

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка тягово-сцепного устройства седельного типа для  
автомобиля ВИС

Обучающийся

Е. Т. Штрыков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

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

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

канд. пед. наук, доцент А.В. Кириллова (Егорова)

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

канд. физ.-мат. наук, 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)

Тольятти 2025

## Аннотация

В рамках дипломного проекта представлена разработка тягово-сцепного устройства седельного типа для легкового автомобиля марки ВИС. Данное устройство предназначено для расширения функционала серийных пикапов путём возможности буксировки полуприцепов малой грузоподъёмности, что актуально для малого бизнеса, фермерского хозяйства и индивидуальных предпринимателей.

Развитие малого предпринимательства и сельского хозяйства требует увеличения мобильности и грузоподъёмности малых коммерческих автомобилей. Легковые автомобили семейства ВИС, выпускаемые отечественной промышленностью, обладают высокими показателями проходимости и компактности, однако ограниченность их базового функционала затрудняет эффективное использование в качестве коммерческой техники для перевозки грузов, строительных материалов или сельскохозяйственной продукции.

В проекте проведен анализ существующего рынка прицепной техники и зарубежного опыта производства аналогичных устройств. Изучены конструкторские особенности популярных тягово-сцепных устройств иностранных производителей, что позволило выявить перспективы их применения на отечественном рынке. Представлен подробный расчёт сил, действующих на сцепное устройство, а также проведен выбор материала и способа изготовления отдельных элементов конструкции.

Особое внимание уделено обеспечению устойчивости сцепления между автомобилем и полуприцепом, снижению нагрузок на раму автомобиля и упрощению монтажа-разборки устройства. Конструкция разработана таким образом, чтобы максимально сохранить оригинальные свойства кузова и шасси автомобиля, сохраняя баланс удобства эксплуатации и безопасности транспортировки груза.

Проектируемое тягово-цепное устройство решает ряд важных практических задач:

- позволяет эффективно использовать коммерческие автомобили ВИС для транспортировки негабаритных грузов и товаров народного потребления;
- способствует развитию частного бизнеса и мелкого сельскохозяйственного сектора, предоставляя дополнительные транспортные ресурсы малым предпринимателям;
- минимизирует капиталовложения в покупку специализированной техники и улучшает логистические процессы на предприятиях;
- повышает конкурентоспособность российских автомобилей ВИС на внутреннем рынке за счёт дополнительной функциональности и удобства использования.

Кроме того, разработанный проект оказывает положительное влияние на экономику страны, стимулируя развитие внутреннего спроса на продукцию автомобилестроения и смежных отраслей промышленности. Таким образом, данная тема имеет ярко выраженную прикладную ценность и способна внести значительный вклад в формирование экономически устойчивого и самодостаточного предпринимательского сообщества России.

Результатом дипломного проекта стала рабочая документация, содержащая чертежи и схемы для производства тягово-цепного устройства, а также экономический расчет себестоимости изделия и рентабельности проекта. Настоящая разработка имеет высокую степень практической значимости, поскольку направлена на расширение возможностей малотоннажных коммерческих автомобилей российского производства и улучшение экономических показателей предпринимательской деятельности владельцев таких транспортных средств.

## **Abstract**

The diploma project presents the development of a fifth-wheel towing hitch for a VIS passenger car. This device is designed to expand the functionality of serial pickups by towing low-capacity semi-trailers, which is relevant for small businesses, farms and individual entrepreneurs.

The development of small businesses and agriculture requires increasing the mobility and load capacity of small commercial vehicles. VIS family passenger cars manufactured by the domestic industry have high cross-country ability and compactness, but the limited functionality of their basic functionality makes it difficult to effectively use them as commercial vehicles for transporting goods, building materials or agricultural products.

The project analyzes the existing market for trailer equipment and foreign experience in the production of similar devices. The design features of popular towing hitches from foreign manufacturers were studied, which made it possible to identify the prospects for their use in the domestic market. A detailed calculation of the forces acting on the coupling device is presented, as well as a selection of the material and manufacturing method for individual structural elements. Particular attention is paid to ensuring the stability of the coupling between the vehicle and the semi-trailer, reducing the load on the vehicle frame and simplifying the assembly and disassembly of the device. The design is developed in such a way as to maximally preserve the original properties of the vehicle body and chassis, maintaining a balance between ease of use and safety of cargo transportation.

The designed towing hitch solves a number of important practical problems:

- allows for the efficient use of VIS commercial vehicles for the transportation of oversized cargo and consumer goods;
- promotes the development of private business and the small agricultural sector, providing additional transport resources to small entrepreneurs;
- minimizes capital investments in the purchase of specialized equipment and improves logistics processes at enterprises;

- increases the competitiveness of Russian VIS vehicles in the domestic market due to additional functionality and ease of use.

In addition, the developed project has a positive impact on the country's economy, stimulating the development of domestic demand for products of the automotive industry and related industries. Thus, this topic has a pronounced applied value and is capable of making a significant contribution to the formation of an economically sustainable and self-sufficient entrepreneurial community in Russia. The result of the diploma project was working documentation containing drawings and diagrams for the production of a towing hitch, as well as an economic calculation of the cost price of the product and the profitability of the project. This development has a high degree of practical significance, since it is aimed at expanding the capabilities of light commercial vehicles of Russian production and improving the economic indicators of entrepreneurial activity of the owners of such vehicles.

## Содержание

Введение .....	8
1 Теоретические исследования объекта дипломного проектирования .....	10
1.1 Анализ конструктивных особенностей автомобиля ВИС, принятого в качестве объекта разработки .....	10
1.2 Анализ конструкции тягово-сцепного устройства, применяемого на автомобиле ВИС .....	13
2 Тяговый расчет разрабатываемого транспортного средства .....	18
2.1 Исходные данные .....	18
2.2 Определение параметров автомобиля .....	18
2.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя .....	20
2.4 Определение передаточного числа главной передачи .....	22
2.5 Время и путь разгона автомобиля .....	22
2.6 Мощностной баланс автомобиля .....	23
2.7 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства .....	24
3 Расчет конструкции седельного тягово-сцепного устройства .....	26
3.1 Расчет усилий на перемещение полуприцепа .....	26
3.2 Конструкторский расчет сил, воздействующих на седельно-сцепное устройство и его детали .....	29
3.3 Расчет верхнего и нижнего рычагов подвески .....	33
3.4 Расчет на долговечность шаровых опор рычагов .....	36
4 Разработка технологического процесса сборки седельного тягово-сцепного устройства .....	39
4.1 Обзор узла, принятого для технологической разработки .....	39
4.2 Разработка технологического процесса сборки седельного тягово-сцепного устройства .....	40
5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки .....	44

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования .....	44
5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования .....	47
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	49
5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки .....	51
5.5 Обеспечение экологической безопасности .....	54
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки .....	56
6.1 Описание участка и производимых работ .....	56
6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке .....	57
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке	59
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки .....	61
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала .....	63
Заключение .....	67
Список используемой литературы и используемых источников .....	72

## Введение

Легковой автомобиль семейства ВИС, обладающий высоким уровнем комфорта, простотой эксплуатации и хорошим показателем удельной массы, успешно применяется как транспортное средство общего назначения и коммерческий автомобиль. Однако недостатком базовой комплектации пикапов данной марки является невозможность использования полуприцепов, что существенно ограничивает область их применения в сфере небольших перевозок и оказания услуг населению. С целью расширения функциональных возможностей автомобилей ВИС предлагается разработать тягово-цепное устройство седельного типа, позволяющее подключить небольшой полуприцеп массой до 2 тонн и обеспечивающее дополнительное пространство для перевозки крупногабаритных грузов, сельхозпродукции и строительных материалов.

Целью настоящей работы является создание тягово-цепного устройства седельного типа для автомобиля ВИС, соответствующего основным требованиям по безопасности, удобству эксплуатации и экономической целесообразности. Это устройство призвано расширить возможности стандартного пикапа, позволив владельцу автомобиля осуществлять эффективные перевозки тяжелых и крупных грузов с использованием полуприцепов малой тоннажности.

Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

- исследование мирового опыта разработки аналогичных тяговых устройств и определение подходов к проектированию;
- расчёт нагрузок, возникающих при эксплуатации устройства, и подбор наиболее подходящих конструкционных материалов;
- конструкторская разработка тягово-цепного устройства с учетом совместимости с существующими моделями пикапов ВИС;

- моделирование динамики взаимодействия автомобиля и полуприцепа, оценка влияния устройства на устойчивость автомобиля и безопасность вождения;
- разработка технической документации, пригодной для промышленного производства изделия;
- технико-экономический анализ проекта и обоснование экономической выгоды от использования тягово-сцепного устройства.

Современные реалии требуют постоянного обновления инфраструктуры транспортных средств, адаптированных к различным видам хозяйственной деятельности. Автомобили ВИС широко используются частными лицами и малыми предприятиями, нуждающимися в дополнительном функционале для доставки товаров, продуктов и стройматериалов. Установка тягово-сцепного устройства даёт владельцам автомобилей самостоятельно решать проблемы небольшого бизнеса, не прибегая к покупке дорогостоящей спецтехники.

Научная новизна данного проекта заключается в исследовании факторов воздействия нестандартных нагрузок на конструкцию автомобиля и определении способов улучшения сцепных свойств и общей стабильности ходовой части при использовании полуприцепов. Предлагаемое решение объединяет накопленный мировой опыт и инновационный подход к решению задач механизации транспортного процесса, что выгодно отличает проект от традиционных схем строительства и эксплуатации грузовых автомобилей.

Практическая значимость работы выражается в возможности расширения сферы применения автомобилей ВИС в хозяйственно-производственной деятельности и повышении доступности и экономической выгоды перевозок с применением полуприцепов малой грузоподъемности.

Подводя итог, можно утверждать, что разработанный проект носит прикладной характер и ориентирован на удовлетворение потребностей широких слоев населения и представителей малого бизнеса, делая акцент на инновационности и экономической эффективности создаваемых решений.

## **1 Теоретические исследования объекта дипломного проектирования**

### **1.1 Анализ конструктивных особенностей автомобиля ВИС, принятого в качестве объекта разработки**

Автомобиль марки ВАЗ ИнтерСервис (сокращенно — ВИС), созданный на базе легендарной советской машины ВАЗ-2123 («Нива»), представляет собой удачный пример модернизации и адаптации классической конструкции под современные условия эксплуатации. Автомобиль унаследовал прочную рамную конструкцию и внедорожные качества оригинальной модели ВАЗ-2123, обеспечивающие высокую проходимость даже в сложных дорожных условиях. Используются проверенная временем подвеска с рессорной конструкцией, надежная трансмиссия и система полного привода. На рисунке 1 представлен пикап ВИС на базе автомобиля Нива.



Рисунок 1 – Автомобиль VIS 2346 / ВИС 2346

Кузова автомобилей ВИС отличаются от оригинала большим разнообразием вариантов исполнения. Например, популярны пикапы, фургоны, микроавтобусы, санитарные автомобили и специализированные транспортные средства (например, пожарные авто). Большинство моделей оснащаются металлическими бортовыми платформами, удобными кузовами различных объемов и размеров, позволяющими перевозить грузы различного назначения.

В качестве двигателя используется бензиновый двигатель объемом 1,7 литра мощностью 80 л.с., заимствованный у классического ВАЗ-2121. Трансмиссия представлена механической коробкой передач с постоянным полным приводом, блокировкой дифференциалов и понижающей передачей.

Преимуществами автомобиля является:

- надежность и простота обслуживания благодаря доступности запчастей и многолетнему опыту ремонта классических советских машин;
- отличная приспособленность к российским условиям эксплуатации, включая плохие дороги и суровые климатические условия;
- универсальность применений: использование как коммерческого транспорта, так и специального автомобиля для служб экстренного реагирования, сельского хозяйства и небольших перевозок.

«До 2006 года компания ВИС производила штучно полуприцеп для автомобиля ВИС-2345, результатом явилась транспортная система ВИС-23454, которая показана на рисунке 2. В настоящее время транспортное средство не производится по причине прекращения производства автомобиля, взятого в качестве базы, ВАЗ-2107. Однако, спрос на транспортное средство подобного типа сохраняется, особенно со стороны частных лиц и компаний, занимающихся перевозкой штучных длинномерных грузов или просто ремонтными и монтажными работами.» [1]



Рисунок 1.2 – Транспортное средство ВИС-23454

«В качестве тягача был взят обычный развозной фургон ВИС-2345, в свою очередь построенный на основе легкового седана ВАЗ-2107. Задняя часть пикапа представляет собой полураму, на которую установили сцепное устройство седельного типа. Кстати, на машину можно было установить обычную, штатную грузовую платформу, не снимая это устройство, используя её как обычный пикап. Установили более мощный мотор объемом 1.7 литра, мощностью 80 л.с., от «Нивы». Прицепы предлагались двух видов, отличались они длиной. Более короткий, с грузовой платформой 3850 x 1610 мм, второй был длиннее – 5660 мм, с ним общая длина автопоезда составляла 8.1 метр. Максимальная нагрузка на заднюю ось – 1000 кг, на сцепное устройство – 600 кг. Прицеп оборудован тормозной системой с гидроприводом. Соединяется она посредством двух цилиндров, управляющий установлен на тягаче, это обычный вазовский рабочий цилиндр сцепления, а от прицепа идет ведомый, в виде жигулевского главного цилиндра сцепления. Один давит на другой, таким образом, усилие передается

на тормоза прицепа, и обеспечивается быстрое разъединение и соединение без необходимости прокачки тормозной системы. Более производительный главный тормозной и вакуумный усилитель позаимствовали от «Нивы». Согласно информации производителя, предназначен такой автопоезд для перевозки объемных и легких грузов весом до одной тонны, в первую очередь для фермерских хозяйств.» [1]

## **1.2 Анализ конструкции тягово-сцепного устройства, применяемого на автомобиле ВИС**

Тягово-сцепное устройство (ТСУ) играет ключевую роль в обеспечении безопасной буксировки прицепов и полуприцепов автомобилем, обеспечивая надежную передачу тяговых усилий и стабильное сцепление между транспортными средствами. Правильно подобранное и грамотно спроектированное ТСУ способствует повышению безопасности движения, снижению износа элементов конструкции транспортного средства и увеличению срока службы ходовой части автомобиля.

Целью настоящего исследования является проведение комплексного анализа конструкции тягово-сцепного устройства, используемого на автомобилях семейства ВИС, производимых на базе шасси ЛАДА Нива. Анализ включает оценку конструктивных особенностей, эксплуатационных характеристик и выявление потенциальных слабых мест, влияющих на надежность и долговечность изделия. Полученные результаты позволят разработать рекомендации по оптимизации конструкции ТСУ, направленные на повышение эффективности и долговечности системы.

«Седелно-сцепным устройством (далее-ССУ) называется устройство, предназначенное для сцепки седельного тягача с полуприцепом. Современные седельные тягачи оборудуются различными видами ССУ. Классификация ССУ показана на рисунке 3.» [11]

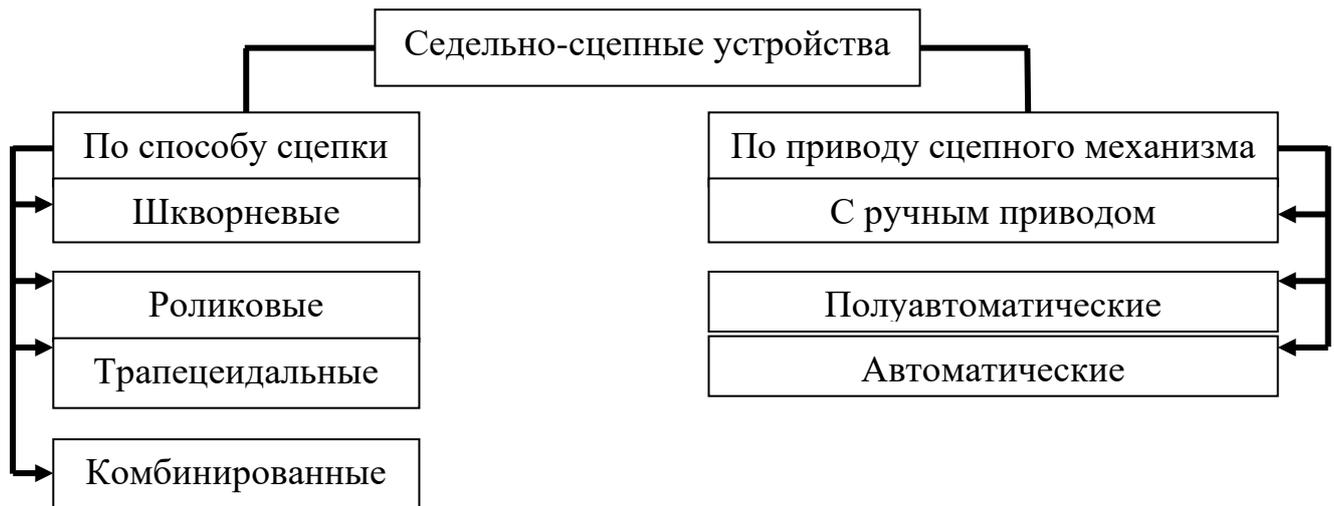


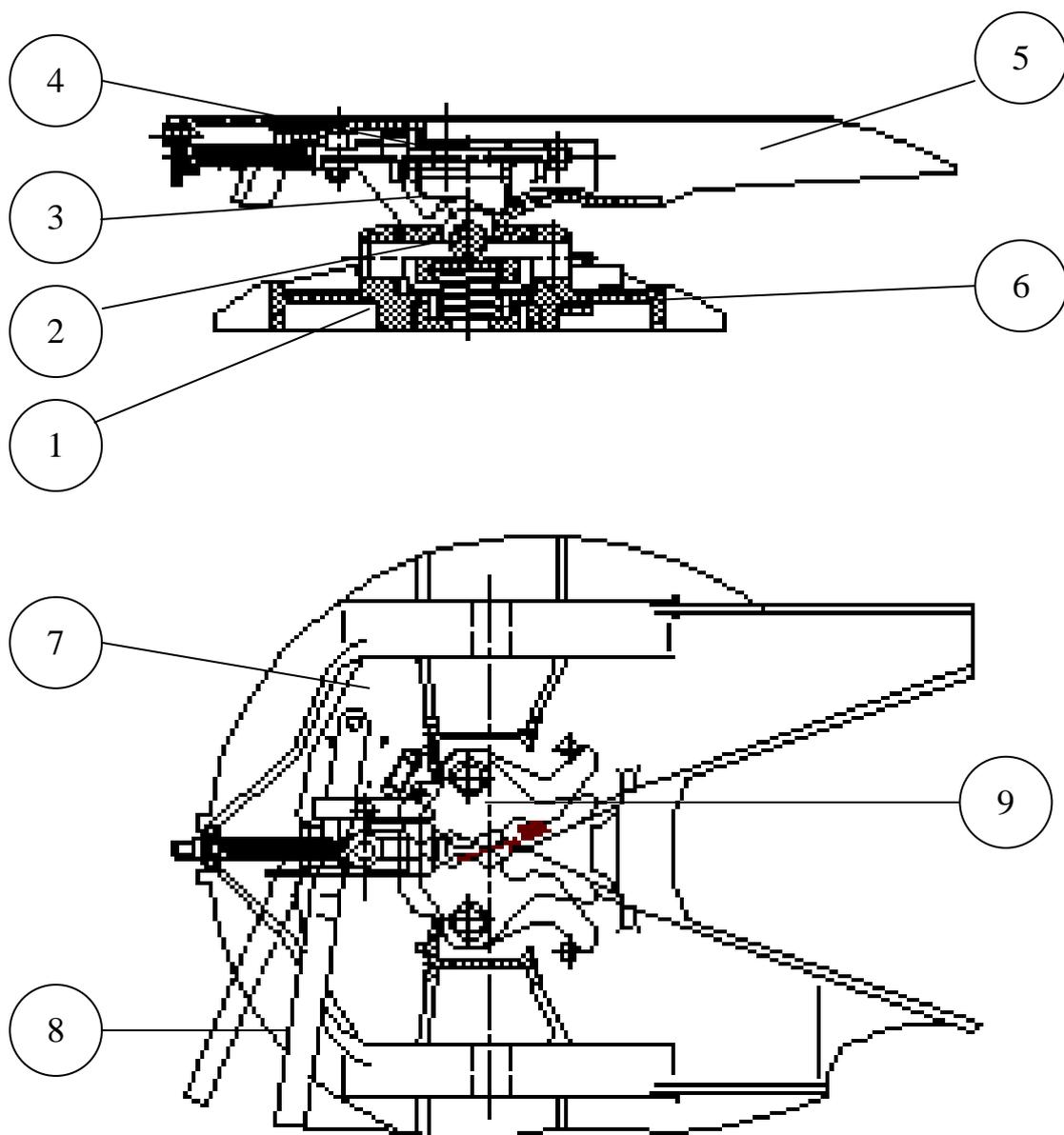
Рисунок 3 – Типы седельно-цепных устройств, классифицированных по различным признакам

Шкворневое седельное тягово-цепное устройство применяется преимущественно на грузовых транспортных средствах, предназначенных для буксировки полуприцепов. Его название обусловлено наличием основного элемента — шкворня, который служит опорой и осью вращения соединения.

Устройство состоит из нескольких ключевых компонентов:

- шкворень – это стержневой элемент, расположенный вертикально и служащий осью вращения шарнирного соединения между транспортным средством и полуприцепом. Шкворень обеспечивает свободу поворота относительно вертикальной оси, позволяя полуприцепу двигаться относительно тягача;
- седло (седельная плита) расположено непосредственно над задней частью рамы тягача и служит основанием для установки шкворня. Седло имеет отверстия и крепления для фиксации шкворня и удержания нагрузки от полуприцепа;
- защелки или фиксаторы предназначены для надежного закрепления шкворня в седле и предотвращения случайного отсоединения полуприцепа от тягача;

- амортизаторы и демпферы применяются для снижения ударных нагрузок и вибраций, возникающих при движении по неровностям дорожного покрытия.



1-опорная плита; 2-шарнир продольной гибкости ; 3-траверса;4-шарнир поперечной гибкости; 5-седло; 6-боковая пружина; 7- поджимающая пружина; 8-приводной рычаг; 9- замок.

Рисунок 4 - Схема седельно-сцепного устройства

«В седельно-сцепном устройстве седло 5 вместе со сцепным механизмом смонтировано на опорной плите 1 крепящейся к раме автомобиля. В приливах опорной плиты смонтирована ось 4 шарнира поперечной гибкости, а в траверсе 3 – ось 2 шарнира продольной гибкости. Две пружины 6 нагружают траверсу для повышения плавности поперечных колебаний. Сцепной механизм состоит из приводного рычага 8, который проводит в действие замок 9. Сцепка происходит путем смыкания губок замка под действием пружины 7 при возврате приводного рычага в исходное положение.» [11]

При соединении полуприцепа с тягачом водитель устанавливает шкворень полуприцепа в соответствующее отверстие седельной плиты и фиксирует его защелками или замком. Во время движения шкворень свободно поворачивается вокруг своей оси, обеспечивая поворот полуприцепа относительно трака. Под действием нагрузки и динамических воздействий усилие передается через седельную плиту на раму тягача, распределяясь равномерно по несущим элементам конструкции.

К преимуществам шкворневых седельных тягово-сцепных устройств относятся:

- высокая грузоподъемность и способность выдерживать значительные нагрузки;
- простота конструкции и удобство эксплуатации;
- возможность быстрой замены отдельных изношенных частей;
- надёжность и устойчивость к внешним воздействиям.

Однако такие устройства требуют регулярного технического обслуживания, своевременной смазки подвижных соединений и контроля состояния крепежных элементов. Правильная эксплуатация и грамотное техническое обслуживание позволяют значительно продлить срок службы шкворневого седельного тягово-сцепного устройства и обеспечить безопасность движения автопоезда.

В ходе проведенного анализа конструкций автомобиля ВИС и седельного тягово-сцепного устройства были получены следующие ключевые выводы.

Конструктивные особенности автомобиля ВИС обеспечивают хорошую проходимость и возможность эффективной эксплуатации в тяжелых российских дорожных условиях. Однако выявлен ряд недостатков, связанных с устаревшими технологиями производства и ограниченным уровнем комфорта водителя и пассажиров. Необходимо рассмотреть модернизацию узлов подвески, улучшение эргономики кабины и оптимизацию силовых агрегатов для повышения конкурентоспособности автомобиля.

Анализ показал, что стандартное шкворневое седельное тягово-сцепное устройство обладает достаточной прочностью и надежностью для стандартных условий эксплуатации. Тем не менее выявлены потенциальные зоны повышенного износа, обусловленные недостаточной защитой от коррозии и низкой эффективностью системы смазки. Рекомендуется внедрение новых материалов для изготовления штатива и установка усовершенствованных уплотнений для защиты от попадания грязи и влаги. Изучение процессов взаимодействия показало наличие повышенных колебаний при определенных режимах движения, особенно на высоких скоростях. Выявлено, что применение современных амортизаторов и стабилизирующих систем позволит снизить уровень вибрации и повысить комфорт вождения, а также увеличить ресурс комплектующих.

Для дальнейшего совершенствования конструкции рекомендуется внедрить систему активного управления подвеской, провести экспериментальные испытания модернизированных версий механизма и изучить возможности перехода на гибридные силовые агрегаты для улучшения экологичности и топливной экономичности.

Проведение дальнейших исследований позволит создать конкурентоспособную продукцию, соответствующую современным требованиям рынка автомобильной техники и повысит эффективность эксплуатации транспортного средства.

## 2 Тяговый расчет разрабатываемого транспортного средства

### 2.1 Исходные данные

«Автомобиль представляет собой транспортное средство, выполненный на агрегатах автомобиля Lada Niva. Поэтому, в разделе, позволяющем продемонстрировать тяговые характеристики транспортного средства, взятого в качестве прототипа, производится расчет именно такого транспортного средства. Исходные данные для расчета транспортного средства приводятся в таблице 1.» [13]

Таблица 1 – Исходные данные для тягового расчета транспортного средства

Наименование параметра	Значение параметра
Тип транспортного средства	легковой автомобиль повышенной проходимости
Тип привода	полноприводный
Класс транспортного средства	легковой, третий
Количество мест	2(5)
Снаряженная масса, кг	1250
Максимальная скорость, км/ч (м/с)	140 (38,9)
Коэффициент сопротивления качению	0,01
Максимально преодолеваемый подъем	0,22
Лобовая площадь, м <sup>2</sup>	2,24

### 2.2 Определение параметров автомобиля

«Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + (m_n + m_б) \cdot n_{п}, \quad (11)$$

где  $m_0$  - снаряженная масса автомобиля;

$m_n$  - масса одного пассажира,  $m_n = 75$  кг;

$m_6$  - масса багажа, приходящегося на одного пассажира,  $m_6 = 10$  кг;

$n_{п}$  - число мест пассажиров, включая водителя,  $n_{п} = 5$  чел.;» [1]

$$m_a = 1250 + (75 + 10) \cdot 5 = 1675 \text{ кг.}$$

«Классическая компоновка предполагает распределение массы по осям автомобиля в пропорции 50 на 50 процентов. Следовательно, вес автомобиля, приходящийся на каждую ось, определяется по формуле:

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot g, \quad (12)$$

где  $F_1$  - вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля, Н;

$F_2$  - вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля, Н;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ М/с}^2$ ;» [3]

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot 1675 \cdot 9,81 = 8215,875 \text{ Н.}$$

«Шины выбираем бескамерные радиальные, размерностью 195/80 R16. Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

$$r_{ст} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (13)$$

где  $d$  - посадочный диаметр шины:

$\lambda_z$  - коэффициент вертикальной деформации шины,  $\lambda_z = 0,85$ ;

$H$  - высота профиля шины,  $H = 0,8 \cdot 165 = 132$  мм;» [4]

$$r_{ст} = 0,5 \cdot 330,2 + 0,85 \cdot 132 = 277,3 \text{ мм.}$$

«На дорогах с твёрдым покрытием:

$$r_{ст} = r_d = r_k, \quad (14)$$

где  $r_d$  - динамический радиус колеса, м;

$r_k$  - радиус качения колеса, м;» [24]

### 2.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

«Мощность двигателя определяется при максимальной скорости автомобиля с учетом КПД трансмиссии по формуле:

$$N_v = \frac{N_k + N_g}{1000 \cdot \eta_T} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_v \cdot V_{max} + K_B \cdot A_a \cdot V_{max}^3}{1000 \cdot \eta_T}, \quad (15)$$

где  $m_a$  - полная масса автомобиля;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ М/с}^2$ ;

$\psi_v$  - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля:» [4]

$$\psi_v = f_v = f_k \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_{max}^2) \quad (16)$$

« $K_B$  - коэффициент сопротивления воздуха,  $K_B = 0,35$ ;

$\eta_T$  - КПД трансмиссии:  $\eta_T = 0,98^0 \cdot 0,97^1 \cdot 0,98^3 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91$ ;

$$\psi_v = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 38,9^2) = 0,017;$$

$$N_v = \frac{1675 \cdot 9,81 \cdot 0,017 \cdot 38,9 + 0,35 \cdot 2,24 \cdot 38,9^3}{1000 \cdot 0,91} = \frac{57015,6}{910} = 62,6 \text{ кВт.}$$

Максимальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_{emax} = \frac{N_v}{\frac{\omega_v}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^3} \quad (17)$$

где  $\omega_N$  - угловая скорость коленчатого вала при максимальном значении мощности:

$$\omega_N = \frac{\pi \cdot n_N}{30}, \quad (18)$$

где  $n_N$ - частота вращения коленчатого вала при максимальном значении мощности, об/мин.,  $n_N = 5200 \text{ мин}^{-1}$ ;

$$\omega_N = \frac{3,14 \cdot 5200}{30} = 544,26 \text{ с}^{-1};$$

$\omega_v$  - коленчатого вала двигателя, при которой достигается максимальная скорость автомобиля:» [24]

$$\omega_v = 1,1 \cdot \omega_N, \quad (19)$$

$$\omega_v = 1,1 \cdot 544,26 = 598,6 \text{ с}^{-1};$$

«По полученным значениям  $N_e^{max}$ ,  $N_v$  и формуле (17) рассчитывают внешнюю скоростную характеристику двигателя выбрав 6 значений в диапазоне  $\omega_{max_{min}}$ . Полученные данные сводим в таблицу 2, рисунок А.1, Приложение А:» [15]

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика автомобиля

$n_e$ (об/мин)	800	1900	3000	4100	5200	5719
$\omega_e$ ( $\text{с}^{-1}$ )	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
$N_e$ (кВт)	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,4
$M_e$ (Н · м)	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57

$$N_e = N_e^{max} \left[ \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (20)$$

где  $\omega_e$ - текущие значения угловой скорости коленчатого вала рад/с;

$N_e$  - текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт;

Для построения кривой эффективного момента  $M_e$  применяем формулу:

$$M_e = 1000 \cdot \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (21)$$

## 2.4 Определение передаточного числа главной передачи

«Передаточное число главной передачи  $U_0$  определяется, исходя из максимальной скорости автомобиля:

$$U_0 = \frac{\omega_{Kmax}}{U_K^B \cdot V_{max}}, \quad (22)$$

где  $\omega_{max}$  - максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя;»  
[10], [16]

$$U_K^B = U_{K4} = 1,0; \quad (23)$$

$$U_0 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1 \cdot 38,9} = 4,26.$$

## 2.5 Время и путь разгона автомобиля

«Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей IV передачи. Полученные данные занесем в таблицу 3.

Время разгона автомобиля:

$$t_p = \left( \frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (24)$$

где  $j_{cp}$  - среднее значение ускорения автомобиля между двумя участками IV передачи;

$\Delta V$  - разница скорости между двумя участками IV передачи;» [2], [10]

Время разгона от скорости  $V_{min}$  :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (25)$$

Путь разгона автомобиля:

$$S_p = V_{cp} \cdot t_p, \quad (26)$$

где  $V_{cp}$  - средняя скорость между двумя участками IV передачи;

$t_p$  - разница времени разгона автомобиля между двумя участками IV передачи;

Путь разгона от скорости  $V_{min}$  :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k, \quad (27)$$

Расчет времени и пути разгона автомобиля выполняется в расчетной программе. Результаты проведенного расчета отражены в таблице 3, рисунок А.2, Приложение А.

Таблица 3 - Время и путь разгона автомобиля

$V_a, \text{ М/С}$	$V_{min}$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$
$V_a, \text{ М/С}$	1,36	5,1	8,13	15,5	24,63	32	35,38
$1/j_a, \text{ с}^2/\text{М}$	0,42	0,38	0,46	0,69	1,23	3,2	4,76
$t_p, \text{ с}$	0	1,496	2,768	6,998	15,762	32,086	45,538
$S_p, \text{ м}$	0	4,832	13,246	63,223	239,072	701,286	1184,483

## 2.6 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (28)$$

где  $N_e$  - эффективная мощность двигателя;

$\eta_{TP}$  - КПД трансмиссии;

«Используемая мощность двигателя на IV передаче:

$$N = \frac{(F_{\psi v} + F_B) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (29)$$

где  $F_{\psi v}$  - сила сцепления колес с дорогой;

$F_B$  - сила сопротивления воздуха;

$V_a$  - текущая скорость автомобиля;

$\eta_{TP}$  - КПД трансмиссии;» [2]

## 2.7 Топливо-экономическая характеристика транспортного средства

«Путевой расход топлива при пробеге автомобиля 100 км (л):

$$Q_S = \frac{K_\omega \cdot K_n \cdot g_e^{\min(F_{\psi v} + F_B)}}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T} \quad (30)$$

где  $K_\omega$  и  $K_n$  - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины  $g_e$  в зависимости от угловой скорости и мощности двигателя;

$g_e^{\min}$  - минимальный удельный эффективный расход топлива;

$\rho_T$  - плотность топлива,  $\rho_T = 0,72 \text{ кг/л}$ ;» [19]

Через степень использования мощности двигателя найдем коэффициент  $K_n$ :

$$K_n = \frac{F_{\psi v} + F_B}{F_K}, \quad (31)$$

В результате проведенного тягово-динамического расчета автомобиля ВИС на базе автомобиля Lada Niva были получены следующие выводы.

В результате проведенного расчета были определены основные динамические характеристики автомобиля, такие как максимальная скорость, время разгона до заданной скорости, усилие тяги на колесах, динамический запас тяги на различных передачах и режимах движения. Расчет выявил влияние различных факторов на тягово-динамические характеристики, включая массу автомобиля, аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению, крутящий момент двигателя, передаточные числа трансмиссии, а также дорожные условия. Было установлено, как изменение каждого из этих параметров влияет на динамику разгона и максимальную скорость. Анализ результатов расчета позволил определить оптимальные режимы работы двигателя и трансмиссии для достижения максимальной эффективности движения в различных условиях эксплуатации (например, на ровной дороге, в гору, при буксировке груза). Полученные результаты расчета позволяют оценить соответствие тягово-динамических характеристик автомобиля ВИС заданным требованиям технического задания или нормативным документам.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

### 3 Расчет конструкции седельного тягово-цепного устройства

#### 3.1 Расчет усилий на перемещение полуприцепа

Определение усилий, необходимых для перемещения полуприцепа, является важной задачей при проектировании и эксплуатации автомобильного состава. Эти усилия оказывают значительное влияние на выбор двигателя, трансмиссии и тормозной системы тягача, а также определяют требования к дорожному покрытию и инфраструктуре логистических маршрутов.

При расчете перемещающих усилий учитываются различные факторы, среди которых масса полуприцепа, коэффициент сопротивления движению, уклоны дорог, аэродинамическое сопротивление воздуха и силы сцепления колес с дорогой. Особое внимание уделяется расчету максимальных усилий, возникающих при трогании с места, подъеме на горку и торможении.

Основная цель данного раздела заключается в определении зависимости величины перемещающего усилия от массы груза, типа дорожного покрытия и профиля трассы. Результаты расчетов будут использованы для выбора оптимального тягово-цепного устройства, расчета допустимой максимальной скорости движения и оценки необходимого запаса мощности двигателя.

Определение полной массы полуприцепа

$$m_a = m_0 + 3 \cdot m_п \quad (32)$$

где  $m_п = 1050$  кг (масса груза).

$$m_a = 1050 + 750 = 1800 \text{ (кг)}$$

Распределение массы между осью и опорой с учетом коэффициента распределения массы по осям:

для передней опоры коэффициент

$$m_1 = 0,30 \cdot m = 0,30 \cdot 1800 = 540 \text{ (кг)} \quad (33)$$

для задней оси

$$m_2 = 0,70 \cdot m = 0,70 \cdot 1800 = 1260 \text{ (кг)} \quad (34)$$

Определение радиуса качения колеса.

Принимаем шину 215/55R16, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (35)$$

где  $d$  – посадочный диаметр шины,  $\lambda_z = 0,8$  - коэффициент вертикальной деформации,  $H$  – высота профиля шины.

$$r_k = 0,5 \cdot 16 \cdot 0,0254 + 0,8 \cdot 0,55 \cdot 0,215 = 0,300 \text{ (м)}$$

«Расчет производится исходя из того, что прицеп рассчитан на перемещение груза массой до 750 кг, при этом масса самой тележки должна приблизительно составить 150 кг. Произведем расчет усилия оператора при перемещении прицепа. Рекомендуемое усилие перемещения принимаем не более 250 Н.» [10]

«Расчет производится по формуле:

$$W_c = f_k \cdot (Q + G) \cdot \cos \beta + (Q + G) \cdot \sin \beta, \quad (36)$$

где  $f_k = 0,0129$  – коэффициент трения качения

$\cos \beta$  - уклон дорожного полотна,  $\beta = 1,5^\circ$

$Q$  – вес перемещаемого груза,  $Q = 1050 \text{ Н}$

$G$  – вес тележки,  $G = 3000 \text{ Н}$ » [4]

$$W_c = 0,0129 \cdot (10500 + 7500) \cdot 0,9997 + (10500 + 7500) \cdot 0,0262 = 265,2 \text{ Н}$$

Так как предусмотрено самоориентирующееся колесо, произведем расчет его сопротивления качению. Расчет производится по формуле:

$$W_{co} = f_k * P_k * \cos \alpha + (M / l) * \sin \alpha, \quad (37)$$

«где  $M$  – момент, необходимый для проворачивания колеса относительно оси,  $M = f_i * P_k * r_{\pi}$

$l$  – длина отпечатка,  $l = 2 * \sqrt{\frac{D_k}{\Delta h}}$ , где

$P_k$  – нагрузка на колесо,  $P_k = (1500 + 7500) / 6 = 1500$  Н

$D_k$  – диаметр колеса,  $D_k = 70$  мм

$h$  – толщина сплошной обрешиненной шины,  $h = 7$  мм

$\Delta h$  – радиальный прогиб сплошной обрешиненной шины,  $\Delta h = 7$  мм» [10]

$$\Delta h = \sqrt[3]{\frac{(P_k * h / 2 * b * E)^2}{D_k}}$$

$$\Delta h = \sqrt[3]{\frac{(1500 * 7 / 2 * 37 * 7 * 10^6)^2}{70}} = 1,83 \text{ мм}$$

$$l = 2 * \sqrt{\frac{70}{1,83}} = 6,1 \text{ мм}$$

« $\alpha$  – угол между направлением движения и плоскостью колеса, принимаем  $\alpha = 45^\circ$ .

$r_{\pi}$  – приведенное плечо трения по всей поверхности отпечатка,

$$r_{\pi} = \left( \sqrt{4 * b^2 + l^2} + \sqrt{4 * l^2 + b^2} \right) / 12 \quad (38)$$

$b$  и  $l$  – соответственно ширина и длина отпечатка,  $b = 37$  мм

$f_i$  – коэффициент трения скольжения в пятне контакта,  $f_i = 0,4$ » [4]

$$r_n = \left( \sqrt{4 * 37^2 + 11,1^2} + \sqrt{4 * 11,1^2 + 37^2} \right) / 12 = 9,83 \text{ мм}$$

$$M = 0,4 * 962,5 * 9,83 = 3,79 \text{ Н*м}$$

$$W_{co} = 0,0129 * 962,5 * 0,71 + (3,79 / 11,1) * 0,71 = 9,05 \text{ Н}$$

$$W = W_c + W_{co}$$

$$W = 62,55 + 9,05 = 71,6 \text{ Н}$$

«Таким образом, определено минимальное усилие при перемещении транспортного средства. Как следует из расчета, перемещение прицепа без груза вполне под силу человеку и может производиться без использования специальной техники.» [10]

По итогам выполненных расчетов формируются технические рекомендации по выбору наиболее подходящего оборудования и организации безопасного процесса транспортировки грузов.

### **3.2 Конструкторский расчет сил, воздействующих на седельно-сцепное устройство и его детали**

Правильный конструкторский расчет сил, воздействующих на седельно-сцепное устройство (ССУ) и его детали, является важнейшим этапом проектирования любого транспортного комплекса, предназначенного для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. От точности расчета зависит прочность, надежность и долговечность узла, что в свою очередь влияет на безопасность движения и эксплуатацию транспортного средства.

Основной целью данного раздела является определение основных видов нагрузок, действующих на ССУ и его компоненты в процессе эксплуатации. К

таким нагрузкам относятся горизонтальная нагрузка от веса полуприцепа, вертикальное давление, возникающие боковые усилия при маневрировании и ускорениях, а также дополнительные нагрузки, вызванные воздействием внешних факторов (ветра, изменения рельефа местности и др.).

«Учитывая жесткую связь между седельным тягачом и полуприцепом, нетрудно показать, что продольное усилие, действующее на шкворень и разъёмно-сцепной узел, при неравномерном прямолинейном движении автопоезда в общем случае равно:» [11]

$$P_{кр} = m \cdot P_T - (1 - m) \cdot P_n \quad (39)$$

«где  $m$  – коэффициент весовой характеристики автопоезда;

$P_T$  и  $P_n$  – тяговые (тормозные) силы на колесах седельного тягача и полуприцепа.» [11]

$$P_{кр} = 0,23 \cdot 55,09 - (1 - 0,23) \cdot 0 = 12,67 \text{ кН}$$

$$m = \frac{G_n}{G_T + c} \quad (40)$$

«где  $G_n$  – тяжесть полуприцепа;

$G_T$  – тяжесть тягача.

Режим торможения седельного автопоезда со значительным запаздыванием торможения полуприцепа ( $P_n=0$ ) получим:» [11]

$$P_{кр \max} = 0,23 \cdot \varphi \cdot \left( 21000 + \frac{6400 \cdot (21 - 0,23) \cdot (160 - 350) \cdot \varphi}{136 - 0,23 \cdot \varphi \cdot (160 - 350)} \right) = 482$$

«Шкворень рассчитывается на изгиб и срез от силы  $P_{кр \max}$ . Для выполненных конструкций армейских седельных автопоездов напряжения изгиба составляют  $\sigma=50 - 150$  МПа, напряжение среза  $\tau=26-71$  МПа.

Шкворень с помощью фланца и заклепок крепится к опорному листу днища полуприцепа. Под действием изгибающего момента  $M_{изг}=P_{кр \max}$  опорный лист деформируется (рисунок 5).» [15]

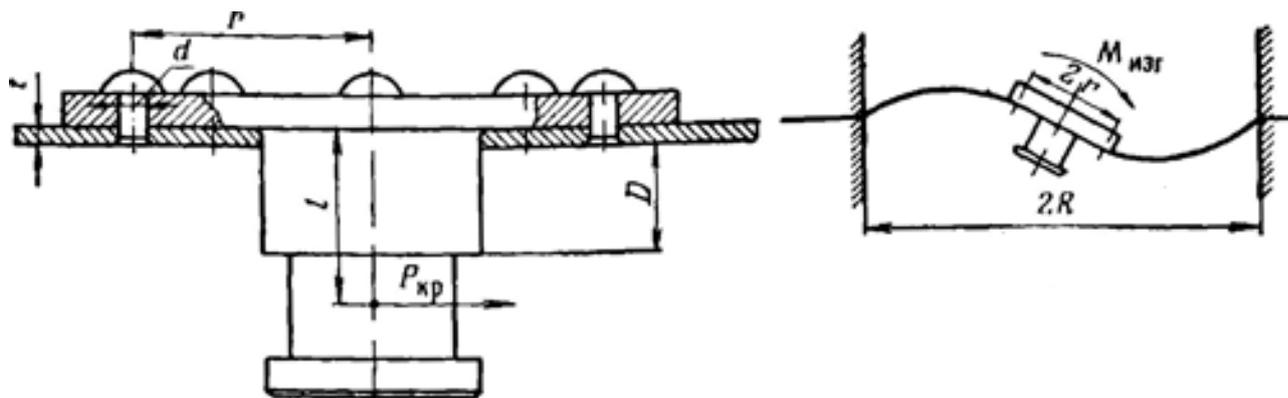


Рисунок 5 – Схема опорного листа полуприцепа

«Наибольшие радиальные напряжения возникают в листе по периметру фланца (в зоне расположения заклепок):

$$\sigma_r = \alpha_k \cdot C_f \cdot \frac{R}{t \cdot n}, \quad (41)$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент концентрации напряжений, учитывающий ослабление опорного листа заклепками, равный 1,67-1,75;

$C_f$  – геометрический коэффициент, учитывающий характер и закрепления, равный 0,25-0,50;

$R$  – радиус пластины (по заклепкам);

$t$  – толщина опорного листа» [15]

$$\sigma_r = 1,7 \cdot 0,35 \cdot \frac{482}{26,12 \cdot 12^2} = 0,76.$$

«Радиальные напряжения  $\sigma_r$  для выполненных конструкций равны 150-450 МПа. Захваты разъемно-цепного узла рассчитываются на смятие от силы  $R$  (Рисунок 6).» [20]

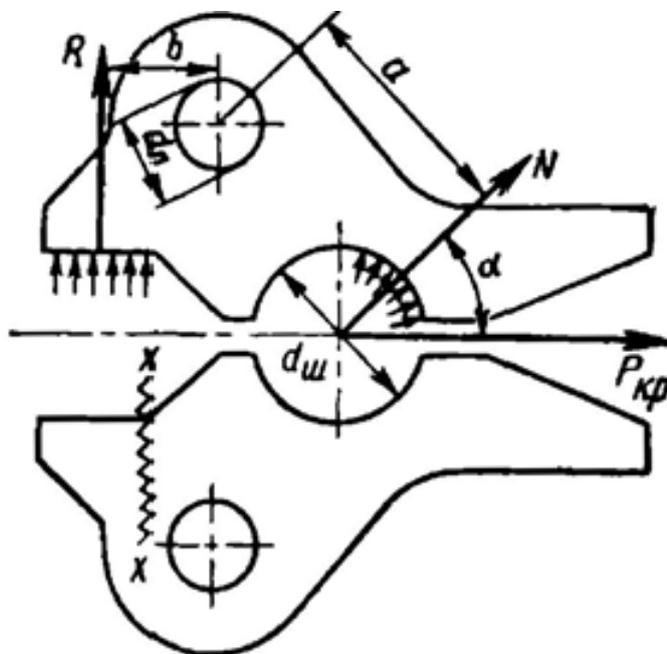


Рисунок 6 – Схема разъемно-цепного узла опорно-цепного устройства

Площадь под замок равна:

$$S = t \cdot n \quad (42)$$

В свою очередь:

$$N = \frac{P_{кр \max}}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (43)$$

тогда:

$$\sigma_{см} = \frac{a \cdot P_{кр \max}}{2 \cdot b \cdot S \cdot \cos \alpha} \quad (44)$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{161,08 \cdot 482}{2 \cdot 216,88 \cdot 0,75} = 238,65$$

Рассчитанное значение удовлетворяет условиям прочности материала.

### 3.3 Расчет верхнего и нижнего рычагов подвески

«Для обоих рычагов выбираем сталь 30Х ГСА. Она имеет следующие прочностные характеристики:  $\sigma_{\text{в}} = 1080$  МПа  $\delta = 10\%$ ,  $\sigma_{\text{в}} = 835$  МПа

Изгибающий момент  $M_{\text{изг}}$  подсчитывается для нескольких сечений рычага, а затем для этих же сечений определяются напряжения изгиба.

$$\sigma_{\text{в}} = M_{\text{и}} / W_{\text{с}} \quad (45)$$

где,  $W_{\text{с}}$  – момент сопротивления в расчётном сечении, который зависит от его формы. В нашем случае для верхнего рычага, т.к. он имеет форму полого тонкостенного прямоугольника, момент сопротивления подсчитывается формулой:

$$W_x = \delta H^2 / 3 (3 \cdot B/H + 1) \quad (46)$$

$$W_y = \delta B^2 / 3 (3 \cdot H/B + 1) \quad (47)$$

$$W_x = W_y = \pi \delta d^2 / 4 \quad (48)$$

Напряжения изгиба должны быть меньше напряжения текучести, они должны удовлетворять условию:

$$K_g \cdot \sigma_{\text{изг}} < [\sigma_{\text{и}}] = 0,7 [\sigma_{\text{т}}] \quad (49)$$

где  $K_g$  - коэффициент динамичности.» [15]

«Проведём расчёт на прочность верхнего рычага. Максимальные нагрузки в подвеске возникают при переезде железной дороги, т.е. при максимально сжатом положении подвески. Чтобы не считать напряжения изгиба в нескольких местах, определим “опасное сечение” в рычаге и определим  $\sigma_{изг\ max}$ . Приложим к верхнему рычагу максимальные силы и построим эпюры нагружений, рисунок 7 и разрез рычага в опасном сечении рисунок 8.» [23]

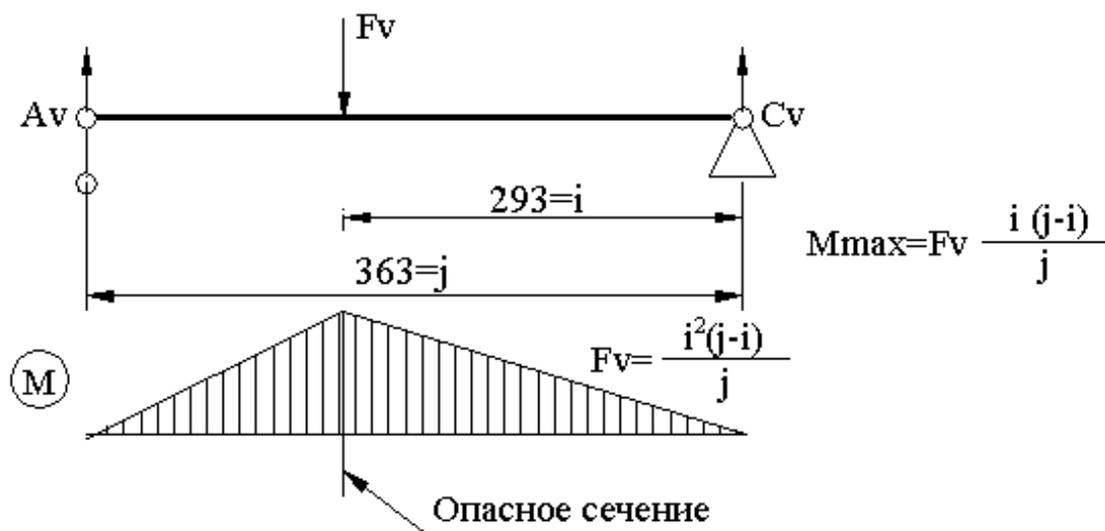


Рисунок 7 - Эпюра нагружения верхнего рычага

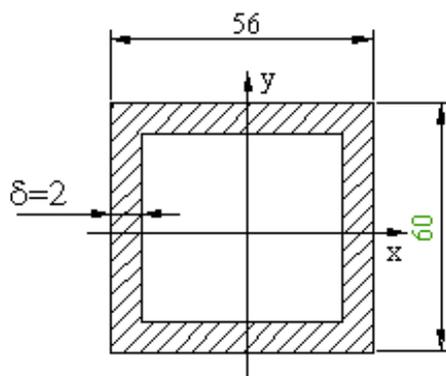


Рисунок 8 - Разрез рычага в опасном сечении

Отсюда:

$$\sigma_{и\ max} = Fv_{\max} i^2 (j-1) / j \cdot (\delta H^2 / 3) \cdot (3B / H + 1) \quad (50)$$

$$\sigma_{и\ max} = 17354 \cdot 293 \cdot 70 \cdot 3 / (363 \cdot 3 \cdot 60^2) (3 \cdot 56 / 60 + 1) = 135 \text{ мПа}$$

для нашего случая  $K_g = 5 \cdot 135 = 675 < [\sigma_{и}]$

Выбор материала и толщины стенки рычага оптимален.

«Приведём расчёт на прочность нижнего рычага. Максимальные напряжения в нижнем рычаге возникают также при переезде железной дороги.

Схема нагружения представлена на рисунке 9.» [22]

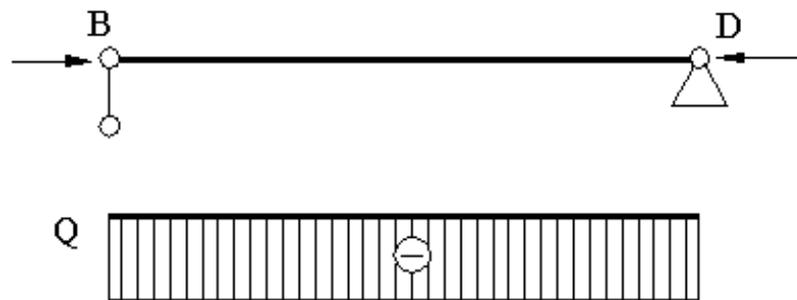


Рисунок 9 – Расчетная эпюра нижнего рычага

«В нашем случае:

$$K_g \cdot \sigma_{сж} \leq [\sigma_T] \quad (51)$$

$$\sigma_{сж} = Q_{\max} / W \quad (52)$$

где:  $W = 3,14 \cdot 2 \cdot 30^2 / 4 = 175 \text{ мм}^2$

$$\sigma_{сж} = 9923 / 175 = 55,7 \text{ мПа}$$

$$K_g = 5 \Rightarrow 5 \cdot 55,7 = 278 \leq [\sigma_T]$$

Выбор толщины трубы и материала оптимален.» [8], [18]

### 3.4 Расчет на долговечность шаровых опор рычагов

«Расчёт проведём для шаровых соединений нижнего рычага, так как в них действуют максимальные нагрузки. Расчёт ведём как для подшипников качения. ШН – 17Ю имеет следующие характеристики:» [5]

$$C_d = 6500 \text{ кН [L}_h\text{]} = 2000 \text{ часов}$$

$$C_{ст} = 5840 \text{ кН}$$

«Расчётная долговечность  $L$  в млн. оборотов определяется по формуле:

$$L = (C_d / P_3)^3 \quad (53)$$

$$L_h = 10^6 L / 60 \text{ н} \quad (54)$$

Эквивалентная нагрузка определяется по формуле:

$$P_3 = (x \nu F_2 + \nu F_a) K_b \cdot K_m, \quad (55)$$

где:  $x = 1$  – коэффициент радиальной нагрузки

$\nu = 1,2$  – коэффициент, учитывающий вращение колец

$\nu = 0,5$  – коэффициент осевой нагрузки

$F_a = 3556 \text{ Н}$  осевая нагрузка

$F_2 = 9923 \text{ Н}$  радиальная нагрузка

$K_b = 3$  – коэффициент безопасности

$K_T = 1$  - температурный коэффициент» [7]

$$P_3 = (1 \cdot 1,2 \cdot 9923 + 0,5 \cdot 3556) \cdot 1,3 = 41056 \text{ Н}$$

$$L = (65000 / 41056)^3 = 3,95 \text{ млн. об.}$$

«Частоту вращения подшипника принимаем равной  $n = 60$  об/мин.

$$L_n = 10^6 L / 60 \cdot 60 = 1097,22 \leq [L_h]$$

Отсюда следует, что выбор «подшипникового узла» правилен.» [8]

Полученные расчеты обеспечат создание надежной и долговечной конструкции седельно-сцепного устройства, способной эффективно функционировать в любых эксплуатационных условиях, гарантируя безопасную транспортировку грузов и минимизируя риски аварийных ситуаций.

В рамках конструкторского раздела проведены детальные расчеты сил, действующих на седельно-сцепное устройство (ССУ) и рычаги подвески автомобиля ВИС, что позволило сделать следующие важные выводы:

Проведен тщательный расчет напряжений и деформаций, возникающих в деталях ССУ и рычагах подвески при статической и динамической нагрузке. Установлены предельно допустимые значения механических свойств материалов, необходимые для сохранения работоспособности конструкции в течение длительного периода эксплуатации. Определены критически нагруженные зоны деталей ССУ и рычагов подвески, подверженные повышенным механическим нагрузкам и возможным усталостным трещинам. Рекомендовано усилить данные области путем увеличения толщины стенок, применения высокопрочных сталей и внедрения специальных покрытий.

Выполнена проверка геометрических параметров деталей на предмет соответствия заданным критериям прочности и жесткости. Произведена оптимизация формы и расположения отверстий, ребер жесткости и посадочных поверхностей, что снизило массу конструкции без потери ее функциональных характеристик.

Рассчитан расчетный ресурс деталей ССУ и рычагов подвески с учетом режимов эксплуатации и рекомендаций производителя. Показано, что

проведенные мероприятия позволяют существенно увеличить межремонтный интервал и общую продолжительность эксплуатации автомобиля.

Разработаны практические рекомендации по изменению конструкции и технологии изготовления деталей ССУ и рычагов подвески. Приведены конкретные предложения по замене используемых материалов, улучшении обработки поверхности и совершенствованию методов сборки.

Итоги проведенных расчетов и аналитических выводов подтверждают целесообразность предлагаемых изменений конструкции и позволяют рекомендовать их для реализации на практике. Дальнейшие исследования направлены на подтверждение полученных результатов экспериментальным методом и опытной проверкой опытных образцов.

## 4 Разработка технологического процесса сборки седельного тягово-сцепного устройства

### 4.1 Обзор узла, принятого для технологической разработки

Седельное тягово-сцепное устройство (ССУ) для автомобиля ВИС представляет собой специализированный узел, предназначенный для надежного присоединения полуприцепа к автомобилю-тягачу и передачи продольных и поперечных усилий. Конструкция ССУ должна обеспечивать жесткость и стабильность соединения, сохраняя при этом необходимую степень свободы передвижения полуприцепа относительно тягача.

С точки зрения организации технологического процесса сборки седельного тягово-сцепного устройства, важно учитывать следующие аспекты:

- шкворень – это основная деталь, передающая нагрузку от полуприцепа к тягачу. Важно обеспечить точность обработки и правильную установку шкворня в гнездо;
- седло – это неподвижный элемент, установленный на заднем мосту автомобиля, соединяемый со шкворнем и воспринимающий усилия от полуприцепа;
- механизм блокировки удерживает шкворень в неподвижном положении, предотвращая случайное разъединение. Требуется точной сборки и проверки надежности фиксации замка;
- рычажный механизм регулировки положения седла. Позволяет регулировать высоту седла для выравнивания уровня пола тягача и полуприцепа. Регулировка осуществляется вручную или автоматически;
- уплотнения и защитные крышки предохраняют внутренние механизмы от загрязнения и повреждений.

Процесс сборки седельного тягово-сцепного устройства требует строгого соблюдения последовательности технологических операций.

Производится монтаж основания, подготовка отверстий и крепление

болтами. Выполняется проверка исправности пружин, роликов и упоров, сборка в соответствии с чертежами и инструкциями. Производится предварительная обработка посадочного места, нанесение антикоррозионного покрытия, монтаж шкворня и фиксация стопорными кольцами. Производится настройка положения седла с использованием регулировочных винтов или гидравлических цилиндров. Выполняется поверка правильности монтажа, испытание всех механизмов на работоспособность и отсутствие люфта.

Организация технологического процесса предполагает создание специализированных участков, оборудованных необходимым инструментом и оборудованием. Рабочие станции должны иметь четкую маркировку и контрольные карты для каждой операции.

Контроль качества собранного седельного тягово-сцепного устройства проводится на каждом этапе сборки, начиная с приемки заготовок и заканчивая финальной проверкой готового изделия. Испытательные стенды позволяют имитировать реальные рабочие условия и проверить надежность конструкции.

Таким образом, правильное проектирование и организация технологического процесса сборки седельного тягово-сцепного устройства являются залогом успешной эксплуатации автомобиля ВИС и обеспечивают высокий уровень безопасности и удобства использования.

#### **4.2 Разработка технологического процесса сборки седельного тягово-сцепного устройства**

Сборка седельного тягово-сцепного устройства (ССУ) представляет собой сложный технологический процесс, включающий подготовку, выполнение ряда последовательных операций и контроль качества. Ниже приведена подробная последовательность действий и основные требования к проведению сборочных работ.

Подготовительные работы:

- очистить и обезжирить все компоненты, подлежащие сборке;

- произвести осмотр каждого компонента на наличие дефектов, трещин, загрязнений или отклонений от технических требований;
- разместить инструмент и оснастку согласно рабочему месту и карте технологического процесса.

Далее производится установка седла на раму автомобиля:

- зафиксировать седельную балку на предусмотренных местах рамы с применением резьбового соединения;
- закрепить балку болтовым соединением, используя шайбы и гайки соответствующего размера.
- произвести затяжку гаек динамометрическим ключом в порядке, указанном технической документацией.

Произвести сборку и регулировку головки седла.

- установить подвижную плиту на седельную балку;
- смазать трущиеся поверхности консистентной смазкой;
- прикрепить подвижную плиту к бадке посредством анкерных болтов или шпилек;
- произвести проверку свободного хода и легкости вращения шкворня в гнезде.

Смонтировать и настроить механизм фиксации шкворня.

- подготовить блок блокировки (замка) и штифтовых направляющих к сборке;
- установить штифты в соответствующие отверстия и произвести предварительное тестирование механизма фиксации шкворня;
- зафиксировать блок блокировки с помощью хомутов и кронштейнов болтами и гайками;
- произвести регулировку момента срабатывания механизма блокировки и проверка надежности фиксации.

Произвести регулировку положения седла.

- путем замера, определить требуемую высоту седла, исходя из габаритов полуприцепа;

- использовать регулировочные винты или гидравлических компенсаторы для подъема/опускания седла;

- произвести окончательную затяжку регулировочных креплений и проверка устойчивости конструкции.

Произвести окончательную проверку функционирования и завершение сборки.

- произвести тщательное обследование механизма блокировки на предмет возможного залипания или затруднений при открывании-закрывании;

- произвести осмотр состояния защитных крышек и уплотнений;

- произвести тестирование прочности крепления всех элементов и оценка способности удерживать номинальную нагрузку.

Требования к организации проведения сборочных работ типичны для сборочных работ, производимых в условиях сборочного цеха.

Рабочее пространство должно быть хорошо освещено и организовано таким образом, чтобы исключить попадание посторонних предметов внутрь механизма. Персонал обязан пройти обучение по технике безопасности и правилам обращения с инструментами и материалами. Каждый этап сборки фиксируется документально с указанием номера партии и ответственного исполнителя. Все инструменты и оборудование должны проходить регулярную проверку и калибровку. По завершении сборки проводят контрольные испытания на специальном испытательном оборудовании для подтверждения соответствия техническим характеристикам.

Соблюдение указанной последовательности и требований обеспечит высокое качество сборки седельного тягово-цепного устройства и долговременную бесперебойную работу автомобиля ВИС.

В ходе выполнения технологического раздела дипломного проекта были разработаны и согласованы этапы технологического процесса, обеспечивающие точное соблюдение порядка выполнения операций, что гарантирует правильность сборки и высокое качество конечного продукта.

Нормативные затраты времени на каждую операцию определены с учетом сложности выполняемой работы и квалификации персонала. Потребность в инструментах, материалах и вспомогательных устройствах установлена в полном объеме. Составлена подробная карта технологического процесса, содержащая описание операций, необходимое оборудование, инструмент и приспособления, порядок контроля качества и возможные отклонения.

Выбор метода ручной сборки признан оптимальным для текущего объема производства и имеющихся производственных мощностей предприятия. Внедрение системы входного контроля качества сырья и промежуточного контроля готовой продукции, а также использование специальных контрольно-измерительных приборов позволили минимизировать риск появления брака и гарантировать высокое качество выпускаемых изделий. Проведена оценка рисков производственного травматизма и разработан комплекс мероприятий по защите работников, включая обеспечение спецодеждой, средствами индивидуальной защиты и обучение безопасным методам работы.

Таким образом, разработанный технологический процесс обеспечивает эффективное производство седельного тягово-сцепного устройства, удовлетворяя предъявляемым требованиям по качеству, производительности и экономической эффективности.

## **5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки**

### **5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования**

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования узла транспортного средства. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта.

Рассмотрим особенности разрабатываемой конструкции. Изделие представляет собой сложный технический объект, доработанный и модернизированный в рамках дипломного проекта. Изделие выполнено преимущественно из стали конструкционной, обрабатываемой и свариваемой на оборудовании, не требующем применения специальных материалов и сред. В конструкции изделия применяются комбинированные материалы и их сочетания, например металл-полимер и композитные материалы, механическая обработка которых требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ).

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки узлов транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-

промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.» [19]

В таблице 4 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПШ.

Таблица 4 – Общие технические характеристики участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	С0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 400В
Выделенная мощность, кВА	40

В таблице 5 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 5 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительные операции	Резка металла, раскрой профтрубы	Слесарь 5-го разряда	Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь конструкционная в ассортименте
Операции механической обработки	Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка	Слесарь 6-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300	Сталь конструкционная в ассортименте
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик 6-го разряда	Аргондуговой сварочный инвертор Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	Сталь конструкционная в ассортименте
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-механик 6-го разряда	Пост сборки узлов и агрегатов	-
Подготовка к окраске	Шпатлевка, зачистка, шлифовка	Маляр 6-го разряда	Шлифовальная машина, круги шлифовальные различной зернистости	Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные
Окраска изделия	Нанесение лакокрасочного покрытия	Маляр 6-го разряда	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Нитроэмаль быстросохнущая

Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.

## 5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

Идентификация профессиональных рисков на участке механической сборки включает в себя систематический анализ всех потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников. Этот процесс должен учитывать специфику выполняемых работ, используемое оборудование, материалы и рабочую среду.

Проведение регулярной идентификации профессиональных рисков является важнейшим элементом системы управления охраной труда и позволяет создать безопасные условия труда для работников и предотвратить несчастные случаи и профессиональные заболевания.

В таблице 6 приведены профессиональные риски для участка механической сборки.

Таблица 6 – Профессиональные риски для участка механической сборки

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Повышенный уровень шума,	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры

Продолжение таблицы 6

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Статическая нагрузка	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Шум	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Ультразвук	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Вибрации	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
Сварка	Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Сварочный аппарат
	Искры, брызги расплавленного металла	Материал детали
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат
	Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества	Материал детали
	Шум	Сварочный аппарат
	Ультразвук	Сварочный аппарат
	Статическая нагрузка	Сварочный аппарат
Подготовка к окраске и окраска	Испарение токсичных веществ	Нитроэмаль быстросохнущая
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Результатом идентификации профессиональных рисков является формирование методов для снижения или нейтрализации негативного воздействия на рабочих.

### **5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Снижение профессиональных рисков на участке механической сборки – это комплекс мер, направленных на минимизацию вероятности возникновения опасных ситуаций и уменьшение тяжести последствий в случае их возникновения. Выбор методов и средств зависит от конкретных выявленных рисков.

В качестве методов снижения профессиональных рисков можно определить следующие основные категории:

- «Инженерно-технические методы и средства, к которым относятся автоматизация процессов с заменой ручного труда на механизированный и автоматизированный, выбор инструмента, минимизирующего физическую нагрузку на работника, оптимизация последовательности операций, использование более безопасных методов сборки, внедрение технологий, уменьшающих выделение вредных веществ и т.д.» [18]

- Организационные методы и средства, к которым относятся разработка инструкций по охране труда, обучение и инструктаж работников, контроль за соблюдением правил охраны труда, регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования, проверка систем безопасности, оценка рисков при внедрении новых технологий, оборудования или изменении технологических процессов и т.д.;

- Средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся респираторы, маски для защиты от пыли, газов и паров, защита органов зрения, защита органов слуха, защита рук, защита ног и т.д.;

- Медико-профилактические мероприятия, к которым относятся предварительные и периодические медицинские осмотры.

Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно.

Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования.

Необходимо регулярно проводить оценку рисков, контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости.

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

Обеспечение пожарной безопасности на участке сборки — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения пожара и обеспечение безопасности людей и имущества в случае его возникновения.

«В таблице 8 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 8 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

Наименование участка	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный участок	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	В – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легковоспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В таблице 9 приведены первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 9 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

Средства пожаротушения	Противопожарное оборудование
Первичные средства пожаротушения	Огнетушитель, бочка с водой, ткань асбестовая, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарный автомобиль
Установки пожаротушения	Автоматические установки пожаротушения
Средства пожарной автоматики	приборы приемно-контрольные пожарные приборы управления пожарные технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные системы передачи извещений о пожаре
Пожарное оборудование	Модуль порошкового пожаротушения
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, самоспасатели изготовленные из подручных средств, противопыльные тканевые маски и марлевые повязки), средства защиты кожного покрова (защитные костюмы, резиновые сапоги и др.)
Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Немеханизированный: пожарная багра, топор, лом. Механизированный: гидронасос, силовой режущий узел.
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Система оповещения о пожаре, сигнализация

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных, обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 10 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 10 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня.

«Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

- назначение ответственных лиц за пожарную безопасность;
- разработка инструкций по пожарной безопасности;
- проведение противопожарных тренировок;
- сотрудничество с пожарной охраной.» [18]

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;

- размещение планов эвакуации на видных местах;
- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования.

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности

«Обеспечение экологической безопасности сборочного участка – это комплекс мер, направленных на минимизацию негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

В таблице 11 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [18]

Таблица 11 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Агрегат транспортного средства	Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности

сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа предприятия и его конкурентоспособности.

В разделе безопасности объекта дипломного проекта разработаны мероприятия обеспечения безопасности на участке механической сборки автомобильных агрегатов, относящихся к опытно-промышленному производству и предназначенному для сборки установочной партии автомобильных агрегатов, разработанных в ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта.

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды.

## **6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки**

### **6.1 Описание участка и производимых работ**

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта.

Участок организован по принципу поточности, где каждый рабочий пост выполняет определенную операцию в процессе сборки. Это может быть линейная, U-образная или другая конфигурация, обеспечивающая оптимальное перемещение деталей и агрегатов. Важным аспектом является эргономика рабочих мест, обеспечивающая удобство и безопасность работы персонала. Участок должен быть хорошо освещен, вентилируем и иметь достаточное пространство для маневрирования оборудования и перемещения работников.

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные станды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;
- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также

специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

В соответствии с технологическим процессом, на участке производятся следующие виды работ, связанные с предсерийной сборкой автомобильных агрегатов:

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;

- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;

- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;

- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики.

## **6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке**

«К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 12.» [19]

Таблица 12 – Расходные материалы сборочного участка

Наименование материалов	Используемое количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Прокат стальной в ассортименте, кг	7500	75	562 500
Металл листовой в ассортименте	7500	73	547 500
Вода технологическая, м <sup>3</sup>	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Растворитель, л	12	350	4 200
Шкурка абразивная в ассортименте, м <sup>2</sup>	40	325	13 000
Проволока сварочная, кг	750	130	97 500
Прочее	-	-	15 000
<b>ИТОГО</b>			<b>1 723 100</b>

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (56)$$

где  $V_M^m$  – используемое количество  $m$ -ного вида материала, ед.;

$C_M^m$  – цена за единицу  $m$ -ного вида материала, руб.

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 15.

### 6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования.

Срок полезного использования устанавливается для каждого объекта основных средств индивидуально, исходя из ожидаемого срока его эксплуатации, с учетом физического и морального износа. Срок полезного использования определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения.

Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 13.

Таблица 13 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500

Продолжение таблицы 13

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2М112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка		$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Н_{а}}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$			60 000
ИТОГО					2 978 550

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться. Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации.

## 6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь.

Стоимость электроэнергии рассчитывается исходя из установленных тарифов. Тарифы могут быть дифференцированными в зависимости от времени суток, дня недели и объема потребления.

Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$Эл = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot Ц_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (57)$$

где  $M_i$  – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}^i$  – годовой фонд машинного времени работы оборудования, ч;

$K_{\text{од}}$  – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

$K_{\text{м}}$  – коэффициент загрузки двигателей по мощности;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент загрузки двигателей по времени;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент потерь в сети;

$Ц_{\text{э}}$  – цена за электроэнергию, руб/кВт;

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Настольно-сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49
Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29
Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	6,5	2	0,7	24 701,04
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_g \cdot K_n \cdot C_2}{\eta} \quad (58)$$

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{0,25 \cdot 65 \cdot 2440 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 4,5}{0,8} = 111337,2$$

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_{св} \quad (59)$$

$$\mathcal{E} = 70\,903,77 + 111\,337,2 = 182\,240,97 \text{ руб}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию.

Выполненный расчет демонстрирует базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы, которые необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

### **6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала**

Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочном участке включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством.

Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

Вид персонала	Численность персонала, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь-механик 5-го разряда	12	350	1840	9 660 000,00
Слесарь-механик 6-го разряда	8	385,5	1840	7 093 200,00
Сварщик 6-го разряда	2	410	1810	1 855 250,00
Мастер участка	2	470	1840	2 162 000,00
Маляр	2	410	1810	1 855 250,00
ИТОГО				22 625 700,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (60)$$

где «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

$$\text{Дзп} = 22\,625\,700 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле.» [18]

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (61)$$

где « $K_{\text{соц}}$  – норма отчислений на страховые взносы,  $K_{\text{соц}} = 0,3$ .» [18]

$$O_{\text{ФМС}} = (22\,625\,700 + 1\,810\,056) \cdot 0,3 = 7\,330\,726,8 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (62)$$

$$O_{\text{т}} = 22\,625\,700 + 1\,810\,056 + 7\,330\,726,8 = 31\,766\,482,8 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 20.

Таблица 20 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма	Доля затрат, %
Расходные материалы сборочного участка	1 723 100	3,30
Амортизационные отчисления участка сборки	2 978 550	5,71
Общие расходы на электроэнергию	182 240,97	0,35
Затраты на оплату труда	31 766 482,8	60,91
Расходы на административно-управленческий персонал	15 500 000	29,72
<b>ИТОГО</b>	<b>49 171 823,77</b>	<b>100</b>

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$\text{НЧ} = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (63)$$

где « $C_{\text{общ}}$  – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{\text{уч}}$  – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,» [18]

$$\text{НЧ} = 49\,171\,823,77 / 57\,500 = 855,16 \text{ руб}$$

В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.

## Заключение

Легковой автомобиль семейства ВИС, обладающий высоким уровнем комфорта, простотой эксплуатации и хорошим показателем удельной массы, успешно применяется как транспортное средство общего назначения и коммерческий автомобиль. Однако недостатком базовой комплектации пикапов данной марки является невозможность использования полуприцепов, что существенно ограничивает область их применения в сфере небольших перевозок и оказания услуг населению. С целью расширения функциональных возможностей автомобилей ВИС предлагается разработать тягово-сцепное устройство седельного типа, позволяющее подключить небольшой полуприцеп массой до 2 тонн и обеспечивающее дополнительное пространство для перевозки крупногабаритных грузов, сельхозпродукции и строительных материалов.

В ходе проведенного анализа конструкций автомобиля ВИС и седельного тягово-сцепного устройства были получены следующие ключевые выводы.

Конструктивные особенности автомобиля ВИС обеспечивают хорошую проходимость и возможность эффективной эксплуатации в тяжелых российских дорожных условиях. Однако выявлен ряд недостатков, связанных с устаревшими технологиями производства и ограниченным уровнем комфорта водителя и пассажиров. Необходимо рассмотреть модернизацию узлов подвески, улучшение эргономики кабины и оптимизацию силовых агрегатов для повышения конкурентоспособности автомобиля.

Анализ показал, что стандартное шкворневое седельное тягово-сцепное устройство обладает достаточной прочностью и надежностью для стандартных условий эксплуатации. Тем не менее выявлены потенциальные зоны повышенного износа, обусловленные недостаточной защитой от коррозии и низкой эффективностью системы смазки. Рекомендуется внедрение новых материалов для изготовления штатива и установка усовершенствованных уплотнений для защиты от попадания грязи и влаги. Изучение процессов

взаимодействия показало наличие повышенных колебаний при определенных режимах движения, особенно на высоких скоростях. Выявлено, что применение современных амортизаторов и стабилизирующих систем позволит снизить уровень вибрации и повысить комфорт вождения, а также увеличить ресурс комплектующих.

Для дальнейшего совершенствования конструкции рекомендуется внедрить систему активного управления подвеской, провести экспериментальные испытания модернизированных версий механизма и изучить возможности перехода на гибридные силовые агрегаты для улучшения экологичности и топливной экономичности.

Проведение дальнейших исследований позволит создать конкурентоспособную продукцию, соответствующую современным требованиям рынка автомобильной техники, и повысит эффективность эксплуатации транспортного средства.

В результате проведенного тягово-динамического расчета автомобиля ВИС на базе автомобиля Lada Niva были получены следующие выводы.

В результате проведенного расчета были определены основные динамические характеристики автомобиля, такие как максимальная скорость, время разгона до заданной скорости, усилие тяги на колесах, динамический запас тяги на различных передачах и режимах движения. Расчет выявил влияние различных факторов на тягово-динамические характеристики, включая массу автомобиля, аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению, крутящий момент двигателя, передаточные числа трансмиссии, а также дорожные условия. Было установлено, как изменение каждого из этих параметров влияет на динамику разгона и максимальную скорость. Анализ результатов расчета позволил определить оптимальные режимы работы двигателя и трансмиссии для достижения максимальной эффективности движения в различных условиях эксплуатации (например, на ровной дороге, в гору, при буксировке груза). Полученные результаты расчета позволяют оценить

соответствие тягово-динамических характеристик автомобиля ВИС заданным требованиям технического задания или нормативным документам.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

В рамках конструкторского раздела проведены детальные расчеты сил, действующих на седельно-сцепное устройство (ССУ) и рычаги подвески автомобиля ВИС, что позволило сделать следующие важные выводы:

Проведен тщательный расчет напряжений и деформаций, возникающих в деталях ССУ и рычагах подвески при статической и динамической нагрузке. Установлены предельно допустимые значения механических свойств материалов, необходимые для сохранения работоспособности конструкции в течение длительного периода эксплуатации. Определены критически нагруженные зоны деталей ССУ и рычагов подвески, подверженные повышенным механическим нагрузкам и возможным усталостным трещинам. Рекомендовано усилить данные области путем увеличения толщины стенок, применения высокопрочных сталей и внедрения специальных покрытий.

Выполнена проверка геометрических параметров деталей на предмет соответствия заданным критериям прочности и жесткости. Произведена оптимизация формы и расположения отверстий, ребер жесткости и посадочных поверхностей, что снизило массу конструкции без потери ее функциональных характеристик.

Рассчитан расчетный ресурс деталей ССУ и рычагов подвески с учетом режимов эксплуатации и рекомендаций производителя. Показано, что проведенные мероприятия позволяют существенно увеличить межремонтный интервал и общую продолжительность эксплуатации автомобиля.

Разработаны практические рекомендации по изменению конструкции и технологии изготовления деталей ССУ и рычагов подвески. Приведены конкретные предложения по замене используемых материалов, улучшении обработки поверхности и совершенствованию методов сборки.

Итоги проведенных расчетов и аналитических выводов подтверждают целесообразность предлагаемых изменений конструкции и позволяют рекомендовать их для реализации на практике. Дальнейшие исследования направлены на подтверждение полученных результатов экспериментальным методом и опытной проверкой опытных образцов.

В ходе выполнения технологического раздела дипломного проекта были разработаны и согласованы этапы технологического процесса, обеспечивающие точное соблюдение порядка выполнения операций, что гарантирует правильность сборки и высокое качество конечного продукта.

Нормативные затраты времени на каждую операцию определены с учетом сложности выполняемой работы и квалификации персонала. Потребность в инструментах, материалах и вспомогательных устройствах установлена в полном объеме. Составлена подробная карта технологического процесса, содержащая описание операций, необходимое оборудование, инструмент и приспособления, порядок контроля качества и возможные отклонения.

Выбор метода ручной сборки признан оптимальным для текущего объема производства и имеющихся производственных мощностей предприятия. Внедрение системы входного контроля качества сырья и промежуточного контроля готовой продукции, а также использование специальных контрольно-измерительных приборов позволили минимизировать риск появления брака и гарантировать высокое качество выпускаемых изделий. Проведена оценка рисков производственного травматизма и разработан комплекс мероприятий по защите работников, включая обеспечение спецодеждой, средствами индивидуальной защиты и обучение безопасным методам работы.

Таким образом, разработанный технологический процесс обеспечивает эффективное производство седельного тягово-сцепного устройства, удовлетворяя предъявляемым требованиям по качеству, производительности и экономической эффективности. В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, обучение персонала безопасным методам работы и организация

эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства.

В экономическом разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки.

Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
3. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 655 с.
4. Буянкин, А. В. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта и погрузо-разгрузочные средства : учебное пособие / А. В. Буянкин, Ю. Е. Воронов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 107 с. — ISBN 978-5-00137-202-8
5. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
6. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
7. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/974](http://www.dx.doi.org/10.12737/974). - ISBN 978-5-16-006053-8.
8. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

9. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

10. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

11. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

12. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

13. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

14. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

15. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

16. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

17. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей: учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

18.Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарева, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

19.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

20.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

21.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.– 350 с.

22.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

23.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

24.Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.