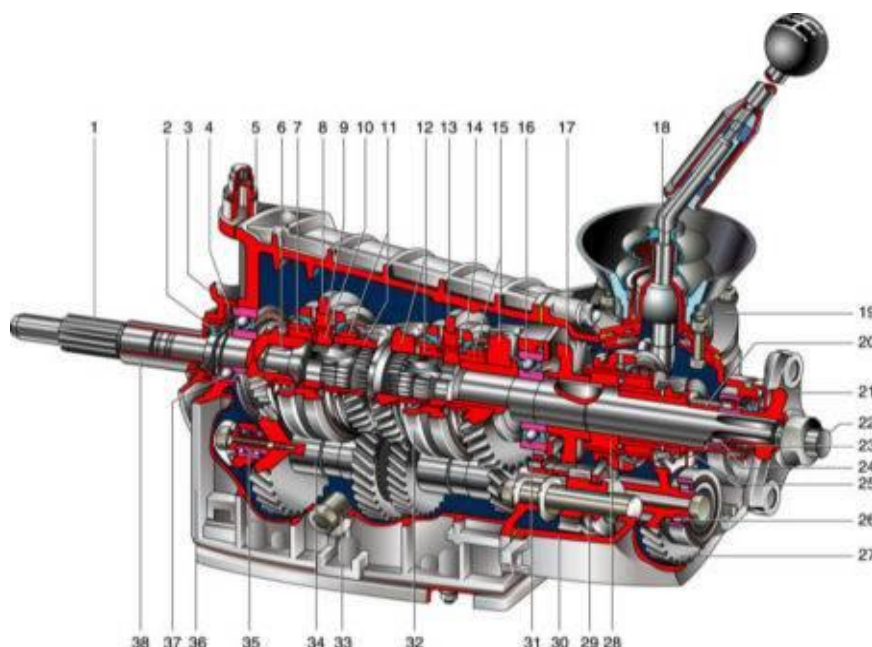
Сегодня Лада Нива остается популярным выбором для тех, кто ищет надежный и дешевый внедорожник. Несмотря на то, что в последнее время появилось много конкурентов, Лада Нива все еще остается одним из самых продаваемых автомобилей в России.

ВАЗ 2121 «Нива» – первая разработка АвтоВАЗа, выполненная полностью самостоятельно. Нива – полноприводный легковой автомобиль повышенной проходимости. Его технические характеристики и конструктивные особенности (постоянный привод на все колеса, значительный дорожный просвет, малые свесы кузова) позволяют эксплуатировать автомобиль помимо дорожной сети с твердым покрытием также в условиях бездорожья и на местности со сложным рельефом

поверхности. Незаурядные вездеходные качества автомобиля неоднократно проверены и подтверждены. Во всех экстремальных ситуациях Нива ведет себя предсказуемо, уверенно и целеустремленно» [2].

Рассмотрим основные элементы трансмиссии LADA NIVA LEGEND.

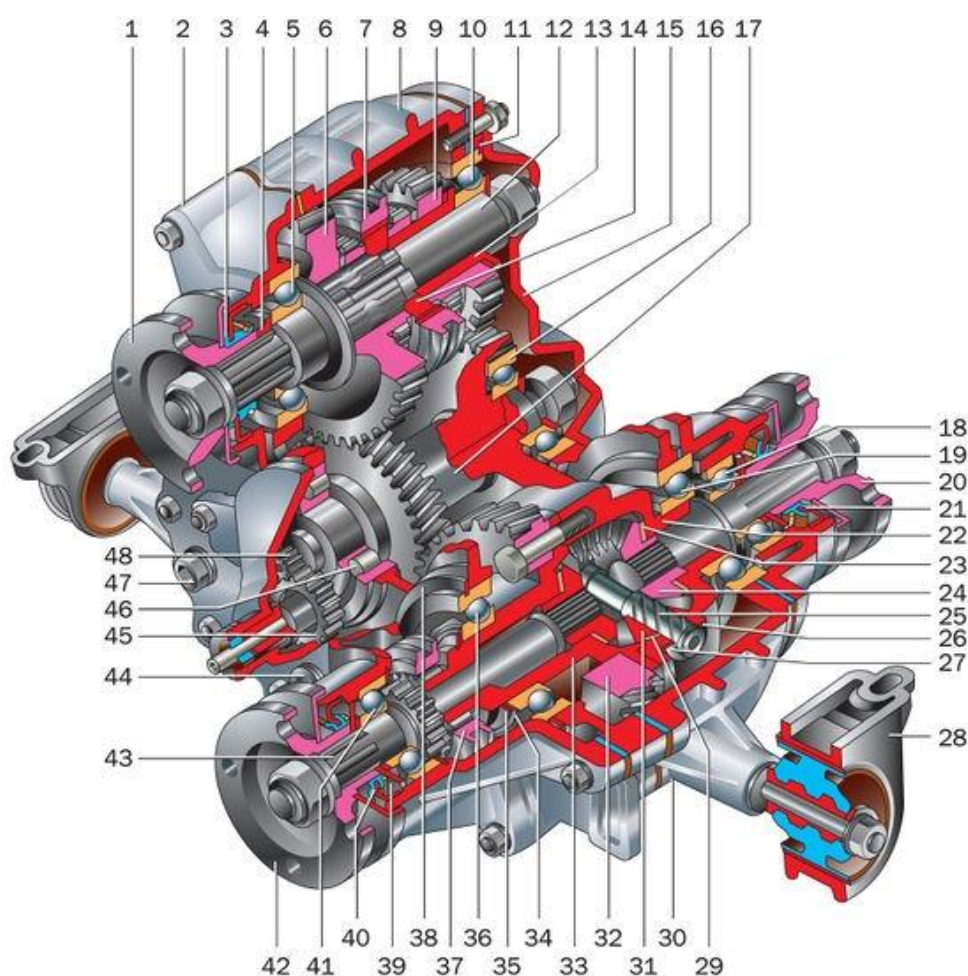
«Коробка передач (рисунок 1) – механическая, с ручным переключением, имеет пять передач переднего хода и одну – заднего, все передачи переднего хода синхронизированы. Она унифицирована с коробкой передач 2107. Незначительно отличается лишь задняя крышка: отверстие под привод спидометра закрыто заглушкой, так как спидометр «Нивы» приводится от раздаточной коробки. В настоящее время для всех коробок передач используется передаточный ряд коробки 2105» [1].



«1, 22, 34 – первичный, вторичный и промежуточный вал (соответственно); 2 – сальник первичного вала; 3, 38 – картер сцепления и коробки передач (соответственно); 4 – пружинная шайба; 5 – сапун; 6, 16, 24, 26, 35, 37 – подшипники; 7 – зубчатый венец синхронизатора IV передачи; 8, 13 – вилка переключения передач; 9 – скользящая муфта синхронизатора III и IV передач; 10 – ступица муфты синхронизатора III и IV передач; 11, 12, 15 – шестерня и зубчатый венец синхронизатора передач; 14 – муфта переключения I и II передач; 17 – шестерня V передачи; 18 – рычаг переключения передач; 19 – корпус рычага переключения передач; 20 – распорная втулка; 21 – фланец эластичной муфты; 23 – сальник заднего подшипника вторичного вала; 25 – маслоотражательная шайба; 27 – блок шестерен V передачи и заднего хода; 28 – ступица синхронизатора V передачи; 29 – промежуточная шестерня заднего хода; 30 – задняя крышка; 31 – задний подшипник промежуточного вала; 32 – скользящая муфта синхронизатора I и II передач; 33 – пробка заливного отверстия; 38 – направляющая втулка» [4]

Рисунок 1 – Коробка переключения передач

«Раздаточная коробка автомобиля ВАЗ-2121 «Нива» (рисунок 2) служит для изменения величины крутящего момента и распределения его между передним и задним мостами. Коробка имеет две передачи с передаточными числами 1,200 и 2,135. Передний и задний мосты приводятся постоянно и связаны межосевым дифференциалом, перераспределяющим крутящий момент между ними в зависимости от сопротивления движению колес. Для повышения проходимости автомобиля дифференциал можно блокировать, при этом передний и задний приводные валы становятся жестко связанными между собой (их частоты вращения равны)» [1].

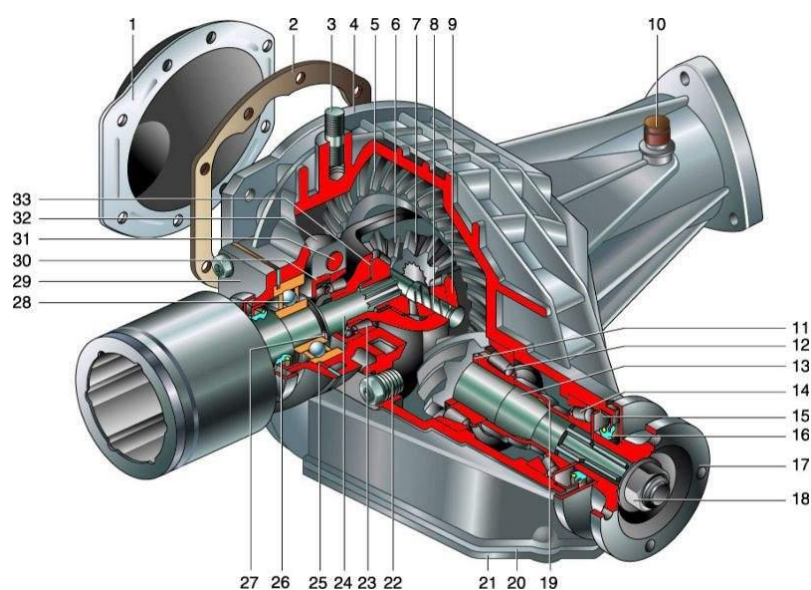


«1, 20 – фланец; 2, 15 – передняя и задняя крышка; 3, 21, 40 – сальник; 4 – упорное кольцо подшипника; 5, 10, 16, 18, 19, 36, 41, 46 – подшипник; 6 – шестерня высшей передачи; 7 – муфта переключения передач; 8 – картер раздаточной коробки; 9 – шестерня низшей передачи; 11, 38 – установочное кольцо заднего подшипника ведущего вала; 12 – ведущий вал; 13 – втулка; 14 – ступица; 17 – промежуточный вал; 22 – задний корпус дифференциала; 23 – опорная шайба шестерни; 24 – шестерня привода заднего моста; 25 – ось сателлитов; 26, 34 – стопорное кольцо; 27 – пружинная шайба; 28 – кронштейн подвески; 29 – упорная шайба сателлита; 30 – картер привода переднего моста; 31 – сателлит; 32 – ведомая шестерня дифференциала; 33 – передний корпус дифференциала; 35 – пружинная шайба; 37 – муфта блокировки дифференциала;

39 – маслоотражатель; 42 – фланец вала привода переднего моста; 43 – вал привода переднего моста; 44 – пробка слива масла; 45 – ведомая шестерня привода спидометра; 47 – заливная пробка; 48 – ведущая шестерня привода спидометра» [14]

Рисунок 2 – Раздаточная коробка

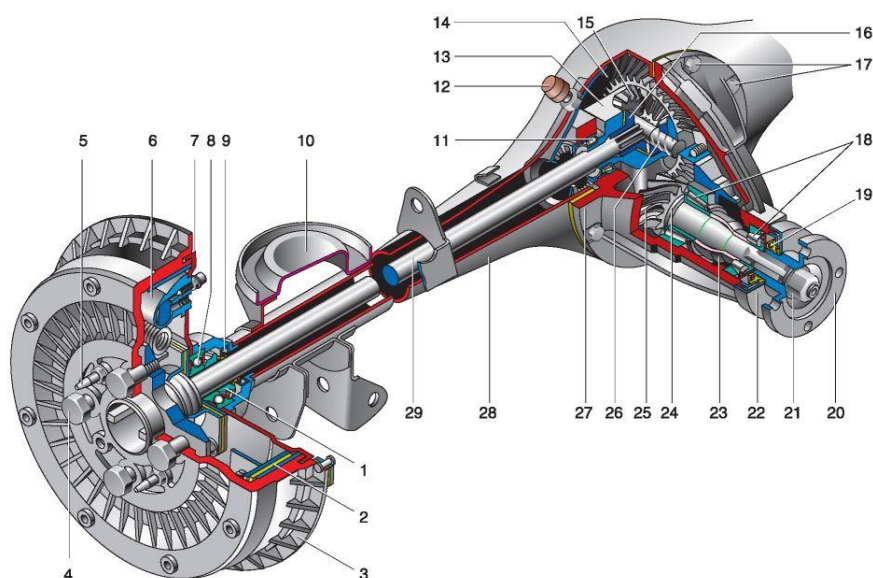
«Передний мост (рисунок 3) – ведущий, с постоянным приводом от раздаточной коробки, имеет гипоидную главную передачу и двухсателлитный дифференциал. Детали главной передачи дифференциала и подшипники переднего и заднего мостов унифицированы» [1].



«1 – передняя крышка; 2 – прокладка передней крышки; 3 – шпилька крепления переднего моста; 4 – картер; 5 – ведомая шестерня главной передачи; 6 – сателлит; 7 – шестерня полуоси; 8 – ось сателлитов; 9 – коробка дифференциала; 10 – сапун; 11 – регулировочное кольцо ведущей шестерни; 12 – передний подшипник ведущей шестерни; 13 – ведущая шестерня; 14 – задний подшипник ведущей шестерни; 15 – маслоотражатель; 16 – сальник ведущей шестерни; 17 – фланец ведущей шестерни; 18 – гайка крепления фланца; 19 – распорная втулка; 20 – прокладка нижней крышки картера; 21 – нижняя крышка картера; 22 – пробка заливного отверстия; 23 – подшипник коробки дифференциала; 24 – корпус левого внутреннего шарнира; 25 – установочное кольцо подшипника корпуса внутреннего шарнира; 26 – сальник корпуса внутреннего шарнира; 27 – стопорное кольцо; 28 – подшипник корпуса внутреннего шарнира; 29 – крышка подшипника корпуса внутреннего шарнира; 30 – регулировочная гайка подшипника коробки дифференциала; 31 – шпилька крепления крышки подшипника дифференциала; 32 – крышка подшипника коробки дифференциала; 33 – опорная шайба шестерни полуоси» [4]

Рисунок 3 – Передний мост

«Задний мост (рисунок 4) состоит из балки, редуктора с дифференциалом и двух полуосей. Главная передача – гипоидная, ее шестерни подобраны по шуму и контакту, поэтому заменять их можно только в сборе (маркировка пары – 2106). Ведущая шестерня главной передачи автомобиля ВАЗ-2121 выполнена заодно с валом (хвостовиком) и установлена в горловине редуктора на двух конических подшипниках. Наружные кольца подшипников запрессованы в гнезда горловины, а внутренние – надеты на хвостовик. Между внутренними кольцами установлена распорная втулка; при затягивании гайки хвостовика втулка деформируется, обеспечивая постоянный преднатяг подшипников» [2].



«1 – запорное кольцо подшипника; 2 – тормозная колодка; 3 – тормозной барабан; 4 – шпилька крепления колеса; 5 – колпак колеса; 6 – тормозной цилиндр; 7 – тормозной щит; 8 – подшипник полуоси; 9 – сальник полуоси; 10 – опорная чашка пружины; 11 – подшипник коробки дифференциала; 12 – сапун; 13 – коробка дифференциала; 14 – ведомая шестерня главной передачи; 15 – сателлит; 16 – полуосевая шестерня; 17 – болты крепления редуктора к балке заднего моста; 18 – подшипники ведущей шестерни; 19 – сальник ведущей шестерни; 20 – фланец; 21 – гайка ведущей шестерни; 22 – кольцо грязеотражательное; 23 – распорная втулка; 24 – регулировочное кольцо; 25 – ведущая шестерня; 26 – ось сателлитов; 27 – картер редуктора; 28 – балка заднего моста; 29 – полуось» [4]

Рисунок 4 – Задний мост

## **1.1 Способы усовершенствования трансмиссии для улучшения внедорожных качеств**

Существуют различные способы усовершенствования трансмиссии для улучшения внедорожных качеств автомобиля. Рассмотрим некоторые из них.

Изменение передаточных чисел трансмиссии.

«Для улучшения проходимости автомобиля, в трансмиссии автомобиля необходимо увеличить общее передаточное отношение, для увеличения касательной силы тяги на колесах.

Изменение передаточных чисел коробки передач автомобиля ВАЗ-2121 «Нива», с применением комплектующих, представленных на рынке, в сторону увеличения отношения, невозможно. Изменение передаточных чисел коробки передач, неминуемо повлечет за собой масштабное изменение ее конструкции, что делает такого рода модернизацию трудоемкой и вследствие дорогостоящей» [2].

«Изменение передаточных чисел раздаточной коробки передач возможно, с применением комплектующих, представленных на рынке. Существуют комплекты, позволяющие увеличить передаточное отношение низшей ступени раздаточной коробки до 2,94, 3,15 и 3,82, соответственно увеличить касательную силу тяги на колесах от 38 % до 67 %. Комплекты валов и шестерен не из одного из перечисленных, не устанавливаются без доработок раздаточной коробки. Причем, чем больше передаточное отношение низшей ступени коробки, тем масштабнее требуется доработка. Так же при применении данных комплектов, производитель не дает рекомендаций по применяемым с ними подшипникам. При увеличении передаточного отношения низшей ступени раздаточной коробки, возрастает нагрузка и на корпус коробки, который остается штатными, без изменений, чего производитель также не учитывает» [2].

Дифференциалы повышенного трения (также известные как ограниченные дифференциалы или limited slip differentials) являются

устройствами, которые используются в автомобилях для улучшения тяги и управляемости при движении на скользких или неровных поверхностях. Они позволяют передавать крутящий момент на колесо с большим сопротивлением качению, что улучшает сцепление с дорогой. Однако, как и любое другое устройство, дифференциалы повышенного трения имеют свои достоинства и недостатки.

Достоинства дифференциалов повышенного трения:

- улучшенное сцепление: дифференциалы повышенного трения обеспечивают лучшее сцепление с дорогой, особенно на скользких или неровных поверхностях, что позволяет автомобилю двигаться более уверенно и безопасно;
- улучшенная управляемость: улучшает управляемость автомобиля, так как он позволяет передавать крутящий момент на колесо с большим сопротивлением качению, что помогает автомобилю лучше реагировать на водительские команды и справляться с поворотами;
- улучшенная проходимость: дифференциалы повышенного трения улучшают проходимость автомобиля в сложных условиях, таких как грязь, снег или песок, что делает их идеальными для внедорожников и спортивных автомобилей;
- улучшенная тяга: позволяет автомобилю лучше разгоняться и ускоряться, так как он передает крутящий момент на колесо с большим сопротивлением качению, что улучшает тягу и снижает вероятность пробуксовки.

Недостатки дифференциалов повышенного трения.

Применение дифференциалов повышенного трения.

«В раздаточной коробке автомобиля ВАЗ-2121 «Нива» установлен межосевой дифференциал с возможностью его полной блокировки, рассмотрим применение дифференциалов повышенного трения для межколесной блокировки осей.

Дифференциал повышенного трения (рисунок 5) – это устройство, которое в автоматическом режиме обеспечивает блокировку дифференциала в нужное время. Это нечто среднее между полной блокировкой и свободным дифференциалом, так как с его помощью при необходимости реализуется как одно, так и другое» [8].

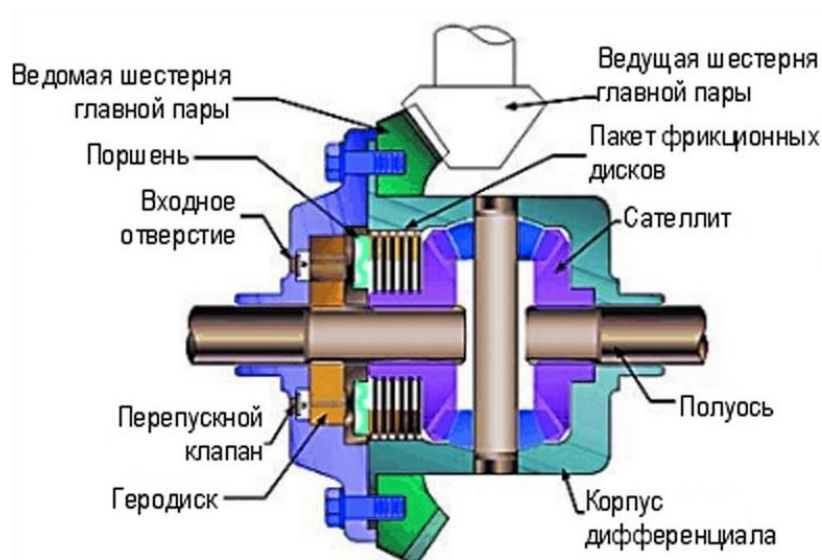


Рисунок 5 – Устройство дискового дифференциала повышенного трения

«Если автомобиль левой стороной будет находиться на асфальте, а правой – на льду, то межосевая блокировка тут не поможет. Крутящий момент распределится между мостами, но за счёт пробуксовки правой стороны (где требуется меньший крутящий момент для вращения), он полностью уйдёт в правую сторону, а автомобиль не сдвинется с места. Для разрешения такой ситуации используются межколёсные дифференциалы.

Межколёсный дифференциал – устройство, предназначено для распределения крутящего момента между левым и правым колесом одной оси. Межколесная блокировка предназначена для распределения крутящего момента между правым и левым колесом или наоборот. Она обеспечивает возможность одного колеса вращаться независимо от другого со своей скоростью в пределах только одного моста. Если, например, одно колесо теряет контакт с поверхностью, то такая блокировка не позволит ему



крутиться впустую, а распределит крутящий момент между обоими колёсами. Этот вид блокировки способен работать только с одной парой колёс. Вторая пара колёс будет работать стандартно. Но, если установить межколёсную блокировку на обе оси автомобиля, то зависимо от ситуации можно будет включать то одну, то другую» [21].

Достоинства и недостатки дифференциалов повышенного трения.

«В нормальных условиях движения дифференциалы повышенного трения работают как классический дифференциал, а при начале пробуксовки одного из колёс блокируются. В результате крутящий момент поступает на оба колеса, и автомобиль продолжает движение. Главный их недостаток - при вхождении в поворот «самоблок» стремится крутить ведущие колёса с одинаковой скоростью (к счастью, в данном случае блокировка дифференциала ограничена) и автомобиль норовит ехать прямо, несмотря на то, что водитель поворачивает руль. Существуют и свои плюсы. Такой дифференциал недорог и его легко установить. Он не требует от водителя дополнительных действий (кроме повышенного внимания при маневрировании). К тому же «самоблок» не может передать весь крутящий момент на одно колесо, что снижает вероятность поломки полуосей неопытным водителем» [4].

«Вследствие срабатывания межколёсного самоблокирующего дифференциала винтового или кулачкового типа в трансмиссии автомобиля появляются кратковременные пиковые нагрузки, способствующие повышенному износу деталей трансмиссии. При работе «самоблока» на передней оси автомобиля может дополнительно создаваться толчковое усилие на рулевое колесо, что требует особой внимательности водителя и кратковременно снижает характеристики управляемости автомобиля. Поэтому некоторые конструкции самоблокирующихся дифференциалов содержат муфту предварительного натяга, которая обеспечивает плавное срабатывание блокировки, демпфируя нагрузки, приходящиеся на трансмиссию автомобиля. В случае установки такого «самоблока» на

переднюю ось исключается рывок рулевого колеса, что напрямую связано с безопасностью движения» [21].

#### Применение колесных редукторов.

«Существует возможность установки на автомобиль колесных редукторов. Для того чтобы просвет не сокращался, а крутящий момент был как можно выше, одно зубчатое зацепление в главной передаче заменяют двумя, сознательно идя на некоторое снижение КПД трансмиссии. В этом случае передаточное число главной передачи состоит из произведения передаточных чисел двух зубчатых передач. Одна из них, не изменившая габариты и передаточное отношение, находится там же, где и всегда, рядом с коробкой дифференциала. Другая же зубчатая передача (колёсный редуктор) перенеслась на концы балок мостов. Колёсные редукторы монтируются внутри колёсного диска и своей ведомой частью непосредственно соединяются со ступицей. По расположению валов различают несоосные редукторы с цилиндрическими шестернями наружного или внутреннего зацепления, соосные редукторы с неподвижным корпусом, соосные планетарные редукторы и редукторы комбинированной конструкции. Несосоосные редукторы позволяют повысить дорожный просвет не только за счёт уменьшения размеров главной передачи, но и дополнительного поднятия её самой над дорогой. Отрицательная сторона наружного зацепления заключается в том, что при независимой подвеске расположение колёсного редуктора вызывает некоторые затруднения в размещении шарниров и рычагов подвески» [17].

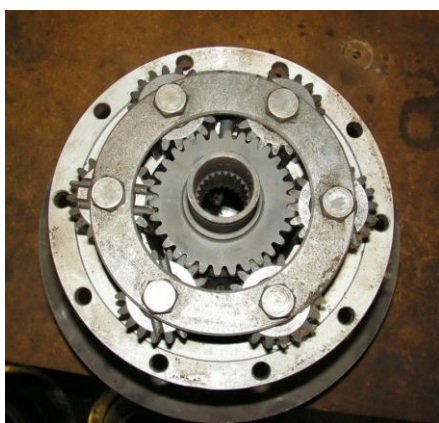
Варианты исполнения колесных редукторов представлены на рисунке 6.



а) с шестернями наружного зацепления



б) с шестернями внутреннего зацепления



в) с планетарной передачей



г) с цепным приводом

Рисунок 6 – Колесные редукторы

«Необходимо отметить и увеличение массы. Причём как всей трансмиссии, так и, что особенно важно, неподдресоренных её частей. Однако, при взгляде на схему понятно, что именно наружное зацепление обеспечивает наибольшее увеличение дорожного просвета с помощью редукторов. Примером подобной конструкции может служить колёсный редуктор вездеходов ЛуАЗ. На хорошо известном автомобиле УАЗ-469 применён цилиндрический редуктор с внутренним зацеплением, который обеспечивает большее передаточное число, но относительно малое увеличение дорожного просвета. Редукторы с наружным зацеплением могут быть вальными и осевыми. У осевых редукторов ведомая шестерня опирается на жёстко соединённую с корпусом консольную ось, а ступица колеса соединена с шестерней. У вальных редукторов ведомая шестерня

расположена на валу, вращающемся в установленных в корпусе подшипниках. Ступица соединена с валом. Осевые редукторы позволяют легко регулировать механизм тормоза в процессе эксплуатации, он доступен для осмотра и хорошо охлаждается. Но у механизмов этого типа возникают большие напряжения в консольной оси, что нередко приводит к его деформации. Отсюда и нарушение зацепления шестерён, и выход из строя уплотнения фланца ведомой шестерни. Отсутствие консоли, воспринимающей вертикальные нагрузки, является главным преимуществом вальных редукторов; недостатком же считается отсутствие доступа к тормозному механизму.

Колёсные редукторы устанавливаются на очень немногие внедорожники, так как их специфика подразумевает преимущественную эксплуатацию на «бездорожье» [11].

## **1.2 Обоснование принятой конструкции**

«Недостатки существующих вариантов увеличения передаточных чисел трансмиссии:

- разработка новой коробки переключения передач, ввиду невозможности замены ее элементов, уже представленными на рынке, делает данный вид усовершенствования очень трудоемким и следовательно экономически не выгодным для владельца автомобиля;
- замена шестерен и валов раздаточной коробки позволяет значительно увеличить передаточное отношение низшей ступени, но при этом возникает вопрос по надежности данной конструкции, а так как раздаточные коробки и без этого не славятся высокой надежностью, этот вариант усовершенствования нежелателен;
- замена шестерен главных пар переднего и заднего мостов, дает значительное увеличение передаточного отношения, лишь в случае использования шестерен из набора, не применявшегося на заводе

изготовителе. Такие комплекты шестерен имеют большую стоимость по сравнению со стандартными (в 2,5-4 раза), что в дополнении со сложностью ее установки и настройки делает данный тип усовершенствования не самым удачным;

- установка колесных редукторов, в зависимости от их типов, увеличивает неподрессоренную массу подвески автомобиля, что сказывается на ее работе и влияет на управляемость автомобилем.

Таким образом, можно прийти к выводу, что установка на автомобиль NIVA LEGEND колесных редукторов является самым выгодным по соотношению стоимости усовершенствования и его эффективности. Установка колесных редукторов, в зависимости от их типов, позволяет увеличить передаточное отношение трансмиссии больше, чем при всех вышеперечисленных методах усовершенствования. При установке колесных редукторов увеличивается дорожный просвет автомобиля и становится шире его колея, что способствует улучшению внедорожных качеств автомобиля» [9].

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены способы усовершенствования трансмиссии для улучшения внедорожных качеств и выполнено обоснование принятой для разработки конструкции.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

### 2.1 Техническая характеристика автомобиля NIVA LEGEND

«Исходные данные для тягового расчета можно получить из технической литературы, каталогов и прочих источников.

- тип кузова ..... универсал;
- количество дверей ..... 3;
- количество мест ..... 5;
- габаритные размеры:
  - длина, мм ..... 3740;
  - ширина, мм ..... 1680;
  - высота, мм ..... 1640;
  - база, мм ..... 2200;
  - колея передних/задних колес, мм ..... 1440/1420.
- масса в снаряженном состоянии, кг ..... 1285;
- полная масса ..... 1610;
- колесная формула/ведущие колеса ..... 4x4;
- тип двигателя .....  
..... бензиновый, четырехтактный с распределенным впрыском;
- количество и расположение цилиндров ..... рядный, 4 цилиндровый;
- рабочий объем двигателя, куб.см ..... 1690;
- максимальная мощность, кВт/об.мин ..... 61/5000;
- максимальный крутящий момент Н·м/об.мин ..... 129/4000;
- удельный расход топлива, г/кВт·ч ..... 300;
- коробка передач ..... механическая» [4].

«Передаточные числа в КПП:

- I передача – 3,67;
- II передача – 2,1;
- III передача – 1,36;

- IV передача – 1;
- V передача – 0,82;
- задний ход – 3,53.

Передаточное число главной передачи – 3,9.

Передаточные числа раздаточной коробки:

- прямой передачи – 1,2;
- понижающей передачи – 2,135.
- шины ..... 235/75 R16, BF Goodrich Mud Terrain T/A KM2;
- колесные диски ..... 6,5×16 ET90;
- емкость топливного бака л .....42» [4].

## 2.2 Тяговый расчет

«Выполним расчет потребной мощности двигателя:

$$N_r = \frac{P_k \cdot V_{\max} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{тр}}}, \quad (1)$$

где  $P_k$  – касательная сила тяги на движетеле, необходимая для преодоления суммарной силы сопротивления движению, Н;

$V_{\max}$  – максимальная скорость движения АТС, м/с;

$\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии, 0,84» [19].

«Величина касательной силы тяги определяется из уравнения тягового баланса:

$$P_k = (P_a + Q) \cdot (f \cos \alpha + \sin \alpha) + KFV^2, \quad (2)$$

где  $P_a$  – собственный вес автомобиля, Н;

$Q$  – вес пассажиров и груза, Н

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$\varphi$  – коэффициент сцепления с поверхностью;

$\alpha$  – угол уклона дороги, град;

$K$  – коэффициент обтекаемости АТС;

$F$  – площадь лобовой поверхности автомобиля» [19].

Потребную мощность двигателя рассчитываем для двух вариантов движения:

1) Ровный участок грунтовой сырой дороги со средней скоростью:

$$f = 0,1, \varphi = 0,4,$$

$$P_a = 1285 \cdot 9,8 = 12593 \text{ Н},$$

$$Q = 75 \cdot 9,8 = 735 \text{ Н},$$

$$F = 2,2 \text{ м}^2, K = 0,536, \alpha = 0^\circ.$$

Выбираем среднюю скорость движения равную 40 км/ч или 11,1 м/с.

$$P_k = (12593 + 735) \cdot (0,1 \cdot \cos 0^\circ + \sin 0^\circ) + 0,536 \cdot 2,2 \cdot 11,1^2 = 1478,1 \text{ Н},$$

$$N_B = \frac{1478,1 \cdot 11,1 \cdot 10^{-3}}{0,84} = 19,5 \text{ кВт} = 26,1 \text{ л.с.}$$

«Рассчитанную касательную тягу проверяют на отсутствие скольжения по условиям сцепления движителя с грунтом:

$$P_\varphi > P_k. \quad (3)$$

Сила сцепления движителя с грунтом определяется по формуле:

$$P_\varphi = \varphi \cdot G_a, \quad (4)$$

где  $P_\varphi$  – сила сцепления движителя с грунтом;



$G_a$  – общий вес автомобиля с пассажирами» [19].

$$P_\varphi = 0,4 \cdot 13328 = 5331,2 \text{ Н.}$$

Условие  $P_\varphi > P_k$  выполняется, мощность двигателя на данном покрытии реализуется.

2) Участок сухой грунтовой дороги с уклоном 30% с минимальной скоростью и максимальной нагрузкой.

$$f = 0,08, \varphi = 0,6,$$

$$P_a = 1285 \cdot 9,8 = 12593 \text{ Н,}$$

$$Q = 325 \cdot 9,8 = 3185 \text{ Н,}$$

$$F = 2,2 \text{ м}^2, K = 0,536, \alpha = 30^\circ.$$

Выбираем минимальную скорость движения равную 10 км/ч или 2,78 м/с.

$$P_k = (12593 + 3185) \cdot (0,08 \cdot \cos 30^\circ + \sin 30^\circ) + 0,536 \cdot 2,2 \cdot 2,78^2 = 8991,2 \text{ Н.}$$

$$N_B = \frac{8991,2 \cdot 2,78 \cdot 10^{-3}}{0,84} = 29,76 \text{ кВт} = 39,9 \text{ л.с.}$$

$$P_\varphi = 0,6 \cdot 15778 = 9466 \text{ Н.}$$

Условие  $P_\varphi > P_k$  выполняется, мощность двигателя на данном покрытии реализуется.

Произведем расчет на опрокидывание (рисунок 7).

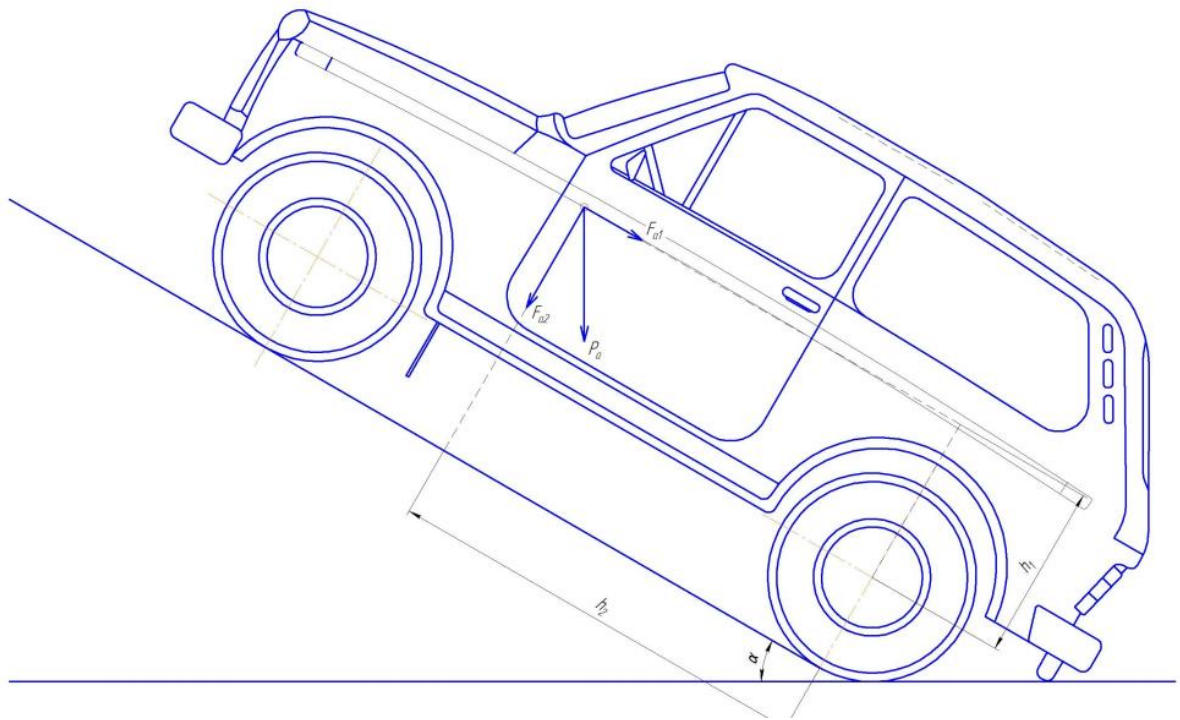


Рисунок 7 – Силы при опрокидывании

$$\alpha = 30^\circ, h_1 = 1,014 \text{ м}, h_2 = 1,43 \text{ м},$$

$$F_{a1} = P_a \cdot \cos 60^\circ, \quad (5)$$

$$F_{a1} = 12593 \cdot \cos 60^\circ = 7889 \text{ Н},$$

$$F_{a2} = 12593 \cdot \cos 30^\circ = 13664 \text{ Н},$$

$$M_{Fa1} = F_{a1} \cdot h_1, \quad (6)$$

$$M_{Fa1} = 7889 \cdot 1,014 = 8000 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{Fa2} = 13664 \cdot 1,43 = 19540 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При условии  $M_{Fa2} > M_{Fa1}$  опрокидывание не происходит.

Выбираем штатный двигатель ВАЗ-2121 со следующими характеристиками:

$$N_{eN} = 61 \text{ кВт} = 83 \text{ л.с.},$$

$$m_{eN} = 5000 \text{ об/мин.},$$

$$g_{eN} = 300 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

Выполним расчет и построение внешней скоростной характеристики:

«Мощность развиваемая ДВС:

$$N_e = N_{eN} \cdot \left( \frac{n_e}{n_{eN}} + \frac{n_e^2}{n_{eN}^2} - \frac{n_e^3}{n_{eN}^3} \right). \quad (7)$$

Удельный расход топлива:

$$g_e = g_{eN} \cdot \left( 1,2 - 1,2 \cdot \frac{n_e}{n_{eN}} + \frac{n_e^2}{n_{eN}^2} \right). \quad (8)$$

Часовой расход топлива:

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}. \quad (9)$$

Крутящий момент на коленчатом вале ДВС:

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n_e}. \quad (10)$$

Выполняем расчет в MS Excel и по результатам строим внешнюю скоростную характеристику (рисунок 8)»[19].

Определим передаточные числа элементов трансмиссии:

«Передаточное число трансмиссии на 1 передаче определяется из условия движения в самых трудных дорожных условиях:

$$i_D^H = \frac{P_{K \max} \cdot r_D}{M_{eN} \cdot \eta_{mp}}, \quad (10)$$

где  $P_{K \max}$  – наибольшее значение касательной силы тяги, Н;

$r_D$  – динамический радиус колеса с учетом деформации шины, м.

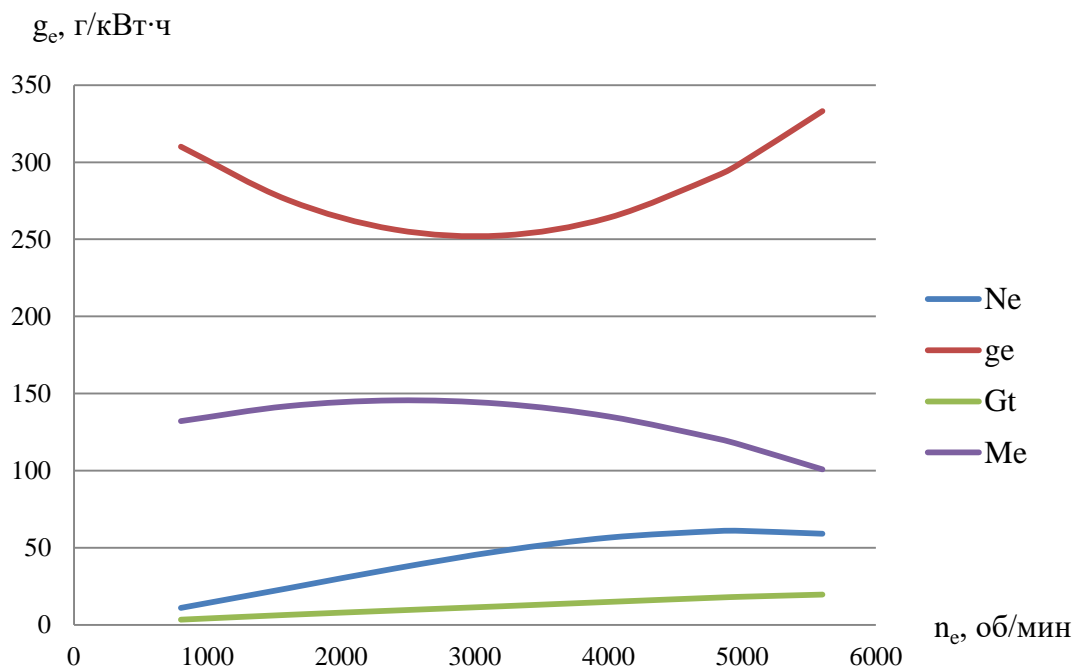


Рисунок 8 – График внешней скоростной характеристики

$$r_d = r_{ст} \cdot \Delta, \quad (11)$$

где  $r_{ст}$  – статический радиус шины, м;

$\Delta$  – коэффициент деформации шины» [19].

$$r_{ст} = \frac{2H + d}{2}. \quad (12)$$

Выбираем размерность шин 235/75 R16.

$$r_{ст} = \frac{2 \cdot 176,3 + 406,4}{2} = 0,379 \text{ м.}$$

$$r_d = 0,379 \cdot 0,96 = 0,364 \text{ м.}$$

$$i_d^H = \frac{8991,2 \cdot 0,364}{116,5 \cdot 0,84} = 33,4.$$

«Передаточное соотношение стандартной трансмиссии на первой передаче с активированной понижающей передачей РКПП составляет 30,56. Чтобы улучшить тяговые качества, предположим передаточное соотношение

бортовых редукторов равным 1,5. Затем выполним расчёт и построение тяговой характеристики автомобиля [5].

«Скорость движения АТС на всех передачах (в соответствии с принятой частотой вращения коленчатого вала) определяется по формуле:

$$V_a = 0,104 \cdot r_D \cdot \frac{n_e}{i_n}. \quad (13)$$

Значение свободной силы тяги АТС на всех передачах вычисляется по формуле:

$$P_a = P_k - P_B, \quad (14)$$

где  $P_k$  – касательная сила тяги АТС,

$P_B$  – сила сопротивления воздушной среды» [19].

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_{mp} \cdot i_n}{r_D}. \quad (15)$$

$$P_B = K \cdot F \cdot V_a^2. \quad (16)$$

Выполняем расчет в MS Excel и по результатам строим динамическую характеристику автомобиля.

Произведем расчет динамического фактора.

$$D = \frac{P_k - P_B}{G_a}. \quad (15)$$

Выполняем построение динамической характеристики (рисунок 9) и тяговой характеристики (рисунок 10).

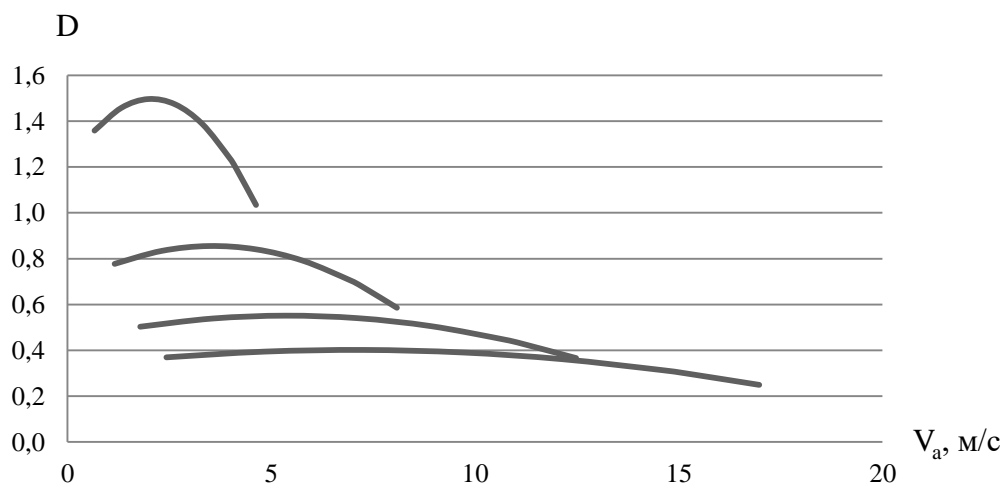


Рисунок 9 – Динамическая характеристика

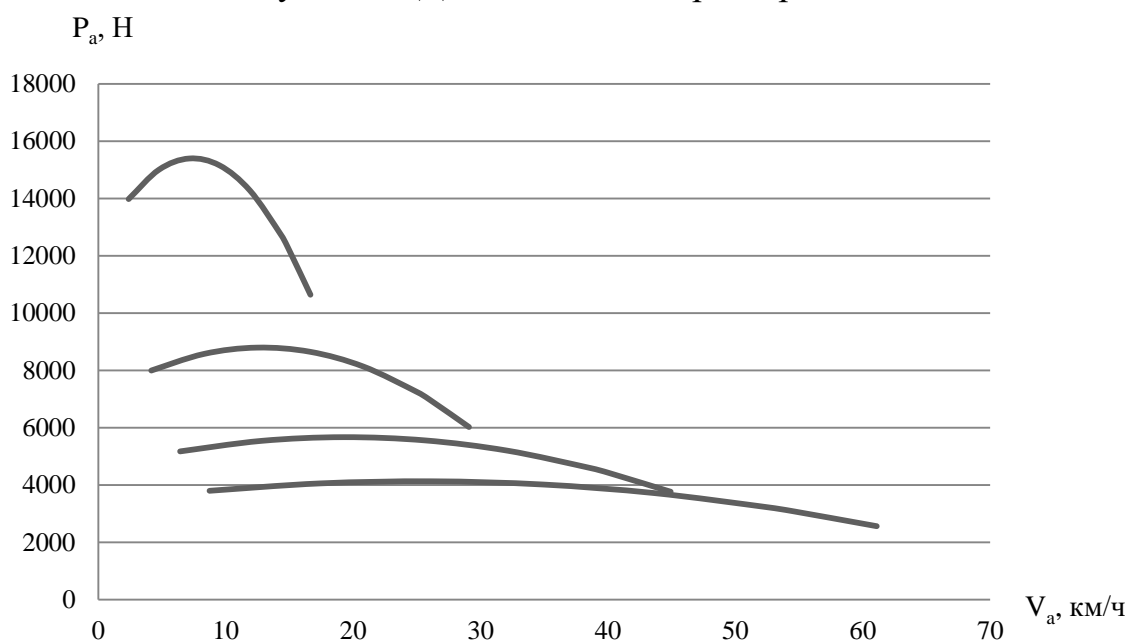


Рисунок 10 – Тяговая характеристика

Выполним построение характеристики разгона.

«Ускорение АТС на всех передачах для принятых ранее частот вращения коленчатого вала и рассчитанных значений скорости вычисляют по формуле:

$$j = \frac{D - f}{\delta_{ep}} \cdot g, \quad (16)$$

где  $f$  – коэффициент трения качения,  $f = 0,05$ ;

$\delta_{ep}$  – коэффициент учета вращающихся масс АТС, рассчитываемый по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + 0,04 \cdot (1 + i_n), \quad (17)$$

где  $i_n$  – передаточное число выбранной передачи» [19].

Выполняем расчет в MS Excel и по результатам строим характеристики ускорений АТС.

На рисунке 11 представлена характеристика ускорений.

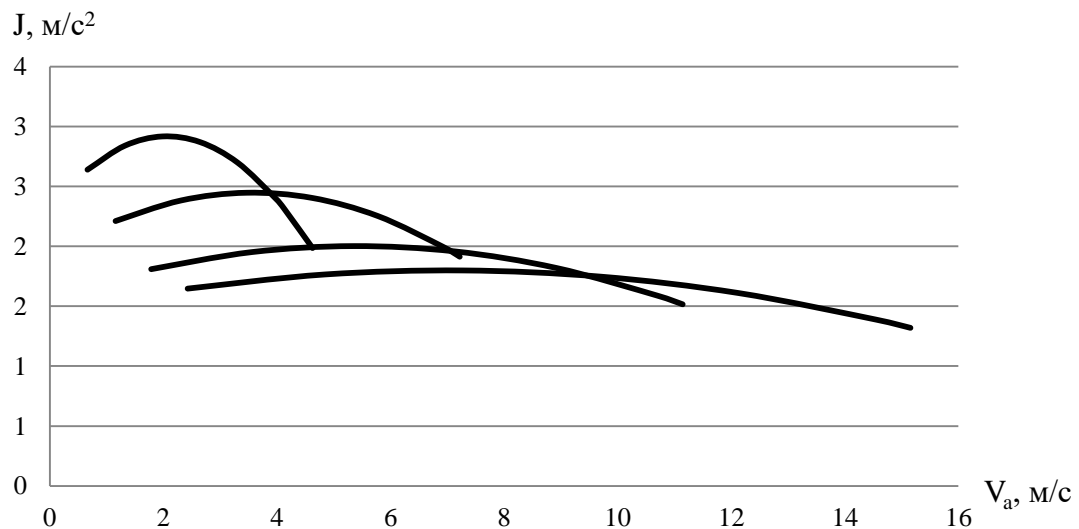


Рисунок 11 – Характеристика ускорений

Выполним построение топливно-экономической характеристики.

Рассчитываем топливно-экономическую характеристику на высшей передаче на дорогах с двумя коэффициентами дорожных условий.

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_e \cdot 100}{10^3 \cdot \gamma \cdot V_a \cdot 3,6}, \quad (17)$$

$$N_e = \frac{[f \cdot (P_a + Q) + P_B] \cdot V_a}{10^3 \cdot \eta_{mp}}. \quad (18)$$

Кривую расхода для максимальной скорости АТС построим, руководствуясь выражением:

$$Q_s = \frac{100 \cdot G_T}{\gamma \cdot V_a} \quad (19)$$

Выполняем расчет в MS Excel и по результатам строим график топливной экономичности АТС.

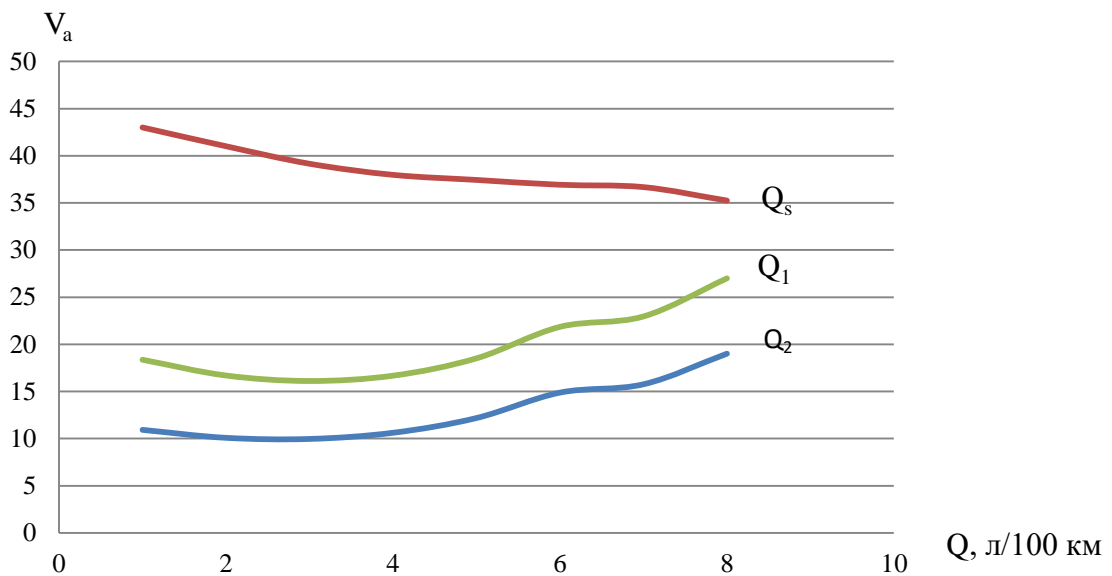


Рисунок 12 – Графики топливно-экономической характеристики АТС в зависимости от скорости

Выполним построение характеристик торможения.

«Тормозной путь при торможении рабочей тормозной системой с начальной скорости до полной остановки АТС на сухой горизонтальной грунтовой дороге определяется по формуле:

$$S_T = k_s \cdot \frac{V_a^2}{\varphi \cdot g} \quad (20)$$

где \$k\_s\$ – коэффициент, учитывающий степень использования полной теоретически возможной эффективности действия тормозной системы, для легковых автомобилей 1,3» [19].



«Время остановки:

$$t_0 = t_p + t_{np} + \frac{t_y}{2} + k_\varphi \cdot \frac{V_a}{35 \cdot \varphi}, \quad (21)$$

где  $t_p$  – время реакции водителя, 0,8;

$t_{np}$  – время срабатывания тормозного привода, 0,3 с;

$t_y$  – время увеличения замедления, 5 с» [19].

Замедление АТС при коэффициенте учета вращающихся масс равном единице.

$$j_3 = \varphi \cdot g, \quad (22)$$

$$j_3 = 0,6 \cdot 9,8 = 5,88 \text{ м/с}^2.$$

Выполняем расчет в MS Excel и по результатам строим характеристики торможения автомобиля.

На рисунках 13, 14 представлены динамическая и тяговая характеристики.

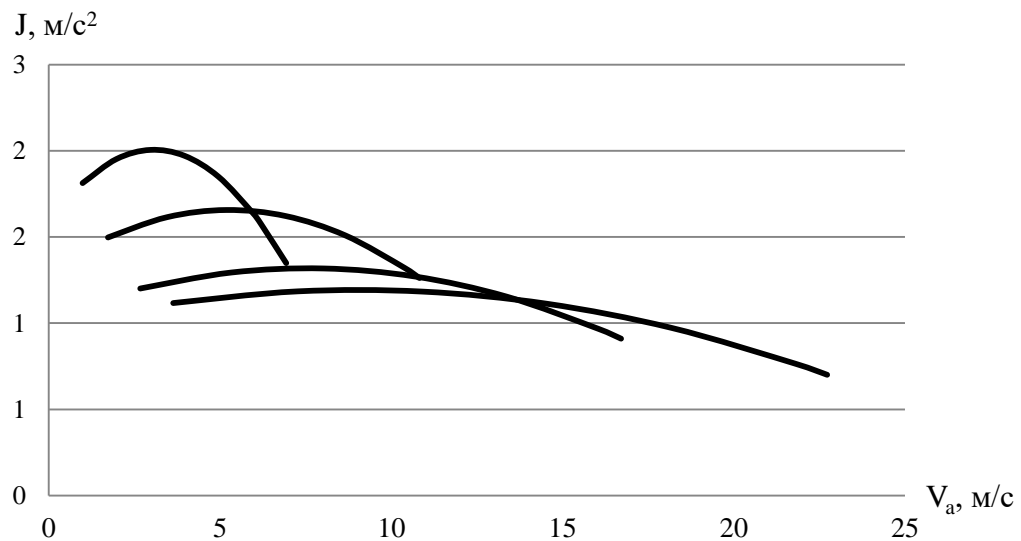


Рисунок 13 – Динамическая характеристика

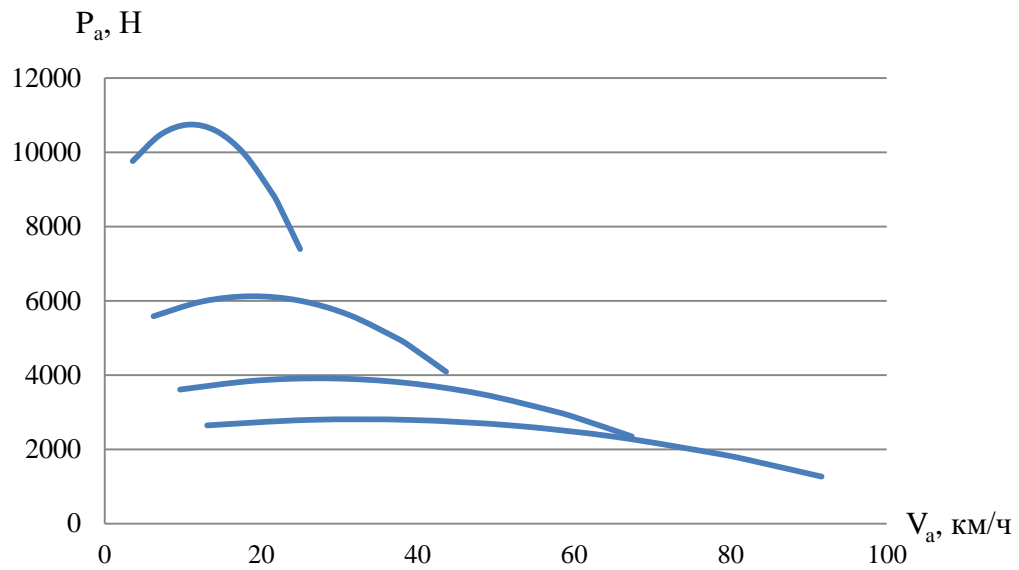


Рисунок 14 – Тяговая характеристика

Выполним построение экономической характеристики базового автомобиля.

Расчет экономической характеристики базового АТС, произведен аналогично расчету для проектируемого АТС.

На рисунке 15 представлена топливно-экономическая характеристика АТС в зависимости от скорости.

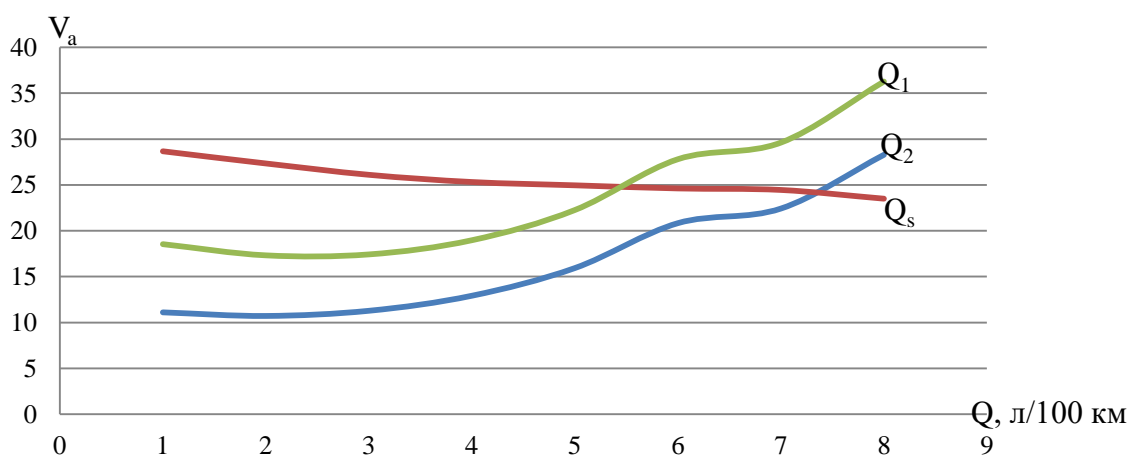


Рисунок 15 – Графики топливно-экономической характеристики автомобиля в зависимости от скорости

Проходимостью или вездеходностью автомобиля называется его способность передвигаться по различным дорожным покрытиям и пересеченной местности, преодолевать препятствия и неровности, сохраняя при этом управляемость, стабильность и безопасность движения. Вездеходность зависит от конструктивных особенностей автомобиля, таких как клиренс, система полного привода, наличие блокировок дифференциалов, а также от характеристик шин и амортизаторов.

На рисунке 16 представлены геометрические параметры базового и проектируемого автомобиля.

«По сравнению с базовым автомобилем, проектируемая модель, имеет большие радиусы и углы геометрической проходимости, за исключением радиуса между колес одной оси. Даже с учетом этого недостатка, геометрическая проходимость проектируемого автомобиля по остальным параметрам лучше, чем у базового автомобиля» [7].

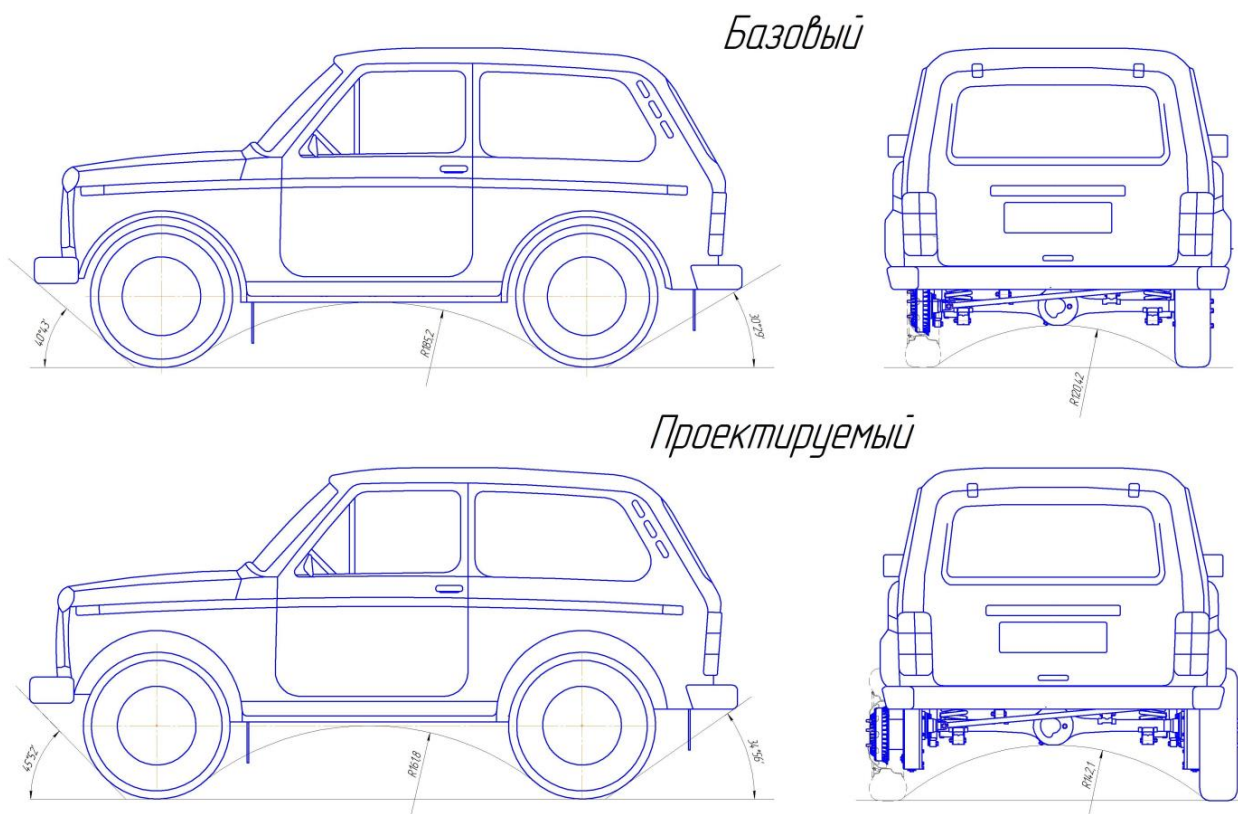


Рисунок 16 – Геометрические параметры проходимости

«Для возможности равномерного движения автомобиля, в случае отсутствия боковых сил, необходимо чтобы  $P_f \leq P_{k \max} \leq P_\varphi$ .

Рассмотрим пример, для движения автомобиля с максимальной допустимой загрузкой по мягкому грунту в уклон  $12^\circ$  с погружением колес в грунт на 50 мм, со скоростью 30 км/ч» [5].

«Для базового автомобиля:

$$\begin{aligned} P_k &= 5713,26 \text{ Н}, \\ P_\varphi &= 15778 \cdot 0,45 = 7100 \text{ Н}, \\ P_f &= \left( 0,9 \cdot \sqrt{\frac{h}{D}} \right) \cdot G_a + (G_a \cdot \sin \alpha), \end{aligned} \quad (23)$$

где  $h$  – глубина погружения колес в грунт, мм;

$D$  – диаметр колеса» [19].

$$P_f = \left( 0,9 \cdot \sqrt{\frac{50}{684}} \right) \cdot 15778 + (15778 \cdot \sin 12^\circ) = 7119,7 \text{ Н}.$$

Условие движения не выполняется.

Для проектируемого автомобиля:

$$\begin{aligned} P_k &= 8180,35 \text{ Н}, \\ P_\varphi &= 15778 \cdot 0,52 = 8204,56 \text{ Н}, \\ P_f &= \left( 0,9 \cdot \sqrt{\frac{50}{759}} \right) \cdot 15778 + (15778 \cdot \sin 12^\circ) = 6927 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Условие движения выполняется.

Выводы по разделу.

После проведения тягово-динамического расчета автомобиля NIVA LEGEND, можно сделать следующие выводы:

- уровень мощности двигателя позволяет обеспечить достаточную тягу для комфортного движения по различным дорожным условиям, включая бездорожье и подъемы;
- ускорение автомобиля соответствует требованиям для данного класса автомобилей, что обеспечивает хорошую динамику при обгоне и разгоне с места;
- трансмиссия автомобиля, включая коробку передач и раздаточную коробку, обеспечивает оптимальное распределение крутящего момента на колеса, что улучшает проходимость и управляемость автомобиля;
- благодаря системе полного привода, автомобиль NIVA LEGEND обладает высокой проходимостью и способен справляться с различными дорожными условиями, включая бездорожье и снег;
- подвеска автомобиля обеспечивает комфортное движение по различным дорожным покрытиям, а также способствует улучшению управляемости и стабильности автомобиля.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Расчет зубчатых зацеплений для переднего колесного редуктора

Выберем материалы для зубчатых колес и методы термообработки. Стальные зубчатые колеса наиболее часто используются в редукторах. Механические свойства сталей, применяемых для производства зубчатых колес, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические характеристики сталей

Деталь	Характеристика
«Колесо $Z_2$	Сталь 15ХГН2ТА цементация HB <sub>1</sub> =269 HRC <sub>1</sub> =58...64, HRC <sub>1cp</sub> =61 $\sigma_{T1}$ =735 МПа $\sigma_{b1}$ =930 МПа
Шестерня $Z_1$	Сталь 15ХГН2ТА цементация HB <sub>1</sub> =269 HRC <sub>2</sub> =58...64, HRC <sub>2cp</sub> =61 $\sigma_{T2}$ = 735 МПа $\sigma_{b2}$ =930 МПа» [3]

Задаем общее передаточное число привода:  $i_{ред} = 1,5$ .

Определим мощность на ведущем валу колесного редуктора:

$$N_1 = N_e \cdot \eta_{мп}, \quad (24)$$

$$N_1 = 61 \cdot 0,88 = 53,68 \text{ кВт.}$$

«Определим мощность на ведомом валу колесного редуктора:

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{ред}, \quad (25)$$

где  $\eta_{ред}$  – КПД колесного редуктора» [9].

$$N_1 = 53,68 \cdot 0,95 = 50,996 \text{ кВт.}$$

Определим частоту вращения ведущего вала:

$$n_1 = \frac{n_{Ne}}{i_{1КПП}} \cdot i_{н.ркпп} \cdot i_{ГП}, \quad (26)$$

$$n_1 = \frac{5000}{3,67} \cdot 2,135 \cdot 3,9 = 163,62 \text{ об/мин.}$$

Определим частоту вращения ведомого вала:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{ред}}, \quad (27)$$

$$n_2 = \frac{163,62}{1,5} = 109,08 \text{ об/мин.}$$

Определим момент на ведущем валу редуктора.

«Моменты рассчитываются при условии нахождения всех колес АТС на поверхности дорожного покрытия.

$$M_1 = \frac{M_{N \max} \cdot i_{1.кпп} \cdot i_{н.кпп} \cdot i_{эн} \cdot \eta_{мп}}{4}, \quad (28)$$

где  $i_{1.кпп}$  – передаточное отношение КПП на 1 передаче;

$i_{н.кпп}$  – передаточное отношение РКПП на понижающей передаче;

$i_{эн}$  – передаточное отношение главной пары» [5].

$$M_1 = \frac{116,5 \cdot 3,67 \cdot 2,135 \cdot 3,9 \cdot 0,88}{4} = 783,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определим момент на ведомом валу редуктора:

$$M_2 = M_1 \cdot \eta_{ред} \cdot i_{ред}, \quad (28)$$

$$M_2 = 783,2 \cdot 0,95 \cdot 1,5 = 1116,06 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Результаты расчётов заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчётов

Вал	Мощность $P$ , кВт	Частота вращения $n$ , об/мин	Крутящий момент $M$ , Нм
1	53,68	163,62	783,2
2	50,996	109,08	1116,06

Выполним расчет допустимых контактных напряжений.

«Допустимые контактные напряжения определяются по формуле:

$$\delta_{HP} = \frac{\delta_{Hlim} \cdot K_{HL}}{S_{H1}}, \quad (29)$$

где  $S_{H1}$  – коэффициент безопасности» [5].

«Предел контактной выносливости и коэффициент безопасности зависят от способа термической или химико-термической обработки и твердости поверхностей зуба.

Для расчета контактных напряжений при способе термической обработки – цементация:  $\delta_{Hlim} = 23HRC$ ,  $S_{H1} = 1,2$ ,  $K_{HL} = 1,8$ » [3].

«Коэффициент долговечности:

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}, \quad (30)$$

где  $N_{HO}$  – базовое число циклов при действии контактных напряжений;

$N_{HE}$  – эквивалентное число циклов напряжений» [5].

Выбор характеристик типа нагружения.

«Для автомобилей повышенной проходимости – средний равновероятный  $\mu_h = 0,25$ .

Для зубчатых колес с термической обработкой цементация:  $\mu_F = 0,1$ » [3].



Должно выполняться условие:

$$K_{HL} \leq K_{HL\max},$$

$$N_{H0} = 30HB^{2,4} \leq 120 \text{ МПа},$$

$$N_{H01} = 30 \cdot 269^{2,4} = 20,35 \text{ МПа},$$

$$N_{H02} = 30 \cdot 269^{2,4} = 20,35 \text{ МПа},$$

$$N_{H02} = N_{H01},$$

$N_{H01} < 120 \text{ МПа}$ , условие выполняется.

«Эквивалентное число циклов напряжений определяется по формуле:

$$N_{HR} = \mu_h \cdot N_{\Sigma}, \quad (31)$$

где  $\mu_h$  – коэффициент эквивалентности, определяемый в зависимости от типового режима нагружения;

$N_{\Sigma}$  – суммарное число циклов нагружения передачи за весь срок службы.

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n \cdot c \cdot t_h, \quad (32)$$

где  $n$  – частота вращения колеса, об/мин.;

$c$  – число зацеплений за один оборот колеса;

$t_h$  – суммарное время работы передачи в часах.

$$t_h = 365 \cdot L \cdot 24 \cdot K_G \cdot K_C \cdot ПВ, \quad (32)$$

где  $L$  – срок службы передачи в годах,  $L = 3$  года.

$K_G$  – коэффициент использования передачи в течении года, принимаем равным 0,3;

$K_C$  – коэффициент использования передачи в течении суток, принимаем равным 0,3;

$PВ$  – относительная продолжительность включения» [14].

$$t_h = 365 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot 0,2 = 473,04 \text{ ч},$$

$$N_{\Sigma 1} = 60 \cdot 163,62 \cdot 1 \cdot 473,04 = 4,64 \cdot 10^6,$$

$$N_{\Sigma 2} = 60 \cdot 109,08 \cdot 1 \cdot 473,04 = 3,1 \cdot 10^6,$$

$$N_{HE1} = 0,25 \cdot 4,64 \cdot 10^6 = 1,16 \cdot 10^6,$$

$$N_{HE2} = 0,25 \cdot 3,1 \cdot 10^6 = 7,75 \cdot 10^6,$$

$$K_{HL1} = \sqrt[6]{\frac{20,35 \cdot 10^6}{1,16 \cdot 10^6}} = 1,48,$$

$$K_{HL2} = \sqrt[6]{\frac{20,35 \cdot 10^6}{1,29 \cdot 10^6}} = 1,58.$$

Определим допускаемые контактные напряжения для шестерни и колеса:

$$\delta_{H \text{ lim1}} = 23 \cdot 61 = 1403 \text{ МПа},$$

$$\delta_{H \text{ lim2}} = 23 \cdot 61 = 1403 \text{ МПа},$$

$$\delta_{HP1} = \frac{1403 \cdot 1,48}{1,2} = 1730,4 \text{ МПа},$$

$$\delta_{HP2} = \frac{1403 \cdot 1,58}{1,2} = 1852 \text{ МПа}.$$

Допускаемые контактные напряжения для прямозубой передачи:

$$\delta_{HP} = \delta_{HP \text{ min}} = 1730,4 \text{ МПа}.$$

Выполним расчет допускаемых напряжений изгиба по формуле:

$$\delta_{FP} = \frac{\delta_{F \text{ lim}} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC}}{S_F}. \quad (32)$$

Пределы изгибной выносливости зубьев:

$$\delta_{F \text{ lim1}} = 800 \text{ МПа},$$

$$\delta_{F \text{ lim2}} = 800 \text{ МПа}.$$

Коэффициенты безопасности при изгибе:

$$S_{F1} = 1,65,$$

$$S_{F2} = 1,65.$$

Коэффициенты, учитывающие влияние двусторонней приложения нагрузки, для реверсивного привода:

$$K_{FC1} = 0,75,$$

$$K_{FC2} = 0,75.$$

«Коэффициенты долговечности:

$$K_{FL} = \sqrt[q]{\frac{N_{F0}}{N_{FE}}} \geq 1,$$

где  $q$  – показатель степени кривой усталости,  $q = 9$ ;

$N_{F0}$  – базовое число циклов при изгибе,  $N_{F0} = 4 \cdot 10^6$ » [13].

Эквивалентное число циклов при изгибе:

$$N_{FE} = \mu_F \cdot N_{\Sigma}, \quad (33)$$

$$N_{FE1} = 0,1 \cdot 4,64 \cdot 10^6 = 4,64 \cdot 10^5,$$

$$N_{FE2} = 0,1 \cdot 3,1 \cdot 10^6 = 3,1 \cdot 10^5,$$

$$K_{FL1} = \sqrt[9]{\frac{4 \cdot 10^6}{4,64 \cdot 10^5}} = 1,27,$$

$$K_{FL2} = \sqrt[9]{\frac{4 \cdot 10^6}{3,1 \cdot 10^5}} = 1,32.$$

Допускаемые напряжения изгиба для шестерни и колеса:

$$\delta_{FP1} = \frac{800 \cdot 1,27 \cdot 0,75}{1,65} = 461 \text{ МПа},$$

$$\delta_{FP2} = \frac{800 \cdot 1,32 \cdot 0,75}{1,65} = 531,6 \text{ МПа}.$$

«Межосевое расстояние определяется по формуле:

$$a_w = K_a \cdot (i_{ред} - 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot M_1}{\psi_{ba} \cdot i_{ред} \cdot \delta_{HP}^2}}, \quad (34)$$

где  $K_a$  – для прямозубых передач 450;

$\psi_{ba}$  – коэффициент ширины зубчатого венца, для прямозубых передач принимаем 0,315;

$K_H$  – коэффициент контактной нагрузки, на этапе проектного расчета задаем значением 1,2» [19].

$$a_w = 450 \cdot (1,5 - 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1,2 \cdot 783,2}{0,315 \cdot 1,5 \cdot 1730,4^2}} = 19,63 \text{ мм}.$$

Принимаем значение межосевого расстояния равным 50 мм.

Выполним расчет модуля числа зубьев и коэффициент смещения:

Принимаем модуль равным 4.

Суммарное число зубьев передачи:

$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot a_w}{m}, \quad (35)$$
$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot 50}{4} = 25.$$

Число зубьев шестерни:

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{i_{ред} - 1}, \quad (36)$$
$$z_1 = \frac{25}{1,5 - 1} = 50.$$

Число зубьев колеса:

$$z_2 = z_{\Sigma} + z_1, \quad (37)$$
$$z_2 = 50 + 25 = 75.$$

Фактическое передаточное число:

$$i_{\phi} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (38)$$
$$i_{\phi} = \frac{75}{50} = 1,5.$$
$$\Delta i = 100 \cdot \frac{i_{ред} \cdot i_{\phi}}{i_{ред}}, \quad (38)$$

$$\Delta i = 100 \cdot \frac{1,5 \cdot 1,5}{1,5} = 0.$$

Учитывая, что  $z_1 > 17$ , принимаем коэффициенты смещения  $x_1 = 0$ ,  
 $x_2 = 0$ ,

Определим ширину зубчатых венцов и диаметры колес:

Ширину зубчатого венца шестерни определим по формуле:

$$b_{w1} = \psi_{ba} \cdot a_w, \quad (39)$$

$$b_{w1} = 0,315 \cdot 50 = 15,75 \text{ мм.}$$

Округлим  $b_{w1}$  до ближайшего числа, из ряда нормальных линейных размеров на:  $b_{w1} = 20 \text{ мм.}$

Ширину зубчатого венца колеса  $b_{w2}$  принимают на 2-5 мм больше чем  $b_{w1}$ . Примем  $b_{w2} = 24 \text{ мм.}$

Диаметры окружностей зубчатых колес.

Делительные окружности:

$$d = m \cdot Z, \quad (40)$$

$$d_1 = 4 \cdot 50 = 200 \text{ мм,}$$

$$d_2 = 4 \cdot 75 = 300 \text{ мм.}$$

Диаметры окружностей вершин и впадин:

$$d_{a1} = d_1 + 2m \cdot (1 + x_1), \quad (41)$$

$$d_{a1} = 200 + 2 \cdot 4 \cdot (1 + 0) = 208 \text{ мм,}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2m \cdot (1,25 - x_1), \quad (41)$$

$$d_{f1} = 200 - 2 \cdot 4 \cdot (1,25 - 0) = 190 \text{ мм,}$$

$$d_{a2} = d_1 - 2m \cdot (1 - x_1 - 0,2), \quad (42)$$

$$d_{a2} = 300 - 2 \cdot 4 \cdot (1 - 0 - 0,2) = 293,6 \text{ мм},$$

$$d_{f2} = d_1 - 2m \cdot (1,25 - x_1), \quad (43)$$

$$d_{f2} = 300 - 2 \cdot 4 \cdot (1,25 - 0) = 290 \text{ мм},$$

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{600000}, \quad (44)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 163,62}{600000} = 1,71 \text{ м/с}.$$

Степень точности передачи назначают в зависимости от величины окружной скорости. Так как степень точности 9 для закрытых зубчатых передач применять не рекомендуется, принимаем  $n_{cm} = 8$ .

Выполним проверку контактной прочности зубьев:

«Проверочный расчет зубьев на контактную прочность выполняем по формуле:

$$\delta_H = \frac{z_Q}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot M_1 \cdot (i_\phi - 1)^3}{b_{w2} \cdot i_\phi}}, \quad (44)$$

где  $z_Q$  – для прямозубых передач, принимаем равным 9600.

Коэффициент контактной нагрузки

$$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}. \quad (45)$$

Коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями:

$$K_{H\alpha} = 1 + A \cdot (n_{cm} - 5) \cdot K_w, \quad (46)$$

где  $A$  – для прямозубых передач;

$K_w$  – коэффициент, учитывающий приработку зубьев, при  $HB \leq 350$  для определения  $K_w$  используется выражение» [18].

$$K_w = 0,002 \cdot HB_2 + 0,036 \cdot (\nu - 9), \quad (47)$$

$$K_w = 0,002 \cdot 269 + 0,036 \cdot (0,138 - 9) = 0,219,$$

$$K_{H\alpha} = 1 + 0,06 \cdot (8 - 5) \cdot 0,219 = 1,039.$$

«Коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине колеса:

$$K_{H\beta} = 1 + (K_{H\beta}^0 - 1) \cdot K_w, \quad (48)$$

где  $K_{H\beta}^0$  – коэффициент неравномерности распределения нагрузки в начальный период работы» [18].

Для определения  $K_{H\beta}^0$  вычислим коэффициент ширины венца по диаметру:

$$\psi_{bd} = 0,5 \cdot \psi_{ba} \cdot (i_{\phi} - 1), \quad (49)$$

$$\psi_{bd} = 0,5 \cdot 0,315 \cdot (1,5 - 1) = 0,0786.$$

По значению  $\psi_{bd}$  определим  $K_{H\beta}^0$  методом линейной интерполяции  $K_{H\beta}^0 = 1,08$ , тогда:

$$K_{H\beta} = 1 + (1,08 - 1) \cdot 0,219 = 1,01752.$$

Динамический коэффициент определим методом линейной интерполяции  $K_{HV} = 1,05$ .

Окончательно найдем  $K_H$  и  $\delta_H$ .



$$K_H = 1,039 \cdot 1,01752 \cdot 1,05 = 1,11,$$

$$\delta_H = \frac{9600}{40} \cdot \sqrt{\frac{1,11 \cdot 783,2 \cdot (1,5 - 1)^3}{24 \cdot 1,5}} = 417 \text{ МПа},$$

$$\delta_H = \delta_{HP\min} = 1730,4 \text{ МПа}.$$

Поскольку  $\delta_H < \delta_{HP}$ , выполним расчет недогрузки по контактным напряжениям:

$$\Delta\delta_H = 100 \cdot \frac{\delta_{HP} - \delta_H}{\delta_{HP}}, \quad (50)$$

$$\Delta\delta_H = 100 \cdot \frac{1730,4 - 417}{1730,4} = 75,9\%.$$

Выполним проверку изгибной прочности зубьев:

Напряжения изгиба в зубе шестерни:

$$\delta_F = Y_F \cdot \frac{200 \cdot M_1 \cdot K_F}{b_w \cdot d \cdot m} \quad (51)$$

«Коэффициент формы зуба при  $x=0$  равен:

$$Y_F = 3,47 + \frac{13,2}{z_V}, \quad (51)$$

где  $z_V$  – число зубьев, для передач внутреннего зацепления коэффициент  $Y_F$ :  $Y_{F1} = 3,8$ ,  $Y_{F2} = 3,75$ .

Коэффициент нагрузки при изгибе:

$$K_F = K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV}. \quad (52)$$

где  $K_{F\alpha}$  – коэффициент, для прямозубых передач, равен 1» [18].

Для определения коэффициентов, входящих в эту формулу, используем следующие зависимости:

$$K_{F\beta} = 0,18 + 0,82 \cdot K_{H\beta}^0, \quad (53)$$

$$K_{F\beta} = 0,18 + 0,82 \cdot 1,08 = 1,0656,$$

$$K_{F\beta} = 1 + 1,5 \cdot (K_{HV} - 1) \text{ при } HB_2 < 350, \quad (53)$$

$$K_{FV} = 1 + 1,5 \cdot (K_{HV} - 1) \text{ при } HB_2 < 350, \quad (54)$$

$$K_{FV} = 1 + 1,5 \cdot (1,05 - 1) = 1,075,$$

$$K_F = 1 \cdot 1,0656 \cdot 1,075 = 1,146.$$

$$\delta_{F1} = 3,8 \cdot \frac{2000 \cdot 783,2 \cdot 1,146}{20 \cdot 200 \cdot 4} = 426,3 \text{ МПа} < \delta_{FP1}.$$

Напряжение изгиба в зубьях колеса:

$$\delta_{F2} = \frac{\delta_{F1} \cdot b_{w1} \cdot Y_{F2}}{b_{w2} \cdot Y_{F1}}, \quad (55)$$

$$\delta_{F2} = \frac{426,3 \cdot 20 \cdot 3,75}{24 \cdot 3,8} = 350,32 \text{ МПа} < \delta_{FP2}.$$

Выполним расчет вилов в зацеплении.

Окружная сила:

$$F_t = \frac{2000 \cdot M_1}{d_{F1}}, \quad (56)$$

$$F_t = \frac{2000 \cdot 783,2}{200} = 7832 \text{ Н}.$$

Распорная сила:

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w, \quad (57)$$

$$F_r = 7830 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ = 6571,8 \text{ Н.}$$

### 3.2 Расчет зубчатых зацеплений для заднего колесного редуктора

Расчет проведен аналогично расчету для переднего редуктора. Результаты расчетов представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3 – Механические характеристики сталей

Колесо $Z_2$	Шестерня $Z_1$
«Сталь 15ХГН2ТА цементация HB <sub>1</sub> =269 HRC <sub>1</sub> =58-64 HRC <sub>1cp</sub> =61 $\sigma_{T1}$ =735 МПа $\sigma_{b1}$ =930 МПа	Сталь 15ХГН2ТА цементация HB <sub>1</sub> =269 HRC <sub>2</sub> =58-64 HRC <sub>2cp</sub> =61 $\sigma_{T2}$ = 735 МПа $\sigma_{b2}$ =930 МПа» [3]

Общее передаточное число привода: 1,5.

Таблица 4 – Крутящий момент на валу редуктора

Вал	Мощность $P$ , кВт	Частота вращения $n$ , об/мин	Крутящий момент $M$ , Н·м
1	53,68	163,62	783,2
2	50,996	109,08	1116,06

Значение межосевого расстояния  $a_w = 50$  мм.

Модуль  $m = 4$ .

Число зубьев шестерни:  $z_1 = 50$ ,  $z_2 = 75$ .

Ширину зубчатого венца шестерни округлим до ближайшего числа, из ряда нормальных линейных размеров:  $b_{w1} = 20$  мм. Ширину зубчатого венца колеса  $b_{w2}$  принимаем на 2-5 мм больше чем  $b_{w1}$ . Принимаем  $b_{w2} = 24$  мм.

Делительные окружности:  $d_1 = 200$  мм,  $d_2 = 300$  мм.

Проверка контактной прочности зубьев.

$$K_H = 1,039 \cdot 1,01752 \cdot 1,05 = 1,11.$$

$$\delta_H = \frac{9600}{40} \cdot \sqrt{\frac{1,11 \cdot 783,2 \cdot (1,5 - 1)^3}{24 \cdot 1,5}} = 417 \text{ МПа.}$$

$$\delta_{HP} = \delta_{HP_{\min}} = 1730,4 \text{ МПа.}$$

Поскольку  $\delta_H < \delta_{HP}$ , выполним расчет недогрузки по контактным напряжениям:

$$\Delta\delta_H = 100 \cdot \frac{1730,4 - 417}{1730,4} = 75,9\%.$$

Проверка изгибной прочности зубьев.

Напряжение изгиба в зубьях колеса:

$$\delta_{F2} = \frac{426,3 \cdot 20 \cdot 3,75}{24 \cdot 3,8} = 350,32 \text{ МПа} < \delta_{FP2}$$

Силы в зацеплении

Окружная сила:

$$F_t = \frac{2000 \cdot 783,2}{200} = 7832 \text{ Н.}$$

Распорная сила:

$$F_r = 7830 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ = 6571,8 \text{ Н.}$$

### 3.3 Расчет ведущего вала переднего колесного редуктора

Момент на валу составляет 783,2 Н·м;

Силы, приложенные к валу со стороны зацепления:

- окружная  $F_t = 7832$  Н;
- распорная  $F_r = 6571,8$  Н.

Заданы следующие длины участков, размеры которых показаны на рисунке 17.

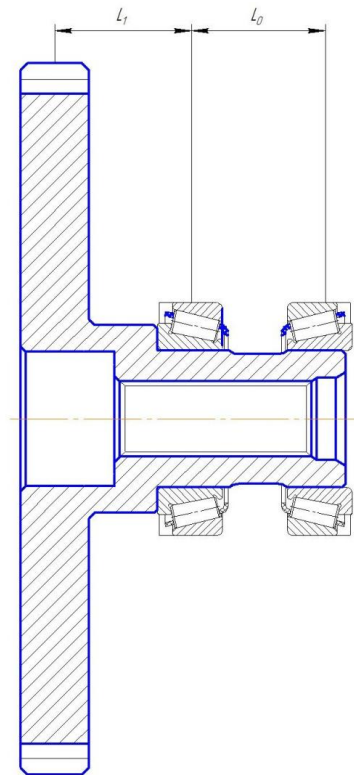


Рисунок 17 – Компоновка ведущего вала заднего колесного редуктора

Определим опорные реакции.

Реакции в горизонтальной плоскости:

$$\begin{aligned}\sum M_3 &= 0, \\ -R_{1r} \cdot (L_1 + L_0) + F_r \cdot L_0 &= 0, \\ -R_{1r} \cdot (L_1 + L_0) + F_r \cdot L_0 &= 0,\end{aligned}$$

$$R_{1\Gamma} = \frac{F_r \cdot (L_1 + L_0)}{L_0} = \frac{6,5718 \cdot (40 + 37,5)}{37,5} = 13,5817 \text{ кН},$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$R_{2\Gamma} = R_{1\Gamma} - F_r,$$

$$R_{2\Gamma} = 13,5817 - 6,5718 = 7,01 \text{ кН}.$$

Реакции вертикальной плоскости:

$$\sum M_3 = 0,$$

$$- R_{1B} \cdot (L_1 + L_0) + F_r \cdot L_0 = 0,$$

$$- R_{1B} \cdot (L_1 + L_0) + F_r \cdot L_0 = 0,$$

$$R_{1B} = \frac{F_r \cdot (L_1 + L_0)}{L_0} = \frac{7,832 \cdot (40 + 37,5)}{37,5} = 16,1861 \text{ кН},$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$F_t + R_{2\Gamma} - R_{1B} = 0,$$

$$R_{2\Gamma} = R_{1B} - F_t,$$

$$R_{2\Gamma} = 16,1861 - 7,832 = 8,3541.$$

Выполним построение эпюр изгибающих моментов.

Изгибающие моменты в горизонтальной плоскости:

$$M_{x1} = F_r \cdot 0,$$

$$M_{x1} = 6,5718 \cdot 0 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x2} = F_r \cdot L_1,$$

$$M_{x2} = 6,5718 \cdot 40 = 262,872 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x3} = F_r \cdot L_1 - R_{1\Gamma} \cdot 0,$$

$$M_{x3} = 6,5718 \cdot 40 = 262,872 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x4} = F_r \cdot (L_1 + L_0) - R_{1\Gamma} \cdot L_0,$$

$$M_{x4} = 6,5718 \cdot (40 + 37,5) - 13,5817 \cdot 37,5 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Изгибающие моменты в вертикальной плоскости:

$$M_{y1} = F_t \cdot 0,$$

$$M_{y1} = 7,832 \cdot 0 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y2} = F_t \cdot L_1,$$

$$M_{y2} = 7,832 \cdot 40 = 313,28 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y3} = F_t \cdot L_1 - R_{1r} \cdot 0,$$

$$M_{y3} = 7,832 \cdot 40 = 313,28 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y4} = F_t \cdot (L_1 + L_0) - R_{1r} \cdot L_0,$$

$$M_{x4} = 7,832 \cdot (40 + 37,5) - 16,1861 \cdot 37,5 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

На основе выполненных расчетов построены эпюры изгибающих и крутящих моментов (рисунок 18).

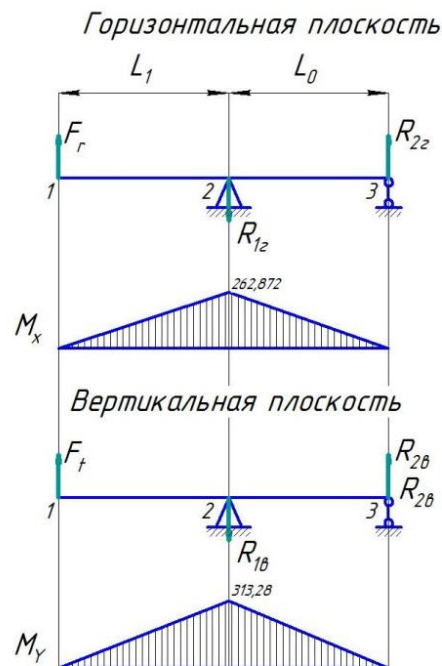


Рисунок 18 – Эпюры изгибающих и крутящих моментов

В сечении действуют: изгибающий момент  $M_H = 313,28 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  
крутящий момент  $M_1 = 783,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Осевой момент сопротивления:

$$W_{x2} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{32}, \quad (58)$$

$$W_{x2} = \frac{3,14 \cdot 40^3}{32} = 6280 \text{ мм}^3.$$

Полярный момент сопротивления:

$$W_{p2} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{16}, \quad (59)$$

$$W_{x2} = \frac{3,14 \cdot 40^3}{16} = 12560 \text{ мм}^3.$$

Площадь сечения:

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}, \quad (60)$$

$$A_2 = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} = 1256 \text{ мм}^2.$$

Напряжения изгиба меняются по симметричному циклу с амплитудой:

$$\delta_{a2} = \frac{10^3 \cdot M_H}{W_{x2}}, \quad (61)$$

$$\delta_{a2} = \frac{10^3 \cdot 313,28}{6280} = 49,89 \text{ МПа}.$$

На вал не действуют осевые силы, поэтому:



$$\delta_{m2} = \frac{10^3 \cdot F_a}{A_2}, \quad (62)$$

$$\delta_{m2} = \frac{10^3 \cdot 0}{1256} = 0 \text{ МПа.}$$

Касательные напряжения меняются по отнулевому циклу:

$$\tau_{a2} = \tau_{m2} = \frac{10^3 \cdot M_1}{2 \cdot W_{p2}},$$

$$\tau_{a2} = \tau_{m2} = \frac{10^3 \cdot 783,2}{2 \cdot 12560} = 31,18 \text{ МПа.}$$

Пределы выносливости легированных сталей при симметричном цикле изгиба и кручения определяются по следующим формулам:

$$\delta_{-1} = 0,35 \cdot \delta_b + 100, \quad (63)$$

$$\delta_{-1} = 0,35 \cdot 930 + 100 = 425,5 \text{ МПа,}$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \delta_{-1}, \quad (64)$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot 425,5 = 246,8 \text{ МПа.}$$

Для посадки с натягом  $K_\delta / \varepsilon_\delta$  определим методом линейной интерполяции  $K_\delta / \varepsilon_\delta = 4,3$ .

Значение  $K_t / \varepsilon_t$  определим по формуле:

$$\frac{K_t}{\varepsilon_t} = 0,6 \cdot \frac{K_\delta}{\varepsilon_\delta}, \quad (65)$$

$$\frac{K_t}{\varepsilon_t} = 0,6 \cdot 4,3 = 2,58.$$

Примем, что поверхность вала под подшипник получена чистовым шлифованием с  $R_a = 0,8$  мкм. По величине  $R_a$  найдем коэффициент влияния шероховатости поверхности  $K_F = 1,2$ .

Определим коэффициент чувствительности к асимметрии цикла:

$$\psi_\sigma = 0,02 \cdot (1 + 0,01 \cdot \delta_b), \quad (66)$$

$$\psi_\sigma = 0,02 \cdot (1 + 0,01 \cdot 930) = 0,206.$$

$$\psi_t = 0,5 \cdot \psi_\sigma, \quad (67)$$

$$\psi_t = 0,5 \cdot 0,206 = 0,103.$$

Примем, что участок вала упрочнен закалкой в ТВЧ. Тогда коэффициент влияния упрочнения  $K_V = 1,6$ .

Определим коэффициенты перехода от пределов выносливости образца к пределам выносливости детали:

$$K_{\sigma D} = \frac{\frac{K_\delta}{\varepsilon_\delta} + K_F - 1}{K_V}, \quad (67)$$

$$K_{\sigma D} = \frac{4,3 + 1,2 - 1}{1,6} = 2,813,$$

$$K_{\tau D} = \frac{\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + K_F - 1}{K_V}, \quad (68)$$

$$K_{\tau D} = \frac{2,58 + 1,2 - 1}{1,6} = 1,738.$$

Значения коэффициентов запаса прочности  $S_\delta$  и  $S_\tau$  определим по формулам:

$$S_{\delta} = \frac{\delta_{-1}}{K_{\delta D} \cdot \delta_{a2} + \psi_{\sigma} \cdot \delta_{m2}}, \quad (69)$$

$$S_{\delta} = \frac{425,5}{2,813 \cdot 49,89 + 0,206 \cdot 0} = 3,03,$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_{a2} + \psi_{\tau} \cdot \tau_{m2}}, \quad (70)$$

$$S_{\tau} = \frac{246,8}{1,783 \cdot 31,18 + 0,103 \cdot 0} = 4,44.$$

Общий коэффициент запаса прочности:

$$S = \frac{S_{\delta} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\delta}^2 + S_{\tau}^2}}, \quad (70)$$

$$S = \frac{3,03 \cdot 4,44}{\sqrt{3,03^2 + 4,44^2}} = 2,5 > [S] = 2.$$

Усталостная прочность вала в сечении 2 обеспечена.

### 3.4 Расчет ведомого вала переднего колесного редуктора

«На первом этапе конструирования вала определяют диаметр опасного сечения вала из расчета на кручение по пониженным допускаемым напряжениям. В качестве опасного сечения для быстроходного и тихоходного валов редуктора выбирают сечение на хвостовике вала, а для промежуточных валов - сечение в месте установки подшипника. Формула для расчета диаметра опасного сечения вала имеет вид:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot M_2}{0,2 \cdot [\tau_k]}}, \quad (70)$$

где  $M_2$  – крутящий момент в опасном сечении вала;

$[\tau_k]$  – пониженные допускаемые напряжения на кручение.

$$[\tau_k] = (0,025 \dots 0,03) \cdot \sigma_B, \quad (71)$$

где  $\sigma_B$  – предел прочности материала вала» [18].

$$[\tau_k] = 0,025 \cdot 930 = 23,25 \text{ МПа.}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot 1116,06}{0,2 \cdot 23,25}} = 62,1 \text{ мм.}$$

Принимаем значение  $d = 65$  мм.

«Исходные данные:

- момент на валу, Н·м ..... 1116,06;
- силы, приложенные к валу со стороны зацепления, Н:
  - окружная, Н ..... 7832;
  - распорная, Н ..... 6571,8;
  - внешние силы, Н ..... 7832;
  - консольная нагрузка от муфты, Н ..... 2560;
  - осевая, Н ..... 6515» [19].

Компоновка ведомого вала заднего колесного редуктора представлена на рисунке 19.

Расстояние между опорами  $L_{02} = 33$  мм.

Расстояние от точки приложения усилия от зубчатого венца до внутренней опоры  $L_3 = 78$  мм.

Расстояние от точки приложения консольной нагрузки до внешней опоры  $L_4 = 59$  мм.

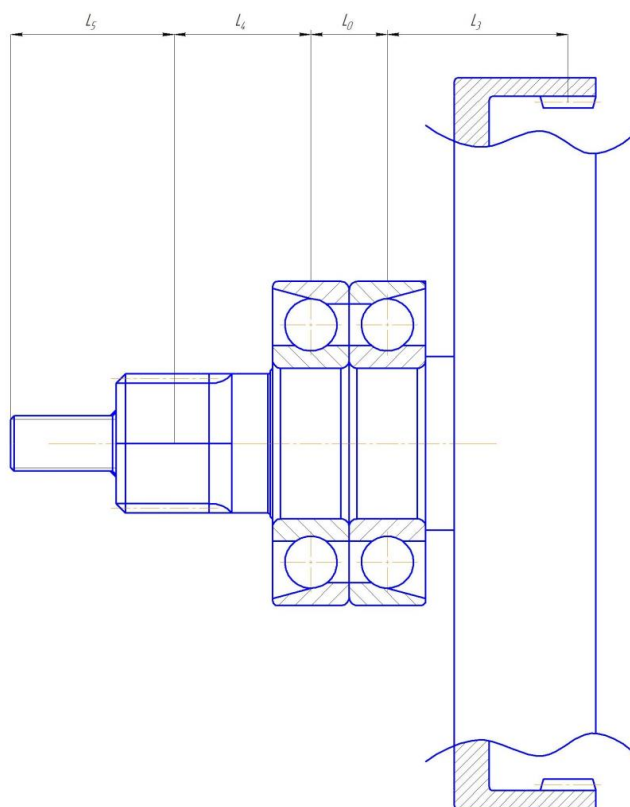


Рисунок 19 – Компоновка ведомого вала заднего колесного редуктора

Расстояние от точки приложения осевой нагрузки до приложения консольной нагрузки  $L_5 = 70,5$  мм.

Диаметр участка вала под подшипником  $d_{n3} = 65$  мм.

Диаметр участка вала со шлицами  $d_4 = 65$  мм.

Диаметр участка вала с резьбой  $d_5 = 24$  мм.

Материал вала сталь 15ХГН2ТА, термообработка – закалка в ТВЧ  $\sigma_b = 930$  МПа.

Определим опорные реакции:

– в вертикальной плоскости:

$$\sum M_3 = 0,$$

$$F_k \cdot L_4 + R_{2B} \cdot L_0 - F_t \cdot (L_3 + L_0) = 0,$$

$$R_{2B} = \frac{-F_k \cdot L_4 + F_t \cdot (L_3 + L_0)}{L_0},$$

$$R_{2B} = \frac{-2,56 \cdot 59 + 7,832 \cdot (78 + 33)}{33} = 21,767 \text{ кН},$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$F_t - R_{2B} + R_{1B} + F_k = 0,$$

$$R_{1B} = R_{2B} + F_t - F_k,$$

$$R_{1B} = 21,767 - 7,832 - 2,56 = 11,375 \text{ кН}.$$

– в горизонтальной плоскости:

$$\sum M_4 = 0,$$

$$-F_r \cdot L_3 + R_{1\Gamma} \cdot L_0 = 0,$$

$$R_{1\Gamma} = \frac{F_r \cdot L_3}{L_0},$$

$$R_{1\Gamma} = \frac{6,5718 \cdot 78}{33} = 15,533 \text{ кН},$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$F_r - R_{2\Gamma} + R_{1\Gamma} = 0,$$

$$R_{2\Gamma} = R_{1\Gamma} - F_r,$$

$$R_{2\Gamma} = 15,533 + 6,5718 = 22,1018 \text{ кН}.$$

Выполним построение эпюр изгибающих моментов:

Изгибающие моменты в вертикальной плоскости:

$$M_{y1} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y2} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y3} = F_k \cdot 0 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y4} = F_k \cdot L_4,$$

$$M_{y4} = 2,56 \cdot 59 = 151,04 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y5} = F_k \cdot L_4 + R_{1B} \cdot 0,$$

$$M_{y5} = 2,56 \cdot 59 = 151,04 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y6} = F_k \cdot (L_4 + L_0) + R_{1B} \cdot L_0,$$

$$M_{y6} = 2,56 \cdot (59 + 33) + 11,375 \cdot 33 = 610,895 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y7} = F_k \cdot (L_4 + L_0) + R_{1B} \cdot L_0 - R_{2B} \cdot 0,$$

$$M_{y7} = 2,59 \cdot (59 + 33) + 11,375 \cdot 33 - 21,767 \cdot 0 = 610,895 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{y8} = F_k \cdot (L_4 + L_0 + L_3) + R_{1B} \cdot (L_0 + R_3) - R_{2B} \cdot L_3,$$

$$M_{y8} = 2,56 \cdot (59 + 33 + 78) + 11,375 \cdot (33 + 78) - 21,767 \cdot 78 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Изгибающие моменты в горизонтальной плоскости

$$M_{x1} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x2} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x3} = F_r \cdot 0 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x4} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x5} = R_{1\Gamma} \cdot 0 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x6} = R_{1\Gamma} \cdot L_0,$$

$$M_{x6} = 15,533 \cdot 33 = 512,589 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x7} = R_{1\Gamma} \cdot L_0 - R_{2\Gamma} \cdot 0,$$

$$M_{x7} = 15,533 \cdot 33 - 22,1018 \cdot 0 = 512,589 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{x8} = R_{1\Gamma} \cdot (L_0 + L_3) - R_{2\Gamma} \cdot L_3,$$

$$M_{x8} = 15,533 \cdot (33 + 78) - 22,1078 \cdot 78 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

На основе выполненных расчетов построены эпюры изгибающих моментов (рисунок 20).

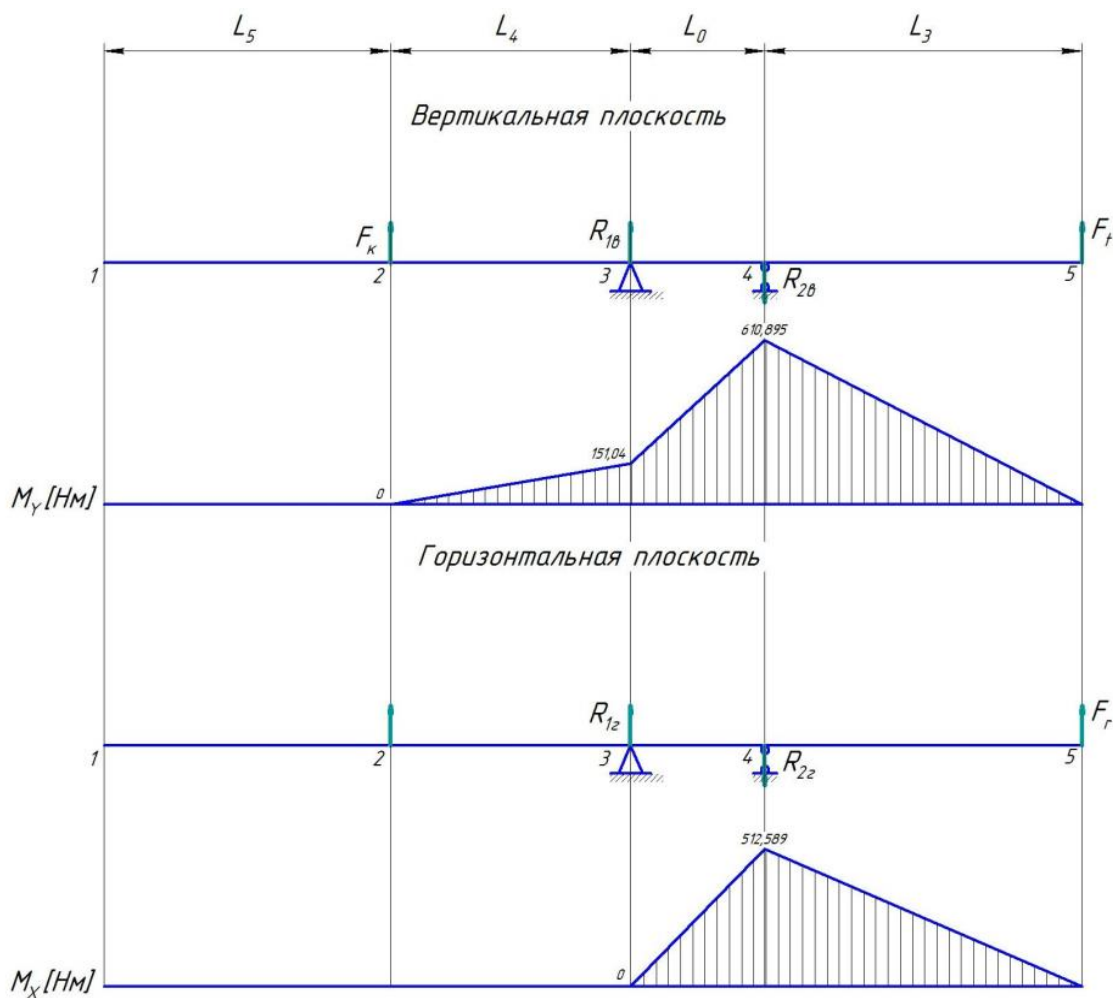


Рисунок 20 – Эпюры изгибающих моментов

Выполним выбор опасного сечения.

«В качестве опасного сечения, рассмотрим сечение, в котором, действуют наибольшие изгибающие моменты и имеются концентраторы напряжений. Как следует из рисунка 20, к такому сечению, относится сечение 2, для которого концентратором напряжения является посадка с натягом внутреннего кольца подшипника» [5].

В сечении действуют: изгибающий момент  $M_{II} = 610,895 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , крутящий момент  $M_1 = 1116,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Рассмотрим геометрические характеристики сечения.

Осейвой момент сопротивления:



$$W_{x2} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{32},$$

$$W_{x2} = \frac{3,14 \cdot 65^3}{32} = 26948 \text{ мм}^3.$$

Полярный момент сопротивления:

$$W_{p2} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{16},$$

$$W_{p2} = \frac{3,14 \cdot 65^3}{16} = 53896 \text{ мм}^3.$$

Площадь сечения:

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4},$$

$$A_2 = \frac{3,14 \cdot 65^2}{4} = 3317 \text{ мм}^2.$$

Напряжения изгиба меняются по симметричному циклу с амплитудой:

$$\delta_{a2} = \frac{10^3 \cdot M_{II}}{W_{x2}},$$

$$\delta_{a2} = \frac{10^3 \cdot 610,895}{26948} = 22,669 \text{ МПа}.$$

Средние нормальные напряжения:

$$\delta_{m2} = \frac{10^3 \cdot F_a}{A_2},$$

$$\delta_{m2} = \frac{10^3 \cdot 6,515}{3317} = 1,96 \text{ МПа.}$$

Касательные напряжения меняются по нулевому циклу:

$$\tau_{a2} = \tau_{m2} = \frac{10^3 \cdot M_2}{2 \cdot W_{p2}},$$

$$\tau_{a2} = \tau_{m2} = \frac{10^3 \cdot 1116,06}{2 \cdot 56896} = 9,8 \text{ МПа.}$$

Пределы выносливости легированных сталей при симметричном цикле изгиба и кручения определяются по следующим формулам:

$$\delta_{-1} = 0,35 \cdot \delta_B + 100,$$

$$\delta_{-1} = 0,35 \cdot 930 + 100 = 425,5 \text{ МПа,}$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \delta_{-1},$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot 425,5 = 246,8 \text{ МПа.}$$

Значение  $K_t / \varepsilon_t$  определим по формуле:

$$\frac{K_t}{\varepsilon_t} = 0,6 \cdot \frac{K_\delta}{\varepsilon_\delta}, \quad (72)$$

$$\frac{K_t}{\varepsilon_t} = 0,6 \cdot 4,8 = 2,88.$$

Примем, что поверхность вала под подшипник получена чистовым шлифованием с  $R_a = 0,8$  мкм. По величине  $R_a$  найдем коэффициент влияния шероховатости поверхности  $K_F = 1,2$ .

Определим коэффициент чувствительности к асимметрии цикла:

$$\psi_{\sigma} = 0,02 \cdot (1 + 0,01 \cdot \delta_B),$$

$$\psi_{\tau} = 0,5 \cdot \psi_{\sigma},$$

$$\psi_{\tau} = 0,5 \cdot 0,206 = 0,103.$$

Примем, что участок вала упрочнен закалкой в ТВЧ, тогда коэффициент влияния упрочнения  $K_V = 1,6$ .

Определим коэффициенты перехода от пределов выносливости образца к пределам выносливости детали:

$$K_{\delta D} = \frac{\frac{K_{\delta}}{\varepsilon_{\delta}} + K_F - 1}{K_V},$$

$$K_{\delta D} = \frac{4,8 + 1,2 - 1}{1,6} = 3,125,$$

$$K_{\tau D} = \frac{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + K_F - 1}{K_V},$$

$$K_{\tau D} = \frac{2,88 + 1,2 - 1}{1,6}.$$

Значения коэффициентов запаса прочности  $S_{\delta}$  и  $S_{\tau}$  определим по формулам:

$$S_{\delta} = \frac{\delta_{-1}}{K_{\delta D} \cdot \delta_{a2} + \psi_{\sigma} \cdot \delta_{m2}},$$

$$S_{\delta} = \frac{425,5}{3,125 \cdot 22,669 + 0,206 \cdot 1,96} = 5,97,$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_{a2} + \psi_{\tau} \cdot \tau_{m2}},$$

$$S_{\tau} = \frac{246,8}{1,925 \cdot 9,8 + 0,103 \cdot 9,8} = 12,418.$$

Общий коэффициент запаса прочности

$$S = \frac{S_{\delta} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\delta}^2 \cdot S_{\tau}^2}},$$

$$S = \frac{5,97 \cdot 12,418}{\sqrt{5,97^2 + 12,418^2}} = 5,38 > [S] = 2.$$

Усталостная прочность вала в сечении 3 обеспечена.

Конструирование шестерни заднего бортового редуктора (рисунок 21).

Принимаем для ведущей шестерни заднего бортового редуктора плоскую форму. Ширина ступицы  $L_{cm1} = b_{w1}$ ,  $L_{cm1} = 20$  мм. Фаски на торцах зубчатого венца  $C_{1ВД} = 0,5 \cdot m$ ,  $C_{1ВД} = 0,5 \cdot 4 = 2$  мм.

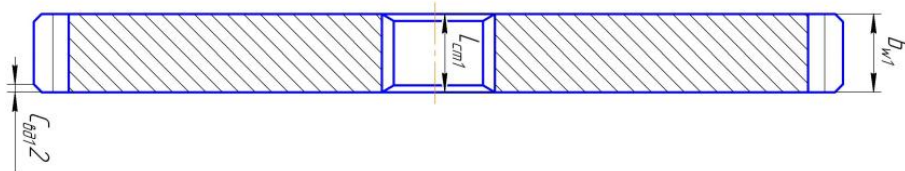


Рисунок 21 – Ведущая шестерня заднего колесного редуктора

### 3.5 Расчет корпуса редуктора

Толщина стенки корпуса редуктора определяется по формуле:

$$\delta = 2,6 \cdot \sqrt[4]{0,1 \cdot M_2}, \quad (79)$$

$$\delta = 2,6 \cdot \sqrt[4]{0,1 \cdot 1116,06} = 8,45 \text{ мм.}$$

Принимаем, что толщина корпуса редуктора 14мм

Расстояние между внутренней поверхностью стенки корпуса и торцом ступицы колеса принимаем 7,5 мм

Диаметр болтов соединяющих корпус редуктора определяется по формуле:

$$\delta_{\sigma} = (0,6 \cdot \delta) + 1, \quad (80)$$
$$\delta_{\sigma} = (0,6 \cdot 10) + 1 = 7 \text{ мм.}$$

Принимаем, что корпус редуктора соединяется болтами М8×1,25 класса прочности 6.6.

Расстояние между болтами соединяющими корпус:

$$l_{\sigma} = 12 \cdot \delta_{\sigma},$$
$$l_{\sigma} = 12 \cdot 7 = 84 \text{ мм.}$$

Принимаем, что для сборки корпуса редуктора необходимо 12 болтов М8×1,25 класса прочности 6.6, шаг установки болтов 30°.

### 3.6 Подбор смазки редуктора

«Определим окружную скорость колеса редуктора при 2000 об/мин коленчатого вала, при движении на низшей передаче по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot d_k \cdot n_k}{60000}, \quad (81)$$

где  $d_k$  – делительный диаметр колеса;

$n_k$  – частота вращения колеса. Частота вращения колеса редуктора, при 2000 об/мин коленчатого вала на низшей передаче 198,9 об/мин» [18].

$$V = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 198,9}{60000} = 3,12 \text{ м/с.}$$

Необходимая вязкость масла для данной окружной скорости  $28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

«Для данной окружной скорости требуется определенная вязкость масла равная  $28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Для смазки колесных редукторов мы используем масло 80-W90 GL5. Глубина погружения колеса в масло составляет 28,5 мм, а объем масла, необходимый для одного редуктора, равен 0,24 л» [5].

Спецификация на редуктор колесный передний представлена в Приложении А (рисунки А.1, А.2).

Выводы по разделу.

В данном разделе были выполнены расчёты зубчатых зацеплений для передних и задних колесных редукторов, а также расчёты ведомых и ведущих валов переднего колесного редуктора, корпуса редуктора и подбор смазки для редуктора. Использование редукторов с внутренним зацеплением шестерен, аналогичных редукторам УАЗ-3151, считается наиболее оптимальным решением для применения на разрабатываемом автомобиле из-за простоты их конструкции, небольшой массы и высокой надежности.

#### 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 нормами 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 колесный редуктор для автомобиля NIVA LEGEND 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» [11].



«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (82)$$

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» [11].

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

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 5.

Таблица 5 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять корпус позиция 9	0,2
Осмотреть корпус на наличие дефектов и повреждений	2
Взять подшипник 246313 ГОСТ 832-78 (2 шт.) позиция 18	0,2
Осмотреть подшипник 246313 ГОСТ 832-79 на наличие дефектов и повреждений	1
Запрессовать подшипник 246313 ГОСТ 832-79 в корпус	2
Взять кольцо стопорное 003*005-25 позиция 18	0,2
Установить кольцо стопорное 003*005-25 в корпус	0,8
Взять вал ведомой шестерни позиция 6	0,2
Осмотреть вал ведомой шестерни на наличие дефектов и повреждений	2
Установить вал ведомой шестерни в подшипники	3
Взять кольцо стопорное позиция 39	0,2
Установить кольцо стопорное	0,8
Взять манжету позиция 41	0,2
Осмотреть манжету на наличие дефектов и повреждений	0,8
Запрессовать манжету в корпус	1
Взять прокладку позиция 12	0,2
Взять крышку позиция 11	0,2
Осмотреть крышку на наличие дефектов и повреждений	1
Установить крышку с прокладкой на корпус	3
Взять втулку позиция 14	0,2
Установить втулку	2
Взять корпус переднего редуктора позиция 9	0,2
Осмотреть корпус переднего редуктора на наличие дефектов и повреждений	2
Установить корпус переднего редуктора на поворотный кулак	6
Взять вал-шестерню позиция 11	0,2
Осмотреть вал-шестерню на наличие дефектов и повреждений	1
Установить вал-шестерню на шлицы ШРУС	2
Взять втулку позиция 49, гайку позиция 19, шайбу 8 Л 65Г позиция 37, болт М8×1-60.58.35Х16 ГОСТ 7808-70 позиция 47	0,6
Установить втулку, гайку, шайбу 8 Л 65Г, болт М8×1-60.58.35Х16 ГОСТ 7808-70	4
Взять сапун	0,2
Осмотреть сапун на наличие дефектов и повреждений	0,3
Установить сапун в корпус	0,8
Взять прокладку позиция 30	0,2
Взять пробку сливную позиция 45	0,2
Осмотреть пробку сливную на наличие дефектов и повреждений	0,5
Установить пробку сливную в корпус	1
Залить масло редукторное	2
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку колесного редуктора при необходимости	15
Итого:	57,4

«Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (83)$$

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (84)$$

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%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 57,4 + 57,4 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 61,99 \text{ мин.}$$

## 4.2 Проектирование технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Технологический процесс сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять корпус позиция 9	Набор ключей и отверток, гидравлический пресс, верстак, - штангенциркуль,	42,4
		2	Осмотреть корпус на наличие дефектов и повреждений		

Продолжение таблицы 6

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		3	Взять подшипник 246313 ГОСТ 832-78 (2 шт.) позиция 18	микрометр, приспособление для замера зазора между зубьями, специальный инструмент для установки подшипников, молоток медный	
		4	Осмотреть подшипник 246313 ГОСТ 832-79 на наличие дефектов и повреждений		
		5	Запрессовать подшипник 246313 ГОСТ 832-79 в корпус		
		6	Взять кольцо стопорное 003*005-25 позиция 18		
		7	Установить кольцо стопорное 003*005-25 в корпус		
		8	Взять вал ведомой шестерни позиция 6		
		9	Осмотреть вал ведомой шестерни на наличие дефектов и повреждений		
		10	Установить вал ведомой шестерни в подшипники		
		11	Взять кольцо стопорное позиция 39		
		12	Установить кольцо стопорное		
		13	Взять манжету позиция 41		
		14	Осмотреть манжету на наличие дефектов и повреждений		
		15	Запрессовать манжету в корпус		
		16	Взять прокладку позиция 12		
		17	Взять крышку позиция 11		
		18	Осмотреть крышку на наличие дефектов и повреждений		
		19	Установить крышку с прокладкой на корпус		

Продолжение таблицы 6

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		20	Взять втулку позиция 14		
		21	Установить втулку		
		22	Взять корпус переднего редуктора позиция 9		
		23	Осмотреть корпус переднего редуктора на наличие дефектов и повреждений		
		24	Установить корпус переднего редуктора на поворотный кулак		
		25	Взять вал-шестерню позиция 11		
		26	Осмотреть вал-шестерню на наличие дефектов и повреждений		
		27	Установить вал-шестерню на шлицы ШРУС		
		28	Взять втулку позиция 49, гайку позиция 19, шайбу 8 Л 65Г позиция 37, болт М8×1-60.58.35Х16 ГОСТ 7808-70 позиция 47		
		29	Установить втулку, гайку, шайбу 8 Л 65Г, болт М8×1-60.58.35Х16 ГОСТ 7808-70		
		30	Взять сапун		
		31	Осмотреть сапун на наличие дефектов и повреждений		
		32	Установить сапун в корпус		
		33	Взять прокладку позиция 30		
		34	Взять пробку сливную позиция 45		
		35	Осмотреть пробку		

Продолжение таблицы 6

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			сливную на наличие дефектов и повреждений		
		36	Установить пробку сливную в корпус		
		37	Залить масло редукторное		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку колесного редуктора при необходимости	Набор ключей и отверток, гидравлический пресс, верстак, микрометр, приспособление для замера зазора между зубьями	15

Технологическая схема сборки колесного редуктора для 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 колесного редуктора для 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 сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 7).

Таблица 7 – Технологический паспорт технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND	- проверить детали на наличие трещин, сколов и других повреждений. При необходимости заменить поврежденные детали; - установить первый подшипник в корпус редуктора; - установить первое зубчатое колесо на вал; - установить	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Набор ключей и отверток, гидравлический пресс, верстак, - штангенциркуль, микрометр, приспособление для замера зазора между зубьями, специальный инструмент для установки подшипников, молоток медный	Перчатки, комплект уплотнительных колец, комплект подшипников, комплект зубчатых колес,



Продолжение таблицы 7

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	<p>вал в редуктор;                      - установить второй подшипник в корпус редуктора и установить второе зубчатое колесо на вал;                      - установить вал в редуктор;                      - установить оставшиеся подшипники и зубчатые колеса на соответствующие валы;                      - установите валы в редуктор и проверьте, что зубчатые колеса входят в зубчатые колеса на корпусе редуктора.                      Проверьте зазор между зубьями зубчатых колес;                      - установить уплотнительные кольца на корпус редуктора;                      - залить специальное масло для редуктора в корпус;                      - проверить работу редуктора на специальном стенде</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 8 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND.

Таблица 8 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- проверить детали на наличие трещин, сколов и других повреждений. При необходимости заменить поврежденные детали;</li> <li>- установить первый подшипник в корпус редуктора;</li> <li>- установить первое зубчатое колесо на вал;</li> <li>- установить вал в редуктор;</li> <li>- установить второй подшипник в корпус редуктора и установить второе зубчатое колесо на вал;</li> <li>- установить вал в редуктор;</li> <li>- установить оставшиеся подшипники и зубчатые колеса на соответствующие валы;</li> <li>- установите валы в редуктор и проверьте, что зубчатые колеса входят в зубчатые колеса на корпусе редуктора;</li> <li>- проверьте зазор между зубьями зубчатых колес;</li> <li>- установить уплотнительные кольца на корпус редуктора;</li> <li>- залить специальное масло для редуктора в корпус;</li> <li>- проверить работу редуктора на специальном стенде.</li> </ul>	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент
	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» [12].
	Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию		

### **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)» [12].

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» [12].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации,

психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [12].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 9, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 9 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы,	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда;	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе

Продолжение таблицы 9

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
подвижные части оборудования	– содержание технических устройств в надлежащем состоянии	(спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«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)» [12].
«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 противoshумные наушники, беруши противoshумные» [20].
«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» [12].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение	–

Продолжение таблицы 9

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <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» [30].</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; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [30]. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника;</li> <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> </ul>	–



## Продолжение таблицы 9

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <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 10).

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Агрегатное отделение	Технологическое оборудование, применяемое в агрегатном отделении	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» [24].

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» 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» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;

- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению требований 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 сборке колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND (таблица 11).

Таблица 11 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке колесного редуктора для 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]

## Продолжение таблицы 11

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«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» [31]
«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 сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND**

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- 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 сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND и сведем их в таблицу 12» [6].

Таблица 12 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка колесного редуктора для 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), металлический лом, стружка» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке колесного редуктора для 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 раздельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- «разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND (таблица 7);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND (таблица 8) и определены методы и средства их снижения (таблица 9);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (таблицы 10, 11);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе сборки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 12)» [6].

## 6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку колесного редуктора для 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 разработку конструкции колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND, 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 разработку конструкции колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND.

«Затраты на изготовление колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND определяем по формуле:

$$C_{кон} = C_{к.д} + C_{о.д} + C_{н.д} + C_{сб.н} + C_{о.н}, \quad (85)$$

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

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

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

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

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

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (86)$$

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

$C_k$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 130,0 р./кг» [16].

$$C_{к.д} = 2,5 \cdot 130,0 = 325 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 325 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_m, \quad (87)$$

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

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

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_q \cdot \kappa_t, \quad (88)$$



где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, (вал 0,8 чел.-ч.; шестерня ведомая 2,1 чел.-ч.; шестерня ведущая 2,1 чел.-ч.; крышка 0,5 чел.-ч.; прокладка 0,5 чел.-ч.);

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

$\kappa_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается равным 1,03» [15].

«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» [12].

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

$$C_{np} = 6 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 696,51 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\delta} = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (89)$$

$$C_{\delta} = 10 \cdot 696,51 / 100 = 69,65 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_{\delta}) / 100, \quad (90)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (696,51 + 69,65) / 100 = 229,85 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma np} = 696,51 + 69,65 + 229,85 = 996,01 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 462,12 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (91)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [12].

$$C_M = 160 \cdot 7 = 1120 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 696,51 + 1120 = 1816,51 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 622,12 р.

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (92)$$

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» [12].

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

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (93)$$

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

$$T_{cб} = k_c \cdot \Sigma t_{cб}, \quad (94)$$

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

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

По справочным данным принимаем  $t_{cб}$  равную 6,8 чел.-ч.

$$T_{cб} = 1,25 \cdot 6,8 = 8,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{cб} = 6,8 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 1098,78 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 1098,78 = 109,87 \text{ р.},$$

$$C_{соп.сб} = 0,3 \cdot (1098,78 + 109,87) = 362,59 \text{ р.},$$

$$C_{cб.п} = 1098,78 + 109,87 + 362,59 = 1571,24 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 1571,24 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{np} \cdot R_{он})}{100}, \quad (95)$$

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

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

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{cб}), \quad (96)$$

$$C'_{np} = 696,51 + 1098,78 = 1795,29 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(1795,29 \cdot 15)}{100} = 269,29 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 13.

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

Значение	Числовое значение, руб.
Прокладки (2 шт.)	50,0
Крепежные изделия	350,0
Подшипники радиальные (2 шт.)	650,0
Итого:	1050,0

$$C_{нд} = 50 + 350 + 650 = 1050 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 325 + 1816,51 + 1050 + 1571,24 + 269,29 = 5032,04 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление конструкторской разработки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на изготовление конструкторской разработки колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND

Обозначение	Числовое значение, руб.
«Стоимость изготовления корпусных деталей	325
Стоимость изготовления оригинальных деталей	1816,51
Общая заработная плата на сборку	1571,24
Общепроизводственные накладные расходы	269,29
Стоимость покупных изделий» [8]	1050
Итого:	5032,04

Общие затраты на изготовление конструкции колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND равны 5032,04 р. Это для одной стороны, стоимость комплекта составит (четыре стороны):  $5032,04 \cdot 4 \cdot 1,125$  (коэффициент, учитывающий монтаж) 22644,18 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (97)$$

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

$$\mathcal{E}_Г = 130000 - 22644,18 = 107355,82 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (98)$$

$$O_{ОК} = \frac{22644,18}{107355,82} = 0,21 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \quad (99)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 107355,82 - 0,15 \cdot 22644,18 = 103959,19 \text{ р.}$$

В таблице 15 представлены основные показатели проекта.

Таблица 15 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
«Стоимость изготовления конструкции	р.	130000	22644,18
«Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции» [8]	р.	–	107355,82

Продолжение таблицы 15

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Экономический эффект	р.	–	103959,19
Срок окупаемости	год	–	0,21

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки конструкции колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND с экономической стороны.

Разработка колесного редуктора для автомобиля NIVA LEGEND (комплект) обойдется в 22644,18 рублей. Срок окупаемости конструкции составит 0,21 года, что приемлемо.

## Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта были улучшены внедорожные качества автомобиля NIVA LEGEND путем модернизации трансмиссии.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции модернизированной трансмиссии автомобиля «NIVA LEGEND» для улучшения его внедорожных свойств без замены двигателя автомобиля на двигатель с большей мощностью и крутящим моментом.

Действующая конструкция трансмиссии автомобиля NIVA LEGEND имеет потенциал для улучшения ее технико-эксплуатационных характеристик. Для решения этой проблемы в дипломной работе предлагается установить на автомобиль NIVA LEGEND колесные редукторы, что является самым выгодным по соотношению стоимости усовершенствования и его эффективности.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены способы усовершенствования трансмиссии для улучшения внедорожных качеств и выполнено обоснование принятой для разработки конструкции;
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля NIVA LEGEND;
- выполнены расчеты зубчатых зацеплений для переднего и заднего колесных редукторов, расчеты ведомого и ведущего валов переднего колесного редуктора, корпуса редуктора, выполнен подбор смазки для редуктора;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки колесного редуктора;
- 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 Вершигора В. А. Автомобиль ВАЗ-2121 "Нива" / В. А. Вершигора, А. П. Игнатов, К. Б. Пятков. - Москва : Транспорт, 1980. - 253 с.
- 3 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 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, cop. 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 Happeian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А  
**Спецификации**

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>					
А4		23.ДП.01.126.61.01.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А1		23.ДП.01.126.61.01.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Сборочные единицы</i>					
1		23.ДП.01.126.61.01.000	Зубчатое колесо	1	
2		23.ДП.01.126.61.02.000	Вал-шестерня	1	
<i>Детали</i>					
3		23.ДП.01.126.61.01.003	Вал ведомый	1	
4		23.ДП.01.126.61.01.004	Крышка	1	
5		23.ДП.01.126.61.01.005	Карпус	1	
6		23.ДП.01.126.61.01.006	Втулка	1	
7		23.ДП.01.126.61.01.007	Прокладка	1	
8		23.ДП.01.126.61.01.008	Ступица	1	
9		23.ДП.01.126.61.01.009	Поворотный кулак	1	
10		23.ДП.01.126.61.01.010	Верхний рычаг	1	
11		23.ДП.01.126.61.01.011	Гайка стопорная	1	
12		23.ДП.01.126.61.01.012	Гайка стопорная	1	
13		23.ДП.01.126.61.01.013	Манжета уплотнительная	2	
14		23.ДП.01.126.61.01.014	Нижний рычаг	1	
15		23.ДП.01.126.61.01.015	Вал привода колеса	1	
16		23.ДП.01.126.61.01.016	Продка	1	
<b>23.ДП.01.126.61.01.000</b>					
Изм. / лист		№ докум.		Подп.	
Разраб.		Мезенцев А.В.		Дата	
Пров.		Угарова Л.А.		<b>Редуктор колесный передний</b>	
Н.контр.		Угарова Л.А.			
Утв.		Бодровский А.В.			
				Лит	Лист
				Д	1
				Листов	
				2	
<b>ТГУ, АТс-1801б</b>					
Копировал <span style="float: right;">Формат А4</span>					

Рисунок А.1 – Спецификация на редуктор колесный передний

Продолжение Приложения А

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зачн.	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Мезенцев А.О.		Лист		
												Изм.	Лист		№ док-м.	Подп.
									<i>Покупные изделия</i>						23.ДП.01.126.61.01.000	2
							18		Сапун	1						
							19		Привод колеса	1						
							20		Болт М8х1,0-65 ГОСТ 7789-70	2						
							21		Опора шаровая	2						
							22		Кольцо стопорное	1						
							23		Кольцо стопорное	1						
							24		Манжета уплотнительная	1						
							25		Подшипник конический	4						
							26		Подшипник ступичный	2						
							27		Шайба уплотнительная	1						
							28		Шайба 8 ГОСТ 6402-70	2						
							29		Гайка М8х1,0 ГОСТ 5915-70	2						
							30		Втулка	1						
							31		Шайба	1						

Рисунок А.2 – Спецификация на редуктор колесный передний