

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 автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения с  
гибридной силовой установкой параллельного типа

Обучающийся

А.Г. Сидоров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения с гибридной силовой установкой параллельного типа».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что транспортные системы развиваются не только в направлении совершенствования транспортных средств, предназначенных для передвижения по дорогам общего пользования, но и внедорожных транспортных средств. Все это вызывает необходимость разработки специфических видов транспорта на базе уже существующих образцов техники. Также значительное внимание при разработке таких транспортных средств уделяется вопросам экономии топлива и экологичности транспортного средства.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения с гибридной силовой установкой параллельного типа на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений для многоколесных вездеходов, тяговый расчет транспортного средства, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, силовые и прочностные расчеты отдельных элементов конструкции транспортного средства, разработка технологического процесса сборки транспортного средства в условиях единичного производства, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения с гибридной силовой установкой

параллельного типа обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с базовой конструкцией автомобиля, выполненного с традиционной силовой установкой.

Разрабатываемая конструкция может служить отдельной конструкторской веткой в линейке транспортных средств повышенной проходимости. Необходимо отметить, что в настоящее время данная ниша на рынке практически не представлена транспортными средствами, а значит является перспективной с точки зрения ее освоения.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках мелкосерийного производства транспортных средств повышенной проходимости.

## **Annotation**

A graduation project on the topic "Development of a medium-class 4x4 dual-purpose vehicle with a parallel-type hybrid power plant" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that transport systems are developing not only in the direction of improving vehicles intended for movement on public roads, but also off-road vehicles. All this necessitates the development of specific modes of transport based on existing models of equipment. Also, considerable attention in the development of such vehicles is paid to fuel economy and environmental friendliness of the vehicle.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The aim of the diploma project is to develop a dual-purpose 4x4 medium-class car with a parallel-type hybrid power plant at the level of a technical project.

Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions for multi-wheeled all-terrain vehicles, traction calculation of the vehicle developed within the framework of the diploma project, power and strength calculations of individual elements of the vehicle structure, development of the technological process of assembling the vehicle under conditions unit production, the development of safe working conditions on the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

The design of a medium-class 4x4 dual-purpose vehicle with a hybrid power plant of a parallel type, developed as part of a graduation project, has significantly higher performance characteristics compared to the basic design of a vehicle made with a traditional power plant.

The design under development can serve as a separate design branch in the line of off-road vehicles. It should be noted that at present this niche in the market

is practically not represented by vehicles, which means it is promising in terms of its development.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have practical significance. The developed design can be implemented as part of small-scale production of off-road vehicles.

## Содержание

Введение .....	8
1 Анализ конструкции транспортного средства гибридного типа .....	11
1.1 Анализ развития электрического транспорта .....	11
1.2 Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой .	21
1.3 Выбор схемы гибридной силовой установки (ГСУ) .....	30
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	35
2.1 Расчет тягового и динамического баланса .....	35
2.2 Мощностной баланс .....	38
2.3 Расчет баланса совершаемой работы .....	39
2.4 Определение ёмкости накопителей .....	43
3 Разработка конструкции автомобиля с гибридной силовой установкой ...	46
3.1 Анализ конструкции подвесок автомобиля .....	46
3.2 Расчет шарниров равных угловых скоростей .....	50
3.3 Расчет упругих элементов подвески .....	53
3.4 Характеристика упругости подвески .....	55
4 Технологический раздел дипломного проекта .....	59
4.1 Обоснование выбора объекта технологической разработки .....	59
4.2 Оценка технологичности объекта технологической разработки .....	60
4.3 Оценка наличия баз и установочных поверхностей .....	60
4.4 Расчет технической нормы времени .....	64
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования .....	68
5.1 Характеристика участка сборки .....	68
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка .....	70
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих .....	74
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	78
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	81

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	83
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности .....	83
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка .....	84
Заключение .....	93
Список используемой литературы и используемых источников .....	99
Приложение А Графики тягового расчета .....	102

## Введение

Автомобили среднего класса двойного назначения приобрели большую популярность на современном автомобильном рынке. Они сочетают в себе высокую проходимость и управляемость на различных типах дорог, а также комфорт и удобство в повседневной эксплуатации. В то же время, в свете растущих экологических требований, разработка автомобилей с более эффективной и экологически чистой силовой установкой становится актуальной задачей.

Целью данного дипломного проекта является разработка автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения, оснащенного гибридной силовой установкой параллельного типа. Гибридная силовая установка позволяет комбинировать два различных типа двигателей - внутреннего сгорания и электрического, что обеспечивает оптимальное сочетание мощности и экономии топлива. Гибридные силовые установки на автомобилях представляют собой комбинацию двух или более типов двигателей, которые работают в синергии для обеспечения более эффективной и экологически чистой работы автомобиля. Обычно гибридные силовые установки включают в себя сочетание внутреннего сгорания и электрических двигателей. Выделяют следующие типы гибридных силовых установок.

Гибридные силовые установки параллельного типа: В таких установках внутренний сгорания и электрический двигатели могут работать одновременно, независимо друг от друга или в комбинации. Внутренний сгорания может использоваться для привода колес или для зарядки батарей, а электрический двигатель может использоваться как основной или вспомогательный источник энергии.

Гибридные силовые установки последовательного типа: В таких установках двигатели работают последовательно, где внутренний сгорания используется для привода генератора, который заряжает батареи, а электрический двигатель используется для привода колес автомобиля. Такой

тип установки обычно обеспечивает более эффективное использование топлива и снижает выбросы вредных веществ.

Гибридные силовые установки с расширенной электрической поддержкой, или последовательно-параллельные силовые гибридные установки. В этом типе установки электрический двигатель играет основную роль в приводе автомобиля, тогда как внутренний сгорания используется лишь в качестве дополнительного источника энергии для зарядки батарей. Такая установка обеспечивает более высокую экономию топлива и снижение выбросов.

Преимущества гибридных силовых установок включают улучшенную экономию топлива, низкие выбросы вредных веществ, возможность использования электрического режима и снижение шума и вибрации. Кроме того, гибридные автомобили часто имеют функцию регенеративного торможения, которая позволяет использовать энергию, выделяемую при торможении, для зарядки батарей. Однако, гибридные силовые установки также имеют некоторые ограничения, включая более сложную конструкцию, высокую стоимость и ограниченную инфраструктуру для зарядки электрических батарей. В целом, гибридные силовые установки на автомобилях представляют собой перспективное направление в автомобильной индустрии для достижения более эффективной и экологически чистой работы автомобилей. Их разработка и использование способствуют улучшению экономии топлива, снижению выбросов и созданию более устойчивой и экологически безопасной транспортной системы.

В рамках проекта будет проведено исследование и анализ требований к автомобилю среднего класса 4x4 двойного назначения, а также к гибридной силовой установке. Будет произведена разработка конструкторской компоновки силового агрегата с агрегатами трансмиссии, включающего определение главных параметров, геометрию, тип подвески, аэродинамические характеристики и эргономику.

После этого будет проведен расчет и выбор оптимальной гибридной силовой установки параллельного типа, включающий подбор и оптимизацию параметров двигателей, аккумуляторных батарей, системы управления и рекуперации энергии. Отдельное внимание будет уделено эффективности, экологичности и безопасности силовой установки.

Затем будет проведена разработка технической документации, включающая чертежи, спецификации и стандарты, необходимые для производства прототипа автомобиля. Прототип будет изготовлен и протестирован на соответствие требованиям проекта, а также проведены испытания по эффективности, надежности и безопасности.

Окончательным этапом проекта будет анализ полученных результатов, оценка достигнутых характеристик и сравнение с существующими аналогами на рынке. Также будет проведена оценка экономической целесообразности проекта и его влияния на окружающую среду.

Результаты данного дипломного проекта могут быть использованы в автомобильной промышленности для разработки и производства автомобилей среднего класса, обладающих высокой проходимостью, комфортом и эффективной гибридной силовой установкой.

## **1 Анализ конструкции транспортного средства гибридного типа**

### **1.1 Анализ развития электрического транспорта**

Электрификация автомобильного транспорта предлагает ряд преимуществ, которые делают ее одним из важных направлений развития транспортной индустрии. Электрический транспорт имеет ряд преимуществ перед транспортными средствами с тепловыми двигателями.

Электромобили не производят выбросов вредных веществ и парниковых газов в процессе эксплуатации. Они работают на электрической энергии, которая может быть получена из возобновляемых источников, таких как солнечная или ветряная энергия. Это способствует сокращению загрязнения воздуха и улучшению качества окружающей среды.

Электромобили имеют более высокий коэффициент энергоэффективности по сравнению с автомобилями, оснащенными двигателями с внутренним сгоранием. Они используют электрическую энергию аккумулятора для привода колес, минимизируя при этом потери энергии, связанные с трением и тепловыми процессами.

Электрификация автомобильного транспорта помогает снизить зависимость от нефти и других ископаемых топлив, так как электрическая энергия может быть получена из различных источников. Это способствует диверсификации энергетического сектора и снижению рисков, связанных с колебаниями цен на нефть и геополитическими факторами.

Электромобили обладают высоким крутящим моментом с самого начала движения, что позволяет им обеспечить быстрый и плавный разгон до требуемой скорости. Они также обеспечивают бесшумную работу и легкое управление, что делает их более комфортными и приятными в эксплуатации для водителя и пассажиров.

Владение электромобилем может быть более экономически эффективным в долгосрочной перспективе, поскольку зарядка

электромобиля обычно дешевле, чем заправка автомобиля с внутренним сгоранием. Кроме того, электромобили не требуют регулярного обслуживания двигателя, что помогает снизить затраты на техническое обслуживание.

Электрификация автомобильного транспорта стимулирует развитие новых технологий и инноваций в области электроники, батарейных технологий и систем управления. Это способствует развитию индустрии и созданию новых рабочих мест.

Началом работы над электрификацией автомобильного транспорта считается конец 19 века, когда начали появляться первые образцы колесного транспорта.

Примером такого транспорта можно считать электрический автомобиль авторства Томаса Эдисона, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Электрический автомобиль, начало XX века

«Однако, технологии конца 19 и начала 20 века не могли обеспечить должной конкуренции с тепловыми двигателями, которые на существующем уровне развития технологии обеспечивали большую отдачу и пробег. Немаловажную роль играл и тот фактор, что время заправки одного автомобиля с бензиновым двигателем занимало намного меньше времени, нежели зарядка электромобиля.» [2], [11], [22]

Тем не менее, развитие электрических автомобилей продолжалось. Так, в начале XX века Фердинандом Порше был создан первый в мире гибридный автомобиль «Semper Vivus», в котором вместо привычных аккумуляторов был установлен 4-цилиндровый бензиновый двигатель, который и вырабатывал электричество, рисунок 2.

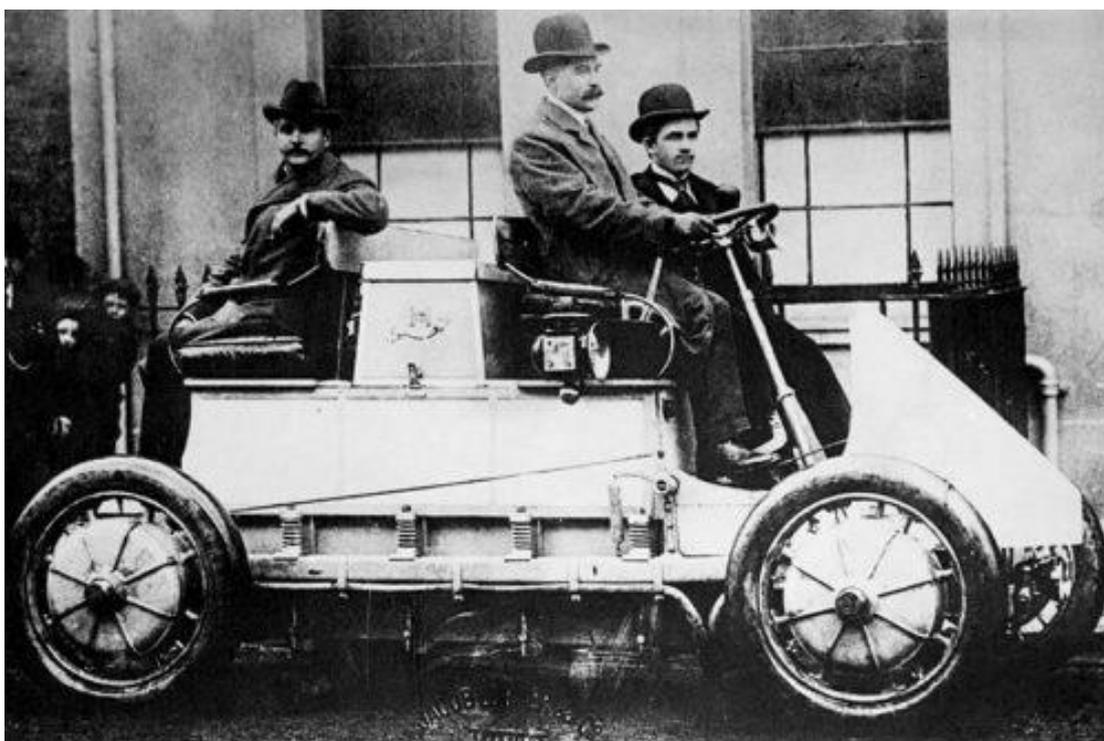


Рисунок 2 – Гибридный автомобиль «Semper Vivus»

Не менее интересным является тот факт, что в качестве движителей использованы мотор-колеса, таким образом автомобиль являлся полноприводным. Позднее Порше использовал свои наработки в создании

электрических автомобилей для создания электрических трансмиссий для гусеничной техники во времена Второй мировой войны.

В середине XX века Япония и США активно развивали электротранспортные системы, стремясь к созданию более экологически чистых и энергоэффективных видов транспорта. Обе страны имели свои особенности и достижения в этой области. В Японии электротранспорт начал развиваться уже в конце XIX века, когда были построены первые электрические трамваи в городах Йокогама и Киото. В середине 20 века Япония столкнулась с проблемами, связанными с загрязнением воздуха и ограниченностью энергетических ресурсов, что привело к повышенному интересу к электротранспорту.

В 1949 году в Японии была основана компания Tokyo Electric Cars Company, которая занималась разработкой и производством электрокаров. Они выпускали небольшие электрические автомобили, предназначенные в основном для городской езды. Однако, в 1950-х годах развитие электротранспорта в Японии замедлилось из-за фокуса на развитии автомобилей с внутренним сгоранием. В Европе также шло развитие электромобилей. Так, например, основным направлением развития стало появление компактных городских автомобилей, которые решали бы проблему пробок и загрязнения воздуха городов.

Особым интересом как со стороны производителей, так и со стороны потребителей пользовались транспортные средства сугубо персонального использования. Эти транспортные средства отличались компактными размерами и использовались для поездок на небольшие расстояния, например из городского пригорода до места работы.

На рисунке 3 показан электромобиль Comuta, оснащенный четырьмя 12-вольтовыми свинцовыми аккумуляторами, размещенными под сиденьями. Производился электромобиль в 60-е годы XX века британским подразделением Ford Motor Company.

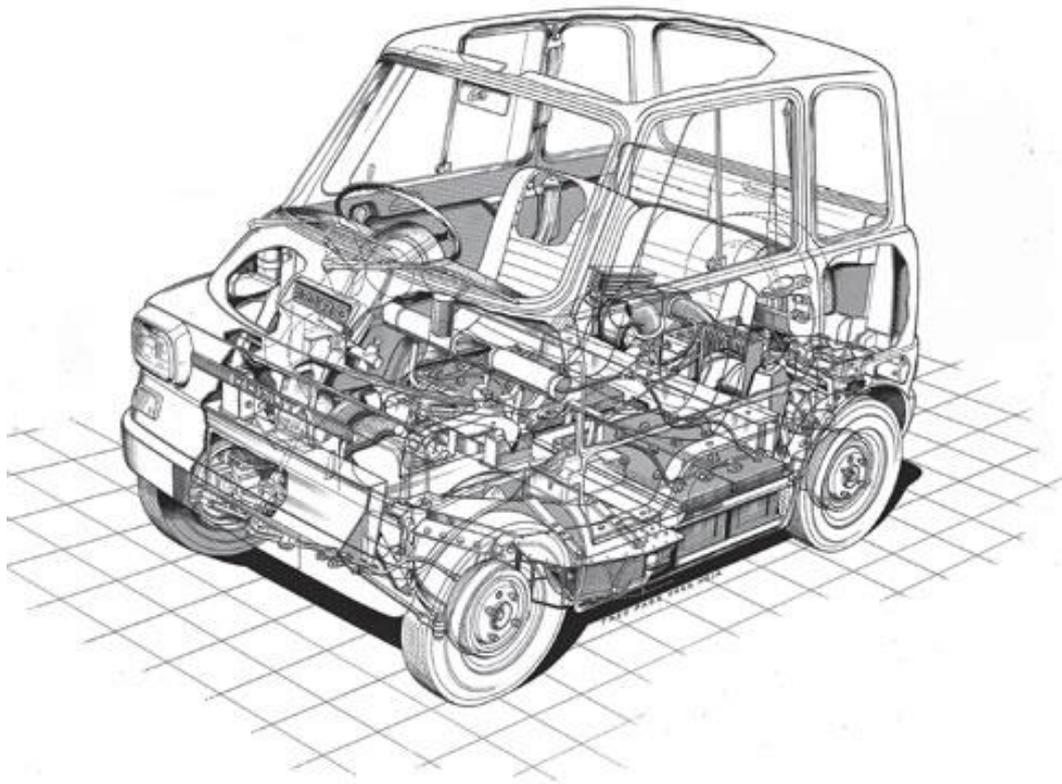


Рисунок 3 – Электромобиль Comuta, Ford Motor Company

В середине 20 века США также активно интересовались электротранспортом. В 1950-х и 1960-х годах компания General Motors (GM) разработала и представила несколько электрических автомобилей, таких как модель EV1. Однако, из-за различных факторов, включая ограниченный запас хода и высокую стоимость, эти проекты не были коммерчески успешными, и большинство электромобилей были изъяты из эксплуатации и утилизированы.

В СССР интерес к электрическим автомобилям развивался параллельно с иностранными разработками в этой области. Так, в 1948 году в СССР был построен электромобиль НАМИ-751 с грузоподъемностью в 1,5 т, который использовали для перевозки почты, рисунок 4.



Рисунок 4 - Электромобиль НАМИ-751

С появлением Волжского автомобильного завода, интерес к электромобилям не исчез. Опытно-промышленное производство ВАЗа работало в том числе над вопросами электрификации электрического транспорта. Результатом этого явилось создание транспортных образцов, как на базе существующей техники, так и самостоятельные образцы электрического транспорта.

На рисунке 5 представлен внешний вид электромобиля, построенного на базе автомобиля ВАЗ-2102.

«Автомобиль был создан в 70-е годы и предназначался для развозных работ внутри предприятия, в частности обслуживался Комбината питания. Конструкция транспортного средства была несовершенна, в качестве элементов питания использовались обычные автомобильные стартерные кислотно-свинцовые аккумуляторы. По этой причине широкого распространения проект не получил, оставшись на уровне экспериментального образца.» [1], [13]



Рисунок 5 – Электромобиль на базе автомобиля ВАЗ-2102

На Волжском автозаводе за время активной работы НТЦ было сделано несколько образцов электромобилей. На рисунке 6 представлен открытый четырехместный электромобиль ВАЗ-1801, предназначенный для эксплуатации в парковых и рекреационных зонах. Неофициально данный проект электромобиля называли «гольф-каром», по всем признакам именно им он и являлся. Однако, поскольку культура гольфа не получила в России широкого распространения, проект автомобиля также был свернут, по причине отсутствия масштабного спроса на внутреннем и внешнем рынке.



Рисунок 6 – Электромобиль ВАЗ-1801

На рисунке 7 представлен электромобиль также производившийся на ВАЗе и получивший обозначение ВАЗ-2802-02.



Рисунок 7 – Электромобиль ВАЗ-2802-02

В России развитие электротранспорта начало набирать обороты в более поздние годы. В 2010-х годах российские автопроизводители стали активно разрабатывать электромобили. Например, Компания "АвтоВАЗ" представила электрическую версию своего автомобиля "Лада Веста". Также, компания "КамАЗ" разработала электробусы для городских перевозок.

В России в последние годы также происходит активное развитие инфраструктуры для зарядки электромобилей. Были созданы сети общественных зарядных станций, а также разработаны программы по установке зарядных устройств в городах и на автомагистралях.

Однако, развитие автомобильного электротранспорта в России все еще сталкивается с некоторыми вызовами, такими как ограниченный выбор электромобилей на рынке, недостаток зарядных станций и высокая стоимость электромобилей. На рисунке 8 представлен электромобиль на базе автомобиля ГАЗель Next.



Рисунок 8 – Электромобиль базе автомобиля ГАЗель Next

Развитие автомобильного электротранспорта в СССР и России имело свои особенности и ограничения. В СССР акцент был сделан на разработке электрических трамваев и автобусов, но развитие автомобильных электромобилей было ограничено. В России в последние годы происходит активное развитие электромобилей и инфраструктуры для зарядки, но все еще есть проблемы, которые требуют решения.

«С началом XXI века вновь начал появляться интерес к электрогрузовикам. Это объясняется, во-первых, значительным прогрессом в развитии силовых установок и аккумуляторных батарей и, во-вторых, озабоченностью мирового сообщества проблемами экологии.

Первоначально производители отдавали предпочтение гибридным приводам. Так, в 2005 году японский автогигант Isuzu представил свою первую грузовую модель с гибридной силовой установкой на базе Isuzu Elf, представленный на рисунке 9.» [5], [15]



Рисунок 9 – Гибридный автомобиль на базе Isuzu Elf

Транспортные средства на электрической тяге представляют собой перспективное направление в автомобильной индустрии. Электрические транспортные средства обладают рядом преимуществ по сравнению с транспортными средствами на традиционном топливе. Они более эффективны в использовании энергии, обеспечивают низкий уровень шума, не производят выхлопных газов, а также позволяют использовать возобновляемые источники энергии. Однако, у электрических транспортных средств также есть некоторые ограничения. Они имеют ограниченную дальность по сравнению с автомобилями на традиционном топливе, требуют зарядки аккумуляторов, которая занимает время, и существует недостаточная инфраструктура для зарядки на общественных местах. Производители электромобилей активно работают над улучшением технологий и расширением модельного ряда. На сегодняшний день уже существуют электромобили с большей дальностью хода, быстрыми зарядками и разнообразными функциями в сфере безопасности и комфорта.

Анализ рынка электрических транспортных средств показывает, что их спрос постоянно растет. С каждым годом производители представляют новые модели, которые становятся все более доступными и популярными среди потребителей. В целом, электрические транспортные средства имеют большой потенциал для улучшения экологической устойчивости и энергоэффективности автомобильной индустрии. Однако, для их успешного внедрения необходимо продолжать развивать технологии, расширять инфраструктуру зарядки и обеспечивать поддержку со стороны государства.

## **1.2 Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой**

Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой (ГСУ) позволяет оценить особенности и преимущества таких транспортных средств.

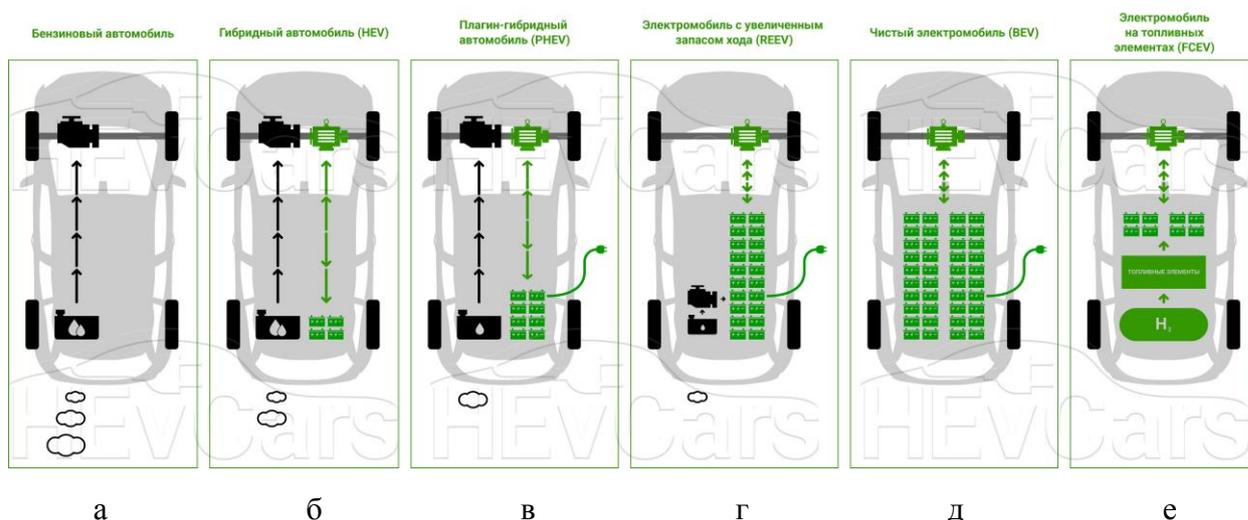
ГСУ состоит из комбинации двух или более источников энергии, обычно внутреннего сгорания и электрического двигателя. Важным аспектом конструкции является эффективная интеграция этих двух систем, чтобы они работали синхронно и обеспечивали оптимальное использование энергии. Компоненты ГСУ также включают аккумуляторы, электронные системы управления и системы рекуперации энергии.

Оптимальное размещение компонентов ГСУ в автомобиле влияет на эффективность и управляемость. Например, батареи могут быть размещены в основном в автомобиле или в задней части, чтобы обеспечить низкий центр тяжести и лучшую балансировку масс. Двигатели могут быть установлены на передней или задней оси, в зависимости от требований по тяговым характеристикам и приводу.

ГСУ может занимать больше места и иметь большую массу по сравнению с обычной силовой установкой. Это может влиять на пространство в салоне и грузоподъемность автомобиля. Разработчики ГСУ стремятся минимизировать размер и массу компонентов, чтобы улучшить эффективность и функциональность автомобиля.

Основной целью ГСУ является энергоэффективность, поэтому важно провести оптимизацию энергетического процесса. Это включает оптимальное управление мощностью и энергией, управление переключением между двигателями и оптимизацию режимов работы, чтобы достичь максимальной эффективности и производительности.

«На рисунке 10 представлена классификация транспортных средств по виду используемого источника энергии. при анализе особенностей конструкции гибридных установок нам предстоит наиболее предпочтительный вариант с точки зрения конструкции и эксплуатации.» [4], [7]



а – бензиновый автомобиль; б – гибридный автомобиль; в – плагин-гибридный автомобиль; г – электромобиль с увеличенным запасом хода (экстендером пробега); д – электромобиль; е – электромобиль на топливных элементах

Рисунок 10 – Классификация разновидностей автомобилей по виду источника энергии

«Электромобиль плагин-гибридного типа имеет бортовой двигатель, работающий на топливе, но этот двигатель используется лишь для привода генератора, который, в свою очередь, заряжает аккумуляторы. Компоновку последнего типа называют расширителем диапазона, поскольку бортовой двигатель-генератор расширяет диапазон, в котором транспортное средство может двигаться, работая на аккумуляторной батарее до полной разрядки.

В гибридном транспортном средстве этого типа, также называемом электромобилем с расширителем диапазона, двигатель внутреннего сгорания подключен к электрической машине, работающей как генератор. Двигатель внутреннего сгорания подводит свою мощность к генератору, который преобразует вращательное движение в электрическую энергию и подает ее на аккумулятор, расширяя диапазон (пробег транспортного средства без внешней зарядки). В альтернативном варианте, возможна подача электрической энергии на тяговый электродвигатель транспортного средства. Таким образом, двигатель внутреннего сгорания может работать с очень хорошим кпд при любых аспектах эксплуатации, что оказывает

положительное влияние на выбросы CO<sub>2</sub> и потребление топлива агрегата. В этой заявке уделяется внимание многочисленным аспектам конструкции и эксплуатации расширителя диапазона в транспортном средстве.» [14], [24]

«Существует три основные схемы устройства гибридных силовых установок: последовательная, параллельная и смешанная. Последовательная гибридная схема появилась первой (её предложил в 1899 году Фердинанд Порше), но в легковых автомобилях распространена меньше (рисунок 1.2). По ней, например, построены силовые агрегаты карьерных самосвалов, некоторых автобусов и локомотивов. В последовательной схеме колёса приводит в движение электромотор, а малолитражный ДВС крутит генератор, вырабатывающий электроэнергию. Тут отсутствует необходимость в коробке передач и мощном двигателе внутреннего сгорания. Зато требуются аккумуляторы большой ёмкости» [6], [25].

Последовательная гибридная схема электромобиля представлена на рисунке 11.

Последовательная схема устройства гибридных силовых установок (ГСУ) представляет собой одну из конфигураций, которая используется для сочетания внутреннего сгорания и электрического двигателя. В этой схеме двигатель с внутренним сгоранием (ДВС) работает исключительно для генерации электричества, которое затем используется для привода электрического двигателя, который, в свою очередь, обеспечивает механическую мощность для передвижения автомобиля.

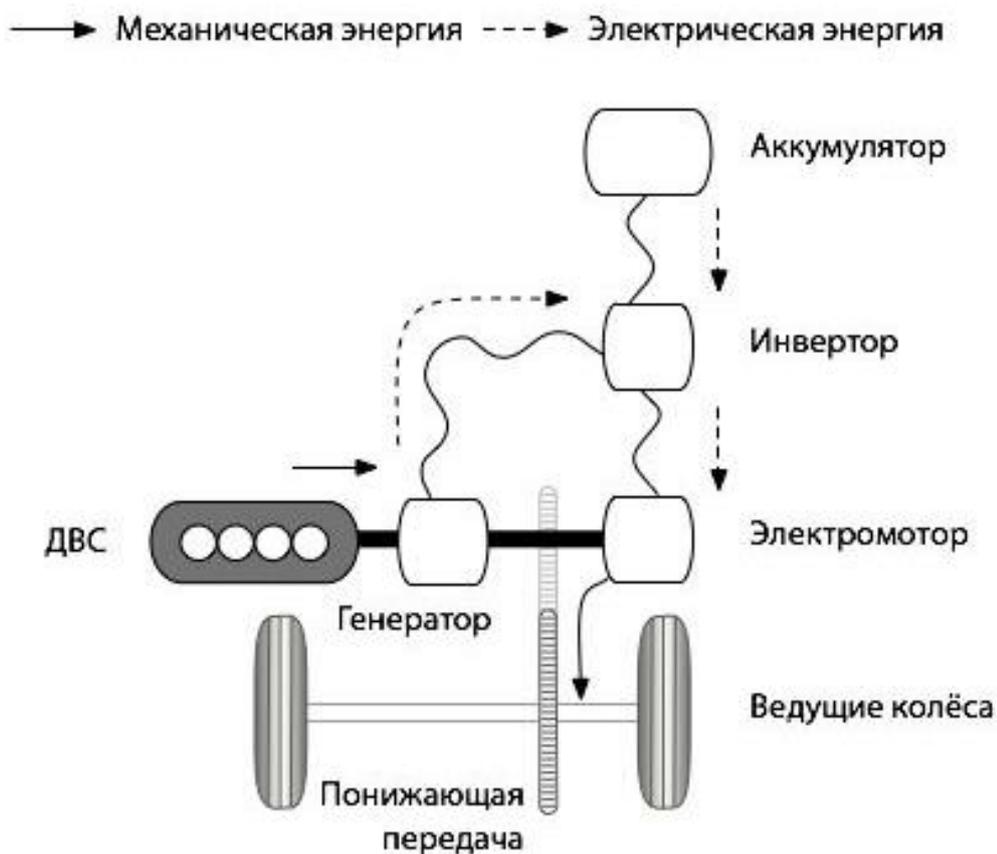


Рисунок 11 – Последовательная гибридная схема

Основные компоненты последовательной схемы ГСУ включают следующие узлы и агрегаты.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Это может быть традиционный бензиновый или дизельный двигатель, который работает на углеводородном топливе. Однако, вместо непосредственного привода колес, ДВС работает как генератор, который создает электричество.

Генератор преобразует механическую энергию, производимую ДВС, в электрическую энергию. Электричество, сгенерированное генератором, направляется в аккумуляторную батарею или используется напрямую для привода электрического двигателя.

Аккумуляторная батарея является накопителем электрической энергии для использования в электрическом двигателе. В последовательной схеме ГСУ батарея обычно используется в качестве промежуточного источника

энергии, поскольку электрический двигатель использует электричество, которое производится ДВС через генератор.

Электрический двигатель преобразует электрическую энергию, поступающую из батареи или генератора, в механическую энергию для привода колес автомобиля. В последовательной схеме ГСУ электрический двигатель является основным источником тяговой мощности.

Таким образом, в последовательной схеме ГСУ ДВС служит для генерации электричества, которое затем используется для питания электрического двигателя, обеспечивающего движение автомобиля. Эта схема позволяет более эффективно использовать энергию, снижает выбросы вредных веществ и обеспечивает более экологически чистый и экономичный способ передвижения.

«Самая распространённая сейчас схема – параллельная (рисунок 12). Она запатентована ещё в 1905 году немцем Генри Питером. Ей отвечают почти все умеренные гибриды.» [6], [16]

Параллельная гибридная схема электромобиля представлена на рисунке 12.

Параллельная схема устройства гибридных силовых установок (ГСУ) представляет собой другую конфигурацию, которая используется для сочетания внутреннего сгорания и электрического двигателя. В этой схеме двигатель с внутренним сгоранием (ДВС) и электрический двигатель могут работать независимо или совместно для привода колес автомобиля.

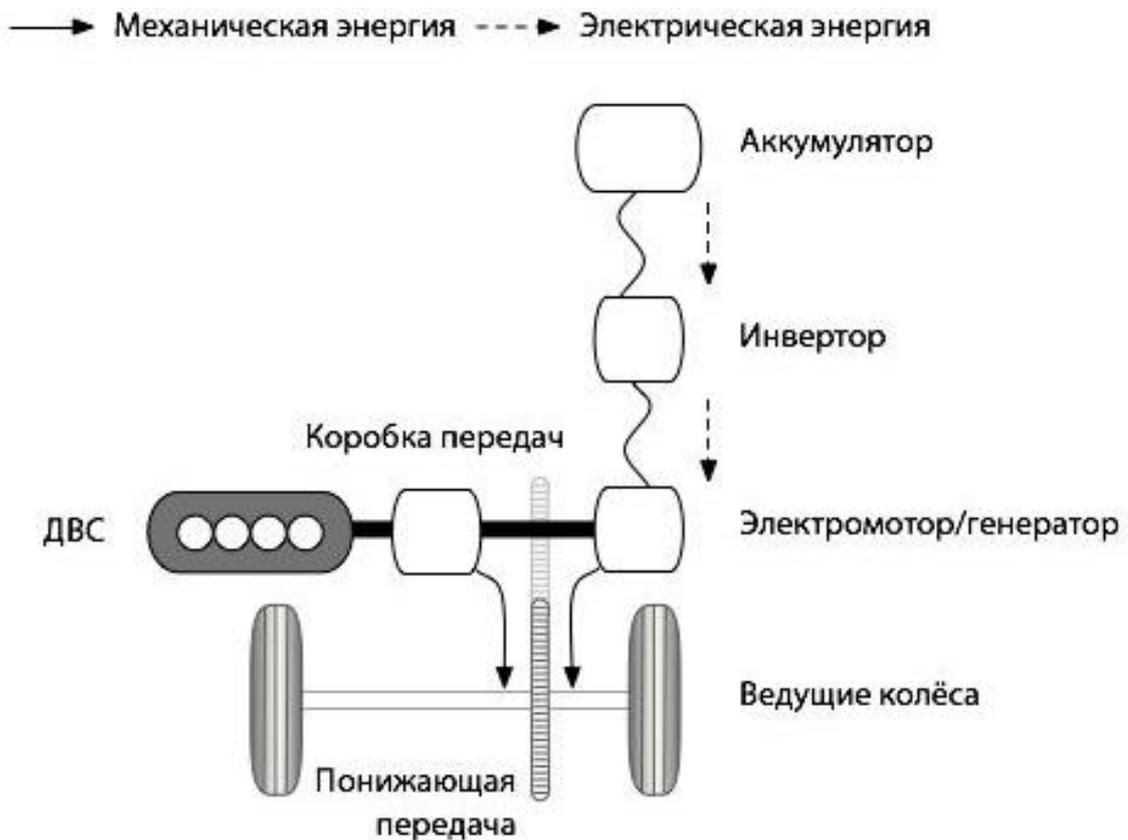


Рисунок 12 – Параллельная гибридная схема

Основные компоненты параллельной схемы ГСУ включают следующие узлы и агрегаты.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это может быть бензиновый или дизельный двигатель. ДВС может использоваться для привода колес автомобиля непосредственно, а также для генерации электричества через генератор.

Электрический двигатель может работать параллельно с ДВС или независимо от него. Он может использоваться для привода колес автомобиля или для дополнительного усиления мощности, особенно при разгоне или в условиях повышенной мощности.

В параллельной схеме ГСУ ДВС и электрический двигатель могут работать независимо или совместно в зависимости от условий и требований. Это позволяет более гибко использовать энергию, обеспечивать более

эффективное использование топлива и электроэнергии, а также улучшать динамические характеристики и общую производительность автомобиля. Параллельная схема ГСУ также может обеспечивать возможность использования только электрического режима при низких скоростях или на коротких расстояниях, что способствует снижению выбросов и экономии топлива.

«Распространены также смешанные, или, как их ещё называют, последовательно-параллельные гибриды. Благодаря планетарной передаче возникает синергия – взаимодействие двигателя внутреннего сгорания и электромотора (рисунок 13). Тут ДВС крутит колёса в паре с электромотором, одновременно вращая генератор. В традиционной коробке передач нет необходимости: электроника регулирует обороты моторов и генератора, превращая такую систему в бесступенчатую трансмиссию ECVT.» [6], [17]

Параллельно-последовательная схема устройства гибридных силовых установок (ГСУ) является комбинацией параллельной и последовательной схем. В этой конфигурации двигатель с внутренним сгоранием (ДВС) и электрический двигатель могут работать независимо или совместно для привода колес автомобиля. Как и в предыдущих схемах, ДВС может работать для привода колес автомобиля непосредственно и/или для генерации электричества.

Электрический двигатель может работать как независимо, так и параллельно с ДВС для привода колес автомобиля или для дополнительного усиления мощности.

В параллельно-последовательной схеме ГСУ ДВС, генератор и электрический двигатель работают параллельно для привода автомобиля, а также для генерации электричества и зарядки аккумуляторной батареи. Это позволяет использовать ДВС для привода колес автомобиля и одновременно использовать электрический двигатель для поддержки тяговой мощности или при необходимости, например, при разгоне или при повышенной мощности.

Аккумуляторная батарея также может использоваться для хранения энергии, созданной ДВС и генератором, для последующего использования электрическим двигателем.

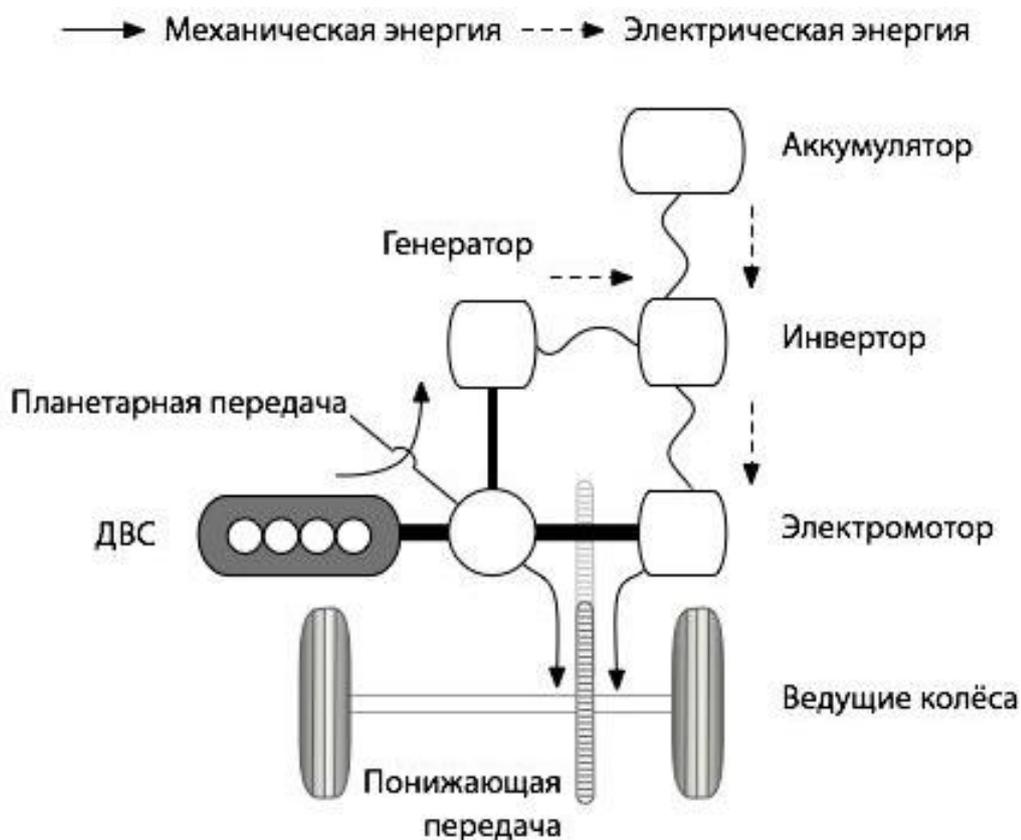


Рисунок 13 – Последовательно-параллельная гибридная схема

Параллельно-последовательная схема ГСУ обеспечивает гибкость и эффективность, позволяя использовать энергию электрического двигателя и ДВС в оптимальном сочетании в зависимости от условий езды и требований. Она также может обеспечить возможность использования только электрического режима на коротких расстояниях и при низких скоростях, что способствует снижению выбросов и экономии топлива. Управляющая система играет важную роль в оптимизации работы всех компонентов ГСУ и обеспечении оптимального использования энергии.

«Большинство двигателей, установленных на гибридах, - бензиновые. Многие работают по циклу Аткинсона с более коротким тактом сжатия и более эффективным рабочим процессом. Это обеспечивает лучшие экологические и экономические показатели. Распространение, казалось бы, более экономичных дизельэлектрических силовых установок сдерживает прежде всего то, что большинство гибридов продаются в незнакомой с дизелем Америке. Кроме того, дизельный мотор дороже бензинового, а это лишь увеличивает немалую цену гибрида.» [1], [18]

Как уже говорилось ранее, на грузовых автомобилях чаще всего используют последовательную гибридную схему.

Анализ конструкции автомобилей с гибридной силовой установкой помогает оценить и оптимизировать различные аспекты таких транспортных средств, включая интеграцию компонентов, расположение, размеры и вес, энергетический процесс, инфраструктуру зарядки, стоимость и экономическую эффективность. Это важно для создания энергоэффективных и экологически чистых транспортных средств, способных удовлетворить требования современной транспортной индустрии.

### **1.3 Выбор схемы гибридной силовой установки (ГСУ)**

«Как видно, все три варианта систем с гибридными силовыми установками имеют свои достоинства и недостатки, поэтому выбрать рациональный вариант можно только после тщательного расчета экономических аспектов работы автомобилей с рассматриваемыми системами при движении в городском цикле.

Были проведены расчеты топливной экономичности легкого автомобиля повышенной проходимости полной массой 2543 кг при движении в городском цикле, представляющем собой последовательное чередование разгона до скорости 50 км/ч за 18 с, равномерного движения со скоростью 50 км/ч в течение 20 с, замедления до полной остановки за 17 с и

стоянки с работающим двигателем (при обычной трансмиссии) в течение 25 с, при этом полный путь в цикле составляет 520 м. Расчеты проведены для двух вариантов первичных двигателей (ЗМЗ-406 и ЗМЗ -405) с двумя вариантами минимального расхода топлива - 265 г/кВт ч и 235 г/кВт ч.» [8], [19]

Была выбрана параллельная схема, т. к. она позволяет использовать серийный автомобиль для установки ГСУ с минимальными переделками и затратами, к тому же при отказе ГСУ автомобиль может двигаться в обычном режиме используя только ДВС. К тому же, параллельная схема с ДВС хорошо komponуется, достаточно проста и не требует создания громоздкой согласующей передачи.

Исходя из вышеперечисленных факторов, выбираем параллельную схему, вариант по рисунку 14.

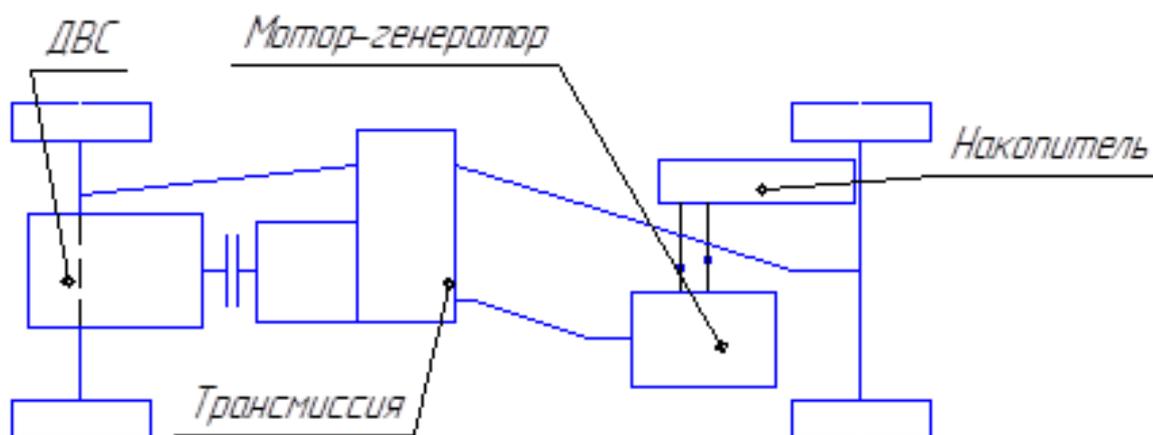


Рисунок 14 – Схема размещения ГСУ параллельного типа

В качестве объекта исследования выбран легковой автомобиль повышенной проходимости УАЗ-3160. Этот автомобиль был задуман, как автомобиль двойного назначения, способный в военное время выполнять различные боевые задачи: разведка, переброска групп быстрого

реагирования, отрядов спецназа и т.д. Использование ГСУ дает существенный выигрыш в расходе топлива, что для военного автомобиля особенно важно, т.к. снижаются расходы на транспортировку топлива и риск при его доставке на поле боя. Также выяснилось, что электромобили обеспечивают меньший уровень шума и не так заметны при наблюдении в приборы ночного видения (из-за меньшего инфракрасного излучения), т.е. в режиме электротрансмиссии можно использовать эти преимущества.

В мирное время использование проектируемого автомобиля возможно в качестве городского развозного транспортного средства, т.к. у него сравнительно низкий расход топлива (на уровне автомобилей малого класса) и минимальные вредные выбросы отработанных газов в атмосферу.

Технические характеристики автомобиля:

- колёсная формула: 4x4;
- количество мест: 5+2;
- габаритные размеры: 4240x1828x1935 мм;
- дорожный просвет: 210 мм;
- масса снаряжённого автомобиля: 2043 кг;
- полная масса: 2543 кг;
- грузоподъёмность: 500 кг;
- максимальная скорость: 127 км/ч;
- ДВС: ЗМЗ-4052.10;
- топливо: Аи-95 (Аи-93);
- объём: 2,5 л;
- мощность: 106 кВт;
- крутящий момент: 199 Н·м;
- коробка передач: механическая, 5-ти ступенчатая, синхронизированная;
- раздаточная коробка: с межосевым дифференциалом;
- тормозная система: передние тормоза - дисковые, задние барабанные;

- шины: 225/75 R16.

В качестве тягового электродвигателя был выбран отечественный электродвигатель постоянного тока ПТ-125. Этот выбор обусловлен тем, что он подходит для разрабатываемой конструкции по компоновочным соображениям, надёжен и не дорог по сравнению с электродвигателями иностранного производства.

По результатам анализа, выполненного в первом разделе дипломного проекта можно сделать следующие выводы.

Гибридная силовая установка автомобиля 4x4 представляет собой сложную систему, включающую сочетание внутреннего сгорания и электрических двигателей. Она обеспечивает оптимальную комбинацию мощности и экономии топлива, что делает такие автомобили более эффективными и экологически чистыми.

Конструкция гибридной силовой установки включает в себя компоненты, такие как двигатель внутреннего сгорания, электрический двигатель, батареи, инверторы, контроллеры и системы управления. Все эти компоненты должны работать взаимодействовать между собой с целью обеспечения оптимальной работы установки.

Гибридная силовая установка автомобиля 4x4 может быть реализована в различных вариантах, включая параллельные, последовательные или с расширенной электрической поддержкой. Выбор конкретного варианта зависит от требований к мощности, дальности хода, эффективности и стоимости. В нашем случае принята ГСУ параллельного типа.

Гибридная силовая установка автомобиля 4x4 может иметь режимы работы, такие как полностью электрический режим, режим генерации электроэнергии при торможении и режим использования энергии внутреннего сгорания для привода колес. Эти режимы позволяют оптимизировать использование энергии и повысить экономичность автомобиля.

Анализ конструкции гибридной силовой установки автомобиля 4x4 показывает, что она требует высокой интеграции и синхронизации компонентов. Это требует разработки и применения специализированных технологий, а также строгого контроля качества и безопасности.

Гибридные силовые установки автомобилей 4x4 представляют большой потенциал для улучшения мощности, проходимости и экологической устойчивости автомобилей данного класса. Однако, для успешной реализации таких установок необходимо продолжать исследования и разработки в области новых материалов, электроники, электрических систем и синергии между компонентами.

В качестве тягового электродвигателя был выбран отечественный электродвигатель постоянного тока ПТ-125. Этот выбор обусловлен тем, что он подходит для разрабатываемой конструкции по компоновочным соображениям, надёжен и не дорог по сравнению с электродвигателями иностранного производства.

В целом, анализ конструкции гибридной силовой установки автомобиля 4x4 подтверждает ее перспективность и потенциал для развития более эффективных, экологически чистых и проходимых автомобилей данного класса. Однако, ее успешная реализация требует дальнейших исследований и разработок, а также четкого понимания требований рынка и потребностей потребителей.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

### 2.1 Расчет тягового и динамического баланса

В данном разделе произведён расчёт суммарной тяговой силы на ведущих колёсах автомобиля, а также силы сопротивления воздуха и качению (на графике отображена суммарная сила сопротивления). Расчёт произведён для следующих режимов движения:

- полностью стандартный автомобиль;
- режим электро-трансмиссии;
- движение с максимальной тяговой эффективностью (ДВС и электродвигатель);
- городской режим движения.

В разделе используются следующие расчетные формулы.

Тяговая сила на колёсах автомобиля:

$$P_k = \frac{M_e \times i_{кн} \times i_{рк} \times i_0 \times \eta_{мп}}{r_k} \quad (1)$$

Сила сопротивления качению:

$$P_f = G_a \times f_0 \times (1 + A \times V^2) \quad (2)$$

Сила сопротивления воздуха:

$$P_w = \frac{C_x \times \rho \times F \times V^2}{2} \quad (3)$$

Скорость автомобиля:

$$V = 0.377 \times \frac{n_e \times r_k}{i_{kn} \times i_0} \quad (4)$$

Динамический фактор:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_a} \quad (5)$$

Ускорение автомобиля:

$$J = (D - f) \times \frac{g}{\delta_i} \quad (6)$$

Мощность силовых потерь:

$$N_f = G_a \times f \times (1 + AV^2) \times \frac{V}{3.6 \times 1000} \quad (7)$$

Коэффициент учёта инерции вращающихся масс:

$$\delta_i = 1 + \sigma_1 \times i_{kn}^2 + \sigma_2 \quad (8)$$

$$\sigma_1 = \frac{I_e \times i_0^2 \times \eta_{mp} \times g}{G_a \times r_k^2} \quad (9)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum I_k \times g}{G_a \times r_k^2} \quad (10)$$

Мощность силы сопротивления воздуха:

$$N_w = \frac{C_x \times \rho \times F \times V^3}{2 \times 3.6 \times 1000} \quad (11)$$

Мощность ДВС на колесах:

$$N_k = N_e \times \eta_{mp} \quad (12)$$

Путь, пройденный автомобилем:

$$S = \int V dT \quad (13)$$

Время разгона автомобиля:

$$T = \int \frac{1}{J} dV \quad (14)$$

Путевой расход топлива при установившемся движении:

$$Q_s = \frac{g_e \times (N_f + N_w)}{10 \times V \times \rho_m \times \eta_{mp}} \quad (15)$$

Расчет выполняется для всех режимов движения транспортного средства. Результаты расчета приводятся в таблице 1. Графические результаты расчета приводятся в Приложении А, а также выносятся на лист графической части.

Таблица 1 – Результаты расчета тягового баланса

$V_a, \text{км/ч}$	$P_k, \text{Н}$	$P_f, \text{Н}$	$P_w, \text{Н}$	$P_f+P_w, \text{Н}$	$D, \%$	$J, \text{м/с}^2$	$1/J, \text{с}^2/\text{м}$	$P_{f2}, \text{Н}$	$P_{f2}+P_w, \text{Н}$	$V_a, \text{км/ч}$	$T, \text{сек}$
0	2292	381,5	0	381,5	0,09	0,725	1,379	762,9	762,9	0	0
33,87	2292	399	99,02	498	0,086	0,688	1,454	797,9	896,9	34	13,3
35,41	2193	400,6	108,2	508,8	0,082	0,647	1,547	801,2	909,4	44	18,62
36,95	2116	402,3	117,8	520,1	0,079	0,614	1,63	804,6	922,4	54	26,74
40,03	1924	405,9	138,3	544,2	0,07	0,533	1,876	811,8	950,1	64	40,18
43,11	1785	409,8	160,4	570,2	0,064	0,472	2,119	819,6	980	71	57,43
46,19	1653	414	184,1	598,1	0,058	0,413	2,422	828	1012	34	66,64
49,27	1547	418,5	209,5	628	0,053	0,363	2,755	837	1046	47	159,6
52,34	1455	423,3	236,5	659,8	0,048	0,318	3,148	846,5	1083	57,8	308
55,42	1355	428,3	265,1	693,5	0,043	0,269	3,716	856,6	1122	71	788,5
56,96	1316	431	280,1	711	0,041	0,248	4,026	861,9	1142	-	-
58,5	1278	433,7	295,4	729,1	0,039	0,228	4,38	867,3	1163	-	-
61,58	1206	439,3	327,3	766,6	0,035	0,189	5,303	878,6	1206	-	-
64,66	1146	445,2	360,9	806,1	0,031	0,153	6,525	890,5	1251	-	-
67,74	1091	451,5	396,1	847,5	0,027	0,119	8,404	902,9	1299	-	-
70,82	1036	458	432,9	890,9	0,024	0,084	11,89	915,9	1349	-	-
72,36	1014	461,3	451,9	913,3	0,022	0,068	14,6	922,7	1375	-	-
73,9	987,3	464,8	471,4	936,1	0,02	0,051	19,58	929,5	1401	-	-
76,98	936,7	471,9	511,4	983,3	0,017	0,017	60,2	943,7	1455	-	-
80,06	892,6	479,2	553,2	1032	0,013	-	-	958,5	1512	-	-
83,14	855,1	486,9	596,6	1083	0,01	-	-	973,8	1570	-	-
86,22	815,4	494,9	641,6	1136	0,007	-	-	989,7	1631	-	-
89,29	789	503,1	688,2	1191	0,004	-	-	1006	1694	-	-
92,37	753,7	511,6	736,5	1248	0,004	-	-	1023	1760	-	-
95,45	720,7	520,5	786,4	1307	-	-	-	1041	1827	-	-
98,53	692	529,6	838	1368	-	-	-	1059	1897	-	-
101,6	661,2	539	891,1	1430	-	-	-	1078	1969	-	-

## 2.2 Мощностной баланс

При расчете используем уточненные данные по автомобилю УАЗ-3160 с учетом применения гибридной силовой установки. При этом учитывается, что двигатель все время работает на режиме минимального удельного расхода топлива, кроме режима его разгона.

Во время разгона автомобиль преодолевает не только силы сопротивления воздуха и качения, но и силу инерции. Ее считаем, исходя из ускорений городского цикла.

Требуемая мощность представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Требуемая мощность разгона автомобиля

Разгон	Т,сек	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
	Нраз,Вт	0	1881,67	6911,86	16772,9	30244,2	48155,8	70660	96328,5	126087	160979
РД	Т,сек	18	38	38	-	-	-	-	-	-	-
	Нрд,Вт	8824,65	8824,65	0	-	-	-	-	-	-	-
Рекуп	Т,сек	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55
	Нрек,Вт	0	-19805	-37693	-53413	-66752	-77534	-85619	-90902	-93798	-94523

Получаемая фактическая мощность представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Получаемая мощность разгона автомобиля

Разгон	Т,сек	0	2	4	6	8	10	12	14	16	16,5
	Нраз,Вт	0	1881,67	6911,83	15124,3	30497,4	50985,6	80334,9	117592	163618	214816
РД	Т,сек	18	38	38	-	-	-	-	-	-	-
	Нрд,Вт	8824,66	8824,65	0	-	-	-	-	-	-	-
Рекуп	Т,сек	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55
	Нрек,Вт	0	-19805	-37693	-53413	-66752	-77534	-85619	-90902	-93798	-94523

### 2.3 Расчет баланса совершаемой работы

«Расчет баланса работ необходим для определения потребного времени работы ДВС. Определяем КПД трансмиссии при различных режимах ее работы:

- при работе ДВС КПД складывается из КПД коробки передач, раздаточной коробки и главной передачи;
- при работе электромотора из его КПД, КПД раздаточной коробки, главной передачи и аккумуляторной батареи при разрядке;
- при рекуперации из КПД аккумуляторной батареи, генератора, преобразователя, механической трансмиссии.

Находим работу, затраченную электромотором на следующих режимах:

- разгон автомобиля до 16 км/ч;
- равномерное движение при скорости 50 км/ч.

Затем считаем работу, полученную рекуперацией при 4 торможениях цикла. Для этого определяем замедления, мощности инерции и сопротивления движению при торможении. Работу рекуперации считаем с вычетом мощности сопротивления качению и воздуха.

Для наглядности строим график мощностей при рекуперации.

Теперь необходимо составить баланс работ. При этом примем, что при равномерном движении ДВС работает до того момента, когда накопит в аккумуляторах достаточно энергии для работы электромотора в течение цикла, включая его работу при равномерном движении после выключения ДВС.

Приобретенная работа:

- работа рекуперации (известна);
- работа зарядки от ДВС (зависит от времени работы ДВС).

Потраченная работа:

- работа электромотора при равномерном движении после выключения ДВС (зависит от времени работы ДВС);
- работа электромотора на других режимах (известна).» [3], [10], [21]

Городской цикл, параметры фазы замедления:

$$\Delta T = 17 \text{ сек}, V = 50,0 \text{ км/ч}, j = 0,82 \text{ м/с}^2$$

$$A_{рек} = N_{рек} \cdot T_{зам} \quad (16)$$

$$\Delta A_{рек} = \Delta N_{рек} \cdot \Delta T_{зам} \quad (17)$$

$$A_{рек} = \sum \Delta A_{рек} \quad (18)$$

$$N_{рек} = N_j - (N_f + N_w) \quad (19)$$

$$N_j = G_a / g \cdot j \cdot \delta_{эл.дв.} \cdot V_{ср} / 3.6 \quad (20)$$

где  $\delta_{эл.дв.} = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;

$$\eta_{\text{тр}} = 0,9;$$

$$r_k = 0,347 \text{ м};$$

$$i_0 = 8,4972$$

$$J_k = 1,382 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$G_a = 25430 \text{ Н}$$

$$V_{\text{cp}}=47 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=19805,25\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=39610,5\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=41 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=17887,45\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=35774,9\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=35 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=15720,07\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=31440,1\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=29 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=13339,39\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=26678,8\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=23 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=10781,98\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=21563,96\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=17 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=8084,40\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=16168,8\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=11 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=5283,22\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=10566,45\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=6 \text{ км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=2896,14\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=5792,28\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{\text{cp}}=1,5\text{км/ч } \Delta T=1\text{сек } \Delta N_{\text{рек}}=725,5\text{Вт } \Delta A_{\text{рек}}=725,5\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$\Sigma A_{\text{рек}}=183121,29 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

Энергия, затрачиваемая в фазе разгона в режиме электромобиля.

Городской цикл, параметры фазы разгона:

$$\Delta T=18\text{сек}, V=0\dots 50 \text{ км/ч}, j=0,77 \text{ м/с}^2$$

$$A_{\text{раз}} = N_{\text{раз}} \cdot T_{\text{раз}} \quad (21)$$

$$\Delta A_{\text{раз}} = \Delta N_{\text{раз}} \cdot \Delta T_{\text{раз}} \quad (22)$$

$$A_{\text{раз}} = \sum \Delta A_{\text{раз}} \quad (23)$$

$$N_{\text{раз}} = N_j + N_f + N_w \quad (24)$$

$$N_j = G_a / g \cdot j \cdot \delta_i \cdot V_{\text{ср}} / 3.6 \quad (25)$$

где  $J_{\text{эл.дв.}} = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

$\eta_{\text{тр}} = 0,9$   $r_k = 0,347 \text{ м}$

$i_0 = 8,4972$

$J_k = 1,382 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

$G_a = 25430 \text{ Н}$

$\delta_1 = 1,96$ ;  $\delta_2 = 1,498$ ;  $\delta_3 = 1,18$ ;  $\delta_4 = 1,09$ ;

$$V_{\text{ср}} = 3 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 1881,6 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 3763,2 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{\text{ср}} = 9 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 5030,19 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 10060,38 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{\text{ср}} = 14 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 9861 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 19722 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{\text{ср}} = 19 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 13471,3 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 26942,6 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{\text{ср}} = 25 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 17911,6 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 35823,2 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{\text{ср}} = 31 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 22504,2 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 45008,4 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{\text{ср}} = 35 \text{ км/ч} \quad \Delta T = 2 \text{ сек} \quad \Delta N_{\text{раз}} = 25668,5 \text{ Вт} \quad \Delta A_{\text{раз}} = 51337 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$V_{cp}=40\text{км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{раз}=29758.9\text{Вт } \Delta A_{раз}=59517,8\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$V_{cp}=46\text{км/ч } \Delta T=2\text{сек } \Delta N_{раз}=34892.1\text{Вт } \Delta A_{раз}=69784,2\text{Вт}\cdot\text{с}$$

$$A_{раз}=287066,68 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

Энергия, поступившая в накопитель в фазе замедления.

$$\begin{aligned} A_{нак} &= A_{рек} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{ген} \cdot \eta_{пр} \cdot \eta_{зар} = 183121,29 \cdot 0,9 \cdot 0,87 \cdot 0,95 \cdot 0,87 = \\ &= 118506,85 \text{ Вт}\cdot\text{с} \end{aligned}$$

Энергия, необходимая для движения в режиме электро-трансмиссии.

$$A_{э} = (A_{раз} + A_{р.д.}) / \eta_{эт} = (287066,68 + 176493,08) / 0,65 = 713168,86 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

С учётом рекуперации энергии:

$$A_{эт} = A_{э} - A_{нак} = 713168,86 - 118506,85 = 594662,01 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

## 2.4 Определение ёмкости накопителей

Необходимая ёмкость накопителей для преодоления одного городского цикла с учётом 25% остатка энергии в накопителе после прохождения цикла:

$$A_{нак1} = A_{эт} \cdot 0,25 + A_{эт} = 743327,5 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

Путь преодолеваемый за цикл 520м.

На один км пробега в городском цикле требуется:

$$A=A_{ЭТ}/0,52=1143580,8\text{Вт}\cdot\text{с}$$

Примем в качестве накопителей 10АБ 12V 60А·ч, из 60А·ч мы можем использовать только 45А·ч (25% недоразряд). Доступная ёмкость  $12\cdot45\cdot3600=1944000\text{Вт}\cdot\text{с}$ ,

Следовательно автомобиль с ГСУ (УАЗ) может двигаться в режиме электро-трансмиссии в городском цикле  $1944000/1143580,8=1,7\text{км}$ .

При движении с постоянной скоростью:

$$A_{р\text{д}}=((N_f+N_w)\cdot20\text{сек})/0,65=271527,8\text{Вт}\cdot\text{с}; S_{р\text{д}}=208,3\text{м}$$

$$S=(1944000/A_{р\text{д}})\cdot0,2083$$

Расчет соотношения скорости движения транспортного средства и длительности пробега приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет соотношения скорости движения транспортного средства и длительности пробега

V <sub>ср</sub> , км/ч	5	10	15	20	30
S, км	24,7	12,1	7,8	5,6	3,4

Гибридная силовая установка позволяет достичь оптимального сочетания мощности и экономии топлива. В результате тягового расчета видно, что такая установка обеспечивает достаточную тяговую силу для автомобиля среднего класса 4х4 двойного назначения.

Электрический двигатель в гибридной силовой установке обеспечивает дополнительную мощность и крутящий момент, особенно при низких скоростях и старте автомобиля. Это позволяет улучшить динамические характеристики и проходимость автомобиля.

Внутренний сгорания двигатель играет роль основного источника энергии, особенно на дальних расстояниях и при повышенной скорости. Он также используется для зарядки батарей в электрическом режиме и повышения общей эффективности силовой установки.

Результаты тягового расчета могут быть использованы для оптимизации параметров гибридной силовой установки, таких как выбор и настройка двигателей, определение ёмкости батарей, разработка системы управления и установка рекуперативной системы.

При выборе гибридной силовой установки необходимо учитывать требования к мощности, дальности хода, эффективности и стоимости. Тяговый расчет помогает определить оптимальный баланс между этими параметрами и выбрать наиболее подходящий тип и компоненты для силовой установки.

Гибридная силовая установка позволяет улучшить экономию топлива и снизить выбросы вредных веществ, что является важными факторами для современных автомобилей. Она также способствует развитию энергоэффективных и экологически чистых автомобильных технологий.

В целом, тяговый расчет подтверждает эффективность и перспективность гибридной силовой установки для автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения. Он позволяет оптимизировать работу силовой установки, улучшить динамические характеристики и проходимость автомобиля, а также снизить эксплуатационные расходы и негативное воздействие на окружающую среду.

### **3 Разработка конструкции автомобиля с гибридной силовой установкой**

#### **3.1 Анализ конструкции подвесок автомобиля**

Для автомобиля с колесной формулой 4x4 в качестве передней подвески рассмотрим конструкцию независимой подвески. Практически все независимые подвески обеспечивают малый наклон колеса при переезде неровностей. Широкие возможности варьирования кинематикой направляющих устройств позволяют улучшить показатели управляемости и устойчивости автомобиля. Металлоемкость таких подвесок обычно ниже.

Однако, наряду с рассмотренными преимуществами независимая подвеска обладает и рядом недостатков по сравнению с зависимой подвеской:

- независимая подвеска значительно дороже и сложнее как в производстве, так и в ремонте, чем зависимая подвеска;
- наличие большого количества соединений, резинометаллических втулок, предъявляет повышенные требования к качеству этих изделий;
- независимая подвеска более уязвима на бездорожье, т.к. рычаги, а также приводные валы колес защищены слабее и более нагружены, чем в зависимой подвеске.

Независимые подвески передних колёс, применяемые в последние годы на легковых автомобилях малого и среднего классов, весьма разнообразны. Анализ их конструкции позволяет выделить ряд основных схем по степени их распределения на автомобилях.

Большая часть автомобилей имеет переднеприводную конструкцию с поперечно расположенным двигателем, поэтому, исходя из компоновочных соображений, доминирующим типом конструкции является независимая подвеска с направляющей пружинной стойкой (типа McPherson) (рисунок 15). К преимуществам данной подвески относят меньшее число деталей,

меньшая масса и высвобождение свободного пространства в моторном отсеке или багажнике. Но существует и ряд недостатков, которые ограничивают использование такой подвески в автомобилях повышенной проходимости: повышенные износы направляющих элементов стойки при больших ходах подвески, ограниченные возможности варьирования кинематики и несколько большая шумность.

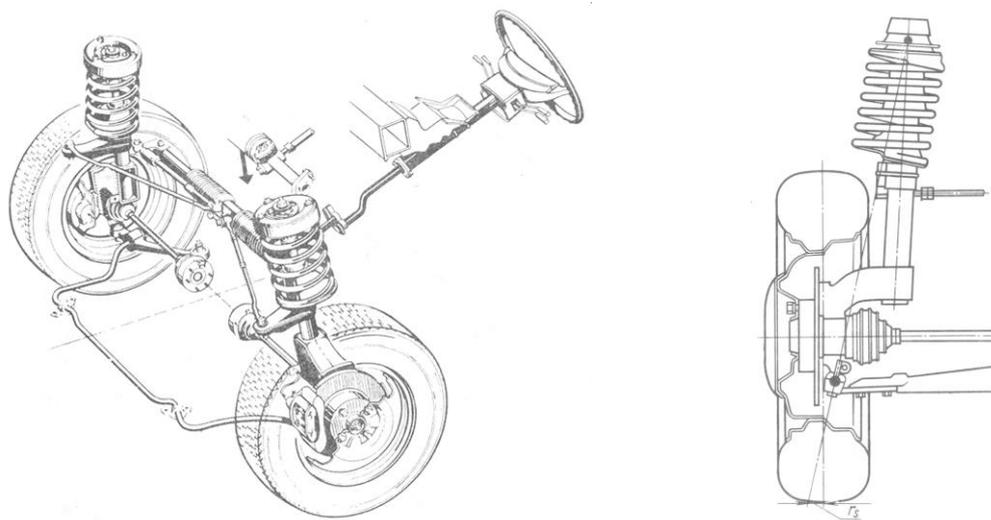


Рисунок 15 – Подвеска типа Макферсон

Существуют конструкции независимых подвесок с качанием рычага в продольной плоскости, но их область применения ограничивается особо малым и малым классом, т.к. для более тяжелых автомобилей она становится громоздкой и недостаточно жесткой.

Большинство автомобилей среднего класса с приводом на все колеса имеют независимую подвеску на двух поперечных рычагах неравной длины с пружиной(рисунок 16), либо торсионом(рисунок 17) в качестве упругого элемента, либо с пневматическим или гидропневматическим упругим элементом(рисунок 18). Надо отметить, что использование гидропневматических упругих элементов в подвеске значительно усложняет

и удорожает производство таких автомобилей, а также последующее их обслуживание.

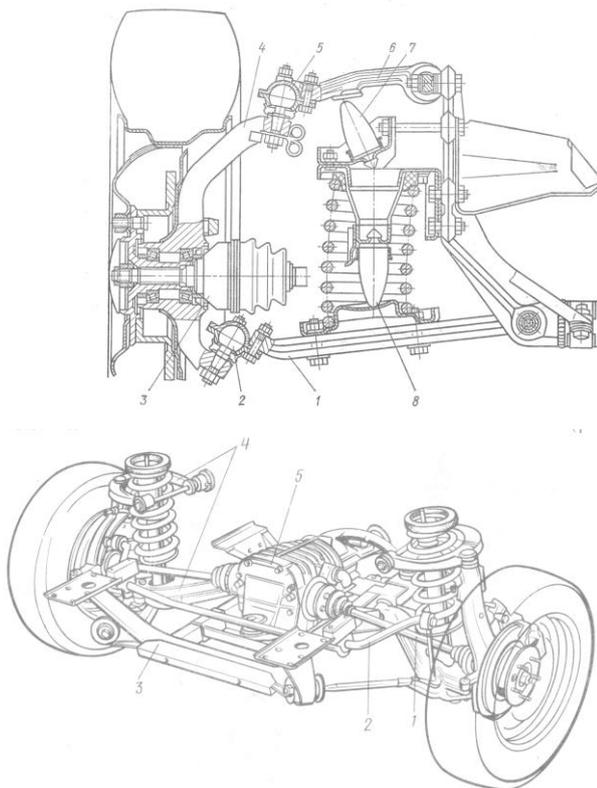


Рисунок 16 – Пружинная независимая подвеска на поперечных рычагах

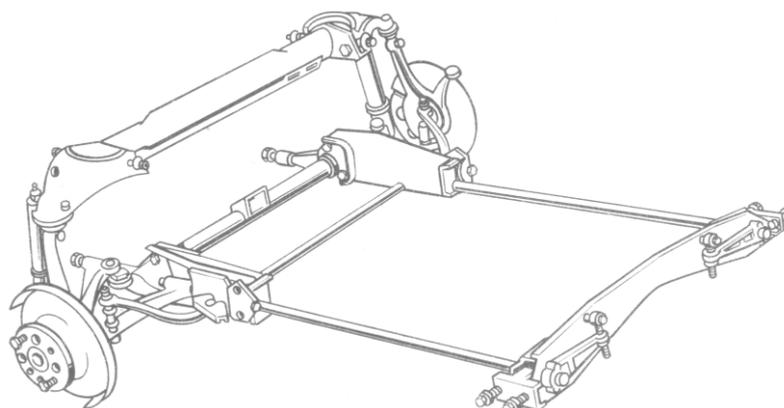


Рисунок 17 - Торсионная независимая подвеска

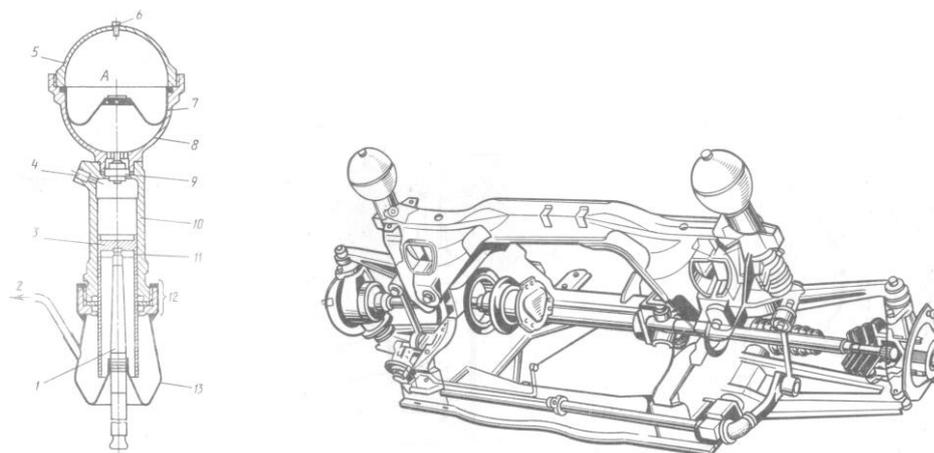


Рисунок 18 – Независимая подвеска с гидропневматическим упругим элементом

Главное преимущество подвески на двойных поперечных рычагах – ее кинематические качества: взаимным положением рычагов можно определить высоту как центра поперечного крена, так и центра продольного крена. Кроме того, за счет различной длины рычагов можно влиять на угловые перемещения колес при ходах отбоя и сжатия, т. е. на изменение развала и (в определенных границах), независимо от этого, на изменение колеи. Изменяя угол наклона рычагов и их осей как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, можно изменить высоту центра крена и обеспечить подвеске «антиклевковые» свойства.

Анализ различных схем передних подвесок, применяемых на современных легковых автомобилях среднего классов с колесной формулой 4x4, показал, что независимая подвеска на двух поперечных рычагах неравной длины с пружиной в качестве упругого элемента является наиболее подходящей с точки зрения минимального веса, габаритных размеров, необходимых для размещения подвески в подкапотном пространстве автомобиля, минимальной трудоёмкости и стоимости, поэтому для проектируемого автомобиля выбираем упомянутую схему передней подвески. Общее расположение элементов подвески и её кинематика

обеспечивают минимальное изменение угла развала колёс во всём диапазоне хода подвески, отношение длин рычагов выбрано согласно рекомендациям, указанным с учетом компоновочных особенностей УАЗ-3160.

### 3.2 Расчет шарниров равных угловых скоростей

Определение максимальных крутящих моментов на шарнирах.

Суммарный крутящий момент (электродвигатель + ДВС):  $M_{e_{max}}=264$

Нм

Передаточное число первой передачи  $i_1=3.62$

Передаточное число третьей передачи  $i_3=1.52$

Передаточное число главной передачи  $i_0=4.11$

Передаточное число пониженной передачи  $i_r=1.92$

Радиус качения колеса  $r_k=0.347$  м

Масса, приходящаяся на переднюю ось  $m_1=1299$  кг (подрессоренные и неподрессоренные).

КПД трансмиссии  $\eta=0.95$

Коэффициент динамичности при наличии в системе упругих элементов  $k_d=1$

Коэффициент сцепления на асфальте  $\varphi=0.8$

Расчет на сопротивление усталости (момент продолжительного действия – движение по ровной дороге на 3-ей передаче с незаблокированными межколесным и межосевым дифференциалами):

$$M_{kr1} = \frac{M_{e_{max}} \times i_3 \times i_0 \times \eta}{4} = \frac{264 \times 1.52 \times 4.11 \times 0.95}{4} = 392 (H \times m) \quad (26)$$

Расчет на статическую прочность (момент кратковременного действия – движение пониженной передаче с заблокированными межосевым дифференциалом):

$$M_{kr3} = \frac{Me_{\max} \times i1 \times i0 \times \eta \times ir \times rk}{2} = \frac{264 \times 3.62 \times 4.11 \times 0.95 \times 1.92 \times 0.347}{2} = 3582 (H \times m)$$

Момент по сцепному весу:

$$M_{cy} = \frac{m1 \times g \times rk \times \varphi}{2} = \frac{1299 \times 9.81 \times 0.347 \times 0.8}{2} = 1770 (H \times m) \quad (27)$$

В качестве расчетного выбираем момент по сцепному весу, т.к. он наименьший. Схема расчета шарнира представлена на рисунке 19.

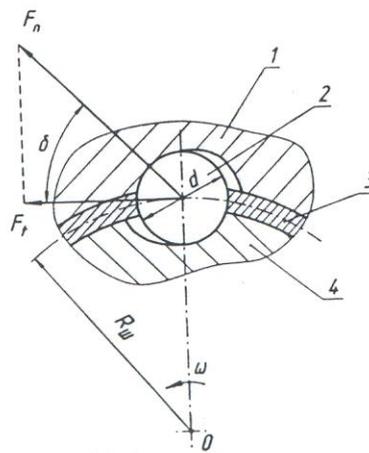


Рисунок 19 – Схема расчета шарнира

Исходные данные выбираем из конструкции шарнира:

$$N_{ш} = 6; R_{ш} = 0,035 \text{ м.}$$

Окружная сила, действующая на один шарик шарнира:

$$F_t = \frac{M_{cy}}{N_{ш} \times R_{ш}} = \frac{1770}{6 \times 0.035} = 8423 (H \times m) \quad (28)$$

Нормальная сила в точках контакта поверхностей шарика и канавки кулака и чашки:

$$F_n = \frac{F_t}{\cos\left(\frac{\pi}{4.5}\right)} = \frac{8423}{\cos\left(\frac{\pi}{4.5}\right)} = 10990(H \times M) \quad (29)$$

Допустимый диаметр шарика:

$$d_w = \sqrt{\frac{F_n}{26.6}} = \sqrt{\frac{10990}{26.6}} = 20.331(мм) \quad (30)$$

Выбираем диаметр шарика  $d=21$  мм.

Расчет шлицевого соединения в ступице переднего колеса:

Параметры (шлицы прямобоочные):

$$Z=10; d=26 \text{ мм}; D=32 \text{ мм}; \sigma_{\text{доп}}=70 \text{ МПа}; f=0.4; r=0.3; \psi=0.8$$

Рабочая длина зубьев  $l_r=50$  мм.

Средний радиус сопряжения рабочих поверхностей:

$$r_{cp} = \frac{d + D}{4} = \frac{26 + 32}{4} = 14.5(мм) \quad (32)$$

Поверхность контакта зубьев:

$$F_w = \left(\frac{D - d}{2} - f - r\right) \times l_r = \left(\frac{32 - 26}{2} - 0.4 - 0.3\right) \times 50 = 115(мм^2) \quad (33)$$

Максимальный передаваемый соединением крутящий момент:

$$Mn = Z \times \psi \times F_{\text{ш}} \times r_{\text{cp}} \times \frac{\sigma_{\text{дон}}}{1000} = 10 \times 0.8 \times 115 \times 14.5 \times \frac{70}{1000} = 934(H \times м) \quad (34)$$

$$Mn = 934(H \times м) < M_{\text{необх}} = 1770(H \times м) \quad (35)$$

Параметры (шлицы эвольвентные):

$Z_{\text{ев}}=30$ ;  $D_a=31.5$  мм;  $D_{a1}=28.5$  мм.

Рабочая длина зубьев  $L_{r_{\text{ев}}}=50$  мм.

Поверхность контакта зубьев:

$$F_{\text{ш}} = \left( \frac{D_a - D_{a1}}{2} \right) \times l_r = \left( \frac{31.5 - 28.5}{2} \right) \times 50 = 75(\text{мм}^2) \quad (36)$$

Средний радиус сопряжения рабочих поверхностей:

$$r_{\text{cp}} = \frac{D_a + D_{a1}}{4} = \frac{31.5 + 28.5}{4} = 15(\text{мм}) \quad (37)$$

Максимальный передаваемый соединением крутящий момент:

$$Mn = Z_{\text{ев}} \times \psi \times F_{\text{ш}} \times r_{\text{cp}} \times \frac{\sigma_{\text{дон}}}{1000} = 30 \times 0.8 \times 75 \times 15 \times \frac{70}{1000} = 1890(H \times м) \quad (38)$$

$$Mn = 1890(H \times м) > M_{\text{необх}} = 1770(H \times м) \quad (39)$$

В результате анализа выбираем эвольвентные шлицы  $m=1$ ;  $z=30$ ;  $d=30$  мм;  $D_a=31.5$  мм;  $s=1.57$ ; центрирование по  $s$ .

### 3.3 Расчет упругих элементов подвески

Масса подрессоренных частей, приходящаяся на переднюю ось:

$M_{по} = 1066$  кг

Собственная частота колебаний передней подвески:

$n = 65$  кол/мин

Статическая нагрузка на подвеску, приходящаяся на одно колесо:

$$F_{cm} = \frac{M_{по} \times g}{2} = \frac{1066 \times 9.81}{2} = 5229(H) \quad (40)$$

Статический прогиб подвески:

$$f_{cm} = \left(\frac{300}{n}\right)^2 = \left(\frac{300}{65}\right)^2 = 21.302(см) \quad (41)$$

Жесткость подвески, приведенная к колесу:

$$C_{подв} = \frac{F_{cm}}{f_{cm}} = \frac{5229}{213} = 24.546(H/мм) \quad (43)$$

Жесткость шины:  $C_{ш} = 196$  (Н/мм)

Конструктивные расстояния:  $a = 270$  мм;  $b = 550$  м

Жесткость упругого элемента (пружины):

$$C_{пр} = \frac{C_{подв} \times C_{ш}}{C_{подв} + C_{ш}} \times \left(\frac{b}{a}\right)^2 = \frac{24.546 \times 196}{24.546 + 196} \times \left(\frac{550}{270}\right)^2 = 90.518(H/мм) \quad (44)$$

Усилие, действующее на пружину:

$$F_{пр} = F_{cm} \times \frac{b}{a} = 5229 \times \frac{550}{270} = 10650(H) \quad (45)$$

### 3.4 Характеристика упругости подвески

Упругая характеристика подвески представлена на рисунке 20.

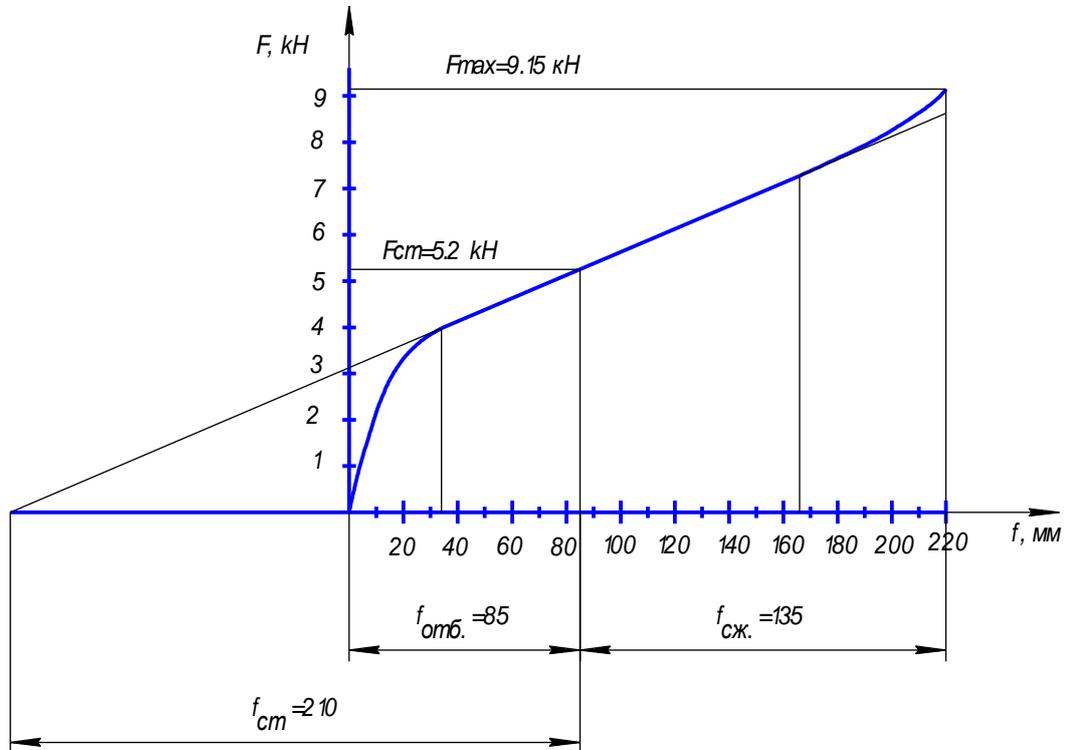


Рисунок 20 – Упругая характеристика подвески

Выбираем индекс пружины:  $m=6.5$

Коэффициент, учитывающий кривизну витка:

$$k = \frac{(4m-1)}{4(m-1)} + \frac{0.615}{m} = \frac{(4 \times 6.5 - 1)}{4(6.5 - 1)} + \frac{0.615}{6.5} = 1.231 \quad (46)$$

Допускаемое напряжение:  $\tau=700$  МПа

Допускаемый диаметр прутка:

$$d_{np} = \sqrt{8F_{np} m \frac{k}{\pi \tau}} = \sqrt{8 \times 10650 \times 6.5 \times \frac{2.31}{700 \times 3.14}} = 17.608(\text{мм}) \quad (47)$$

Задаем диаметр прутка по ГОСТ:  $d_{пр}=18$  мм

Средний диаметр пружины:  $d=md_{пр}=117$  мм

Внешний диаметр пружины:  $D=d+d_{пр}=135$  мм

Число рабочих витков пружины:

$$n_{раб} = 78500 \times \frac{d_{пр}^4}{8d^3 C_{пр}} = 78500 \times \frac{18^4}{8 \times 117^3 \times 90.518} = 7.105 \quad (48)$$

Задаем число рабочих витков:  $n_{раб}=7$

Фактическая жесткость пружины (из числа рабочих витков):

$$C_{прф} = 78500 \times \frac{18}{8 \times 117 \times 7} = 92 (H / мм) \quad (49)$$

Полное число витков:  $n_{полн} = n_{раб} + 2 = 9$

Высота пружины при посадке на витки:

$$H_{мин} = (n_{полн} - 0.5) d_{пр} = 8.5 \times 18 = 153 \text{ мм} \quad (50)$$

Прогиб пружины при статической нагрузке:

$$f_{пр} = F_{пр} / C_{прф} = 10650 / 92 = 116 \text{ мм} \quad (51)$$

Коэффициент шага пружины (выбирается из интервала 0.3-0.5):

$$k_{шаг} = 0.451$$

Шаг пружины в ненагруженном состоянии:

$$h_1 = k_{шаг} d = 0.451 \times 117 = 53 \text{ мм} \quad (52)$$

Длина пружины в ненагруженном состоянии:

$$H_0 = H_{\min} + n_{\text{раб}}(h_1 - d_{\text{пр}}) = 153 + 7 \times (53 - 18) = 396 \text{ мм} \quad (53)$$

Высота пружины при статической нагрузке:

$$H_{\text{ст}} = H_0 - f_{\text{пр}} = 396 - 116 = 280 \text{ мм} \quad (54)$$

Выводы, полученные в результате расчета подвески автомобиля и расчета шарнира равных угловых скоростей.

Расчет подвески автомобиля является важной частью конструкторского процесса. Он позволяет определить оптимальные параметры и характеристики подвески, такие как жесткость пружин, амортизаторов и стабилизаторов поперечной устойчивости для обеспечения комфортной и безопасной езды. Расчет шарнира равных угловых скоростей необходим для обеспечения правильной работы подвески и минимизации боковых смещений колес при движении автомобиля. Шарнир позволяет колесу поддерживать постоянный угол поворота независимо от вертикальных движений подвески.

Результаты расчета позволяют определить размеры и геометрию шарнира равных угловых скоростей, а также его расположение относительно других компонентов подвески. Это обеспечивает правильную работу подвески, минимизирует износ шин, улучшает управляемость и устойчивость автомобиля. В процессе расчета подвески и шарнира равных угловых скоростей необходимо учитывать особенности конструкции автомобиля, его целевое назначение, дорожные условия и требования к комфорту и безопасности. Это позволяет разработать оптимальную конструкцию подвески, удовлетворяющую указанным требованиям.

Корректный расчет подвески и шарнира равных угловых скоростей способствует повышению управляемости автомобиля, комфорту пассажиров и безопасности при движении по различным типам дорог. Это особенно

важно для автомобилей, работающих в условиях плохого качества дорожного покрытия или при высоких скоростях.

Расчет подвески и шарнира равных угловых скоростей являются сложными задачами, требующими использования специализированных инженерных методов и программного обеспечения. Они также требуют учета взаимодействия с другими компонентами автомобиля, чтобы обеспечить интегрированную и эффективную работу всей системы подвески.

В целом, расчет подвески автомобиля и расчет шарнира равных угловых скоростей являются неотъемлемой частью конструкторского процесса. Они позволяют оптимизировать работу подвески, повысить управляемость и комфорт автомобиля, а также обеспечить безопасность при движении.

## **4 Технологический раздел дипломного проекта**

### **4.1 Обоснование выбора объекта технологической разработки**

В конструкторской части дипломного проекта производится анализ и разработка варианта конструкции гибридной силовой установки, выполненной по параллельной схеме, которую предполагается применять на автомобиле двойного назначения, разработанного на базе автомобиля УАЗ-3160.

Как было отмечено выше, создание автомобиля с гибридной силовой установкой считается наиболее перспективным направлением поиска решения проблемы ухудшения общей экологической обстановки городов за счет негативного воздействия автотранспорта. На основе выполненных расчетов, представленных в конструкторской части, можно заключить, что использование спроектированной гибридной силовой установки позволяет достичь существенного улучшения показателей топливной экономичности и снижения количества выбросов вредных веществ.

После завершения работ по разработке необходимо единичное изготовление опытных образцов силовой установки для проведения испытаний, в случае положительного результата которых возможна организация мелкосерийного производства изделия. Но в перспективе следует ожидать значительного увеличения объемов производства автомобилей с гибридными силовыми установками.

Одним из узлов, разработанных в конструкторской части проекта, является привод передних колес. В отличие от многих других узлов, этот претерпел незначительные изменения по сравнению со стандартным, что вызвано экономическими (необходимость удешевления автомобиля) причинами.

Далее приведен анализ технологичности конструкции при сборке, выбран маршрут сборки, описан технологический процесс, порядок контроля

узла, расчет штучного и оперативного времени по операциям, описание и расчет зажимного приспособления.

#### **4.2 Оценка технологичности объекта технологической разработки**

Технологичность - свойство конструкции, заложенное в ней при проектировании и позволяющее получить наиболее рациональными способами изделие с высокими эксплуатационными качествами при снижении затрат труда, средств и материалов. Технологичность конструкции требует, чтобы при решении этих вопросов наряду с учетом прочностных и конструктивно-эксплуатационных требований учитывались также технологические условия серийного изготовления машины.

Процесс производства складывается из трех основных этапов: производства заготовок, механической обработки деталей и сборки (узловой и общей), технический контроль и испытания.

Оценка технологичности конструкции при сборке производится в соответствии с ГОСТ 14204-73 по параметрам, оказывающим наибольшее влияние на технологический процесс сборки изделия.

Габаритные размеры и масса изменены по сравнению со стандартным приводом незначительно, что обусловлено экономическими и конструктивными причинами, о чем было сказано выше. Следовательно по этому параметру изделие не изменилось с точки зрения технологичности. Привод весит 6 кг и имеет длину в собранном виде 683,6 мм, что позволяет брать его из тары и устанавливать на место сборки вручную.

#### **4.3 Оценка наличия баз и установочных поверхностей**

Базовой деталью является вал привода передних колес. Перед выполнением любой операции в первую очередь необходима фиксация вала. Приспособления спроектированы таким образом, что вал встает торцом в

пята, а цилиндрической поверхностью опирается на призму. То есть установочными поверхностями являются торец вала и его цилиндрическая поверхность. Это позволяет легко осуществлять установку и снятие узла без применения дополнительных устройств.

Количество деталей в изделии минимально, благодаря, в том числе, наличию двух сборочных единиц - шарниров - подборка которых производится заранее. Ориентация одной детали относительно другой в основном осуществляется вдоль оси (по валу, шлицам), установка всех деталей удобна и не требует специальных приемов работы или сложного оборудования. Соединение валов и шарниров осуществляется при помощи шлицевых соединений и стопорных колец, крышка внутреннего шарнира напрессовывается, хомуты крепятся пассатижами.

За все время технологического процесса узел перебазируется 3 раза, что обусловлено необходимостью использования прессового оборудования. Но технологический процесс составлен таким образом, что операции, выполняемые при одном положении узла, следуют одна за другой. Это позволяет существенно сократить общее время выполнения сборки изделия.

Контроль можно производить сразу после сборки, не меняя положения узла после выполнения последней операции, что исключает лишние переходы. Достаточно контролировать 10% от собираемых изделий. В основном контроль изделия визуальный, дополнительное оборудование необходимо только для контроля окружного люфта в шарнирах.

#### **4.4 Технологический процесс сборки привода передних колес**

Маршрут – это та последовательность, с которой детали и сборочные единицы более низкого уровня соединяются при сборке изделия.

Маршрут сборки оказывает большое влияние на компоновку сборочного оборудования, на осуществление необходимого контроля точности соединений и, таким образом, на эффективность процесса в целом.

В приводе передних колес базовой деталью является вал, который ставится в необходимое при данной операции приспособление. Учитывая, что многие операции делаются при одном и том же положении вала, лучше всего закрепить его один раз на несколько операций, затем лишь меняя оправки. Таким образом, получаем достаточно мало переходов с изменением положения базовой детали.

Основой проектирования технологического процесса сборки является определение наиболее рациональной последовательности операций.

Все работы производятся в слесарно-сборочном цехе.

Далее приводится разработанный технологический процесс сборки привода передних колес с указанием необходимого для каждой операции оборудования и приспособлений, таблица 5.

Таблица 5 – Технологический процесс сборки привода передних колес

№ операции	Наименование операции	Оборудование и приспособления
10	Взять из тары вал привода передних колес поз. 3 и положить на стол. Взять из тары чехол наружного шарнира поз. 4, покрыть посадочные поверхности шеек чехла тонким слоем мастики поз. 11. Надеть чехол поз. 4 на вал поз. 3.	Стол сборочный
20	Взять из тары чехол внутреннего шарнира поз. 5, покрыть посадочные поверхности шеек чехла тонким слоем мастики поз. 11. Надеть чехол поз. 5 на вал поз. 3.	Стол сборочный
30	Взять из тары шарнир внутренний поз. 2 и надеть на вал до упора. Установить в приспособление. Запрессовать кольцо стопорное поз. 6 на вал поз. 3. При необходимости расправить чехол на кольцевой канавке вала и держателе с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление для запрессовки кольца стопорного на вал.
40	Взять из тары шарнир наружный поз. 1 и запрессовать на вал поз. 3 до захода кольца запорного в канавку. При необходимости расправить чехол на кольцевой канавке наружного шарнира и вала с помощью оправки.	Стенд пневматический, приспособление: для запрессовки наружного шарнира на вал.

Продолжение таблицы 5

№ операции	Наименование операции	Оборудование и приспособления
50	Взять из тары и запрессовать крышку поз.7 внутреннего шарнира поз.2 до упора. Совпадение отверстий шарнира поз. 2 и крышки поз. 7 в процессе сборки обеспечить инструментом.	Стенд пневматический, приспособление: для запрессовки крышки внутреннего шарнира.
60	Подсобранный привод передних колес установить на подставку и зажать ручным зажимом. Взять из тары ленту-хомут поз. 8 и с помощью пассатижей затянуть ее на чехле наружного шарнира поз. 4 со стороны вала поз. 3.	Подставка, зажим, пассатижи.
70	Взять из тары ленту-хомут поз. 10 и с помощью пассатижей затянуть ее на чехле поз. 4 со стороны наружного шарнира. Размер компенсатора хомута поз. 10 обеспечить инструментом при его обжатии. Затяжкой хомутов обеспечить отсутствие проворота и сползания чехла поз. 4 относительно охватываемых поверхностей. Концы хомутов откусить пассатижами.	Подставка, зажим, пассатижи.
80	Взять из тары ленту-хомут поз. 8 и с помощью пассатижей затянуть ее на чехле внутреннего шарнира поз. 5 со стороны вала поз. 3.	Подставка, зажим, пассатижи.
90	Взять из тары ленту-хомут поз. 9 и с помощью пассатижей затянуть ее на чехле поз. 5 со стороны внутреннего шарнира. Компенсатор хомута поз. 9 должен быть расположен между отверстиями шарнира поз. 2. Затяжкой хомутов обеспечить отсутствие проворота и сползания чехла поз. 5 относительно охватываемых поверхностей. Концы хомутов откусить пассатижами.	Подставка, зажим, пассатижи.
100	Проверить работоспособность наружного шарнира. Корпус шарнира поз. 1 должен плавно, без заеданий проворачиваться относительно вала поз. 3.	Стол сборочный

В таблице 6 представлен порядок контроля привода передних колес после сборки

Таблица 6 – Порядок контроля привода передних колес после сборки

Контролируемые параметры	Уровень контроля
Проверить правильность установки чехлов и наличие повреждений на их наружных поверхностях.	10%

## Продолжение таблицы 6

Контролируемые параметры	Уровень контроля
Проверить правильность установки наружного шарнира на вал привода передних колес. Шарнир устанавливается до захода запорного кольца в канавку вала.	10%
Проверить надежность крепления чехла наружного шарнира. Проворот и сползание чехла относительно охватываемых поверхностей не допускается. Проверяется вручную.	10%
Проверить правильность установки внутреннего шарнира на вал привода передних колес. Шарнир одевается до упора и фиксируется кольцом запорным.	10%
Проверить надежность крепления чехла внутреннего шарнира. Проворот и сползание чехла относительно охватываемых поверхностей не допускается. Проверяется вручную.	10%
Проверить окружной люфт наружного шарнира, в диапазоне углов от 0 $\ominus$ до 40 $\ominus$ окружной люфт не должен превышать 35 $\ominus$ при крутящем моменте 10 Нм.	10%
Проверить окружной люфт внутреннего шарнира, в диапазоне ходов $\pm 10$ мм окружной люфт относительно средней линии не должен превышать 15 $\ominus$ при крутящем моменте 10 Нм.	10%

### 4.4 Расчет технической нормы времени

Техническая норма времени на сборку - это задание по производительности труда сборщику, представляющее собой время, необходимое для выполнения определенной работы.

Сборочные работы, типичные для отрасли машиностроения нормируются на основе общемашиностроительных нормативов времени. Для различных отраслей разрабатывают отраслевые нормативы. Специфические процессы нормируют на основе заводских нормативов.

Расчет штучного времени - времени, потребного для выполнения сборочной операции - выполняем по формуле:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{T_{обс} + T_{отд}}{100}\right) \quad (55)$$

где  $T_{оп}$  – оперативное время, в которое при сборке входит время на выполнение основного комплекса работ, в том числе время на установочно-соединительные работы;

$T_{обс}$  – время на организационно-техническое обслуживание, включает раскладку инструмента в начале операции и уборку по окончании, регулировку и наладку сборочных приспособлений, уборку рабочего места в процессе работы и по окончании смены;

$T_{отд}$  – время на отдых и личные надобности, определяется в процентах от оперативного времени.

Типовые операции и время их выполнения (уже с учетом массы и габаритов узла): взятие детали – 0,043, установка детали – 0,043, установка одной детали на другую по направляющей – 0,125, установка колец в выточку вала – 0,066, перевертывание детали – 0,026, крепление в приспособлении – 0,04, запрессовка – 0,115, смазывание – 0,065, подтяжка соединений – 0,035. Все данные из отраслевых нормативов.

Организационно-техническое обслуживание принято - 5%, время на отдых – 4%.

Далее рассчитываем оперативное и штучное время на каждой операции.

Операция 10:

$$T_{оп}=0,043+0,043+0,043+0,065+0,125=0,319$$

$$T_{шт}=0,319(1+(5+4)/100)=0,348$$

Операция 20:

$$T_{оп}=0,043+0,065+0,125=0,233$$

$$T_{шт}=0,233(1+(5+4)/100)=0,254$$

Операция 30:

$$T_{оп}=0,043+0,125+0,035+0,04+0,066+0,115=0,424$$

$$T_{шт}=0,424(1+(5+4)/100)=0,462$$

Операция 40:

$$T_{оп}=0,043+0,026+0,125+0,035+0,115=0,344$$

$$T_{шт}=0,344(1+(5+4)/100)=0,375$$

Операция 50:

$$T_{оп}=0,043+0,026+0,125+0,035+0,115=0,344$$

$$T_{шт}=0,344(1+(5+4)/100)=0,375$$

Операция 60:

$$T_{оп}=0,043+0,043+0,043+0,135=0,264$$

$$T_{шт}=0,264(1+(5+4)/100)=0,288$$

Операция 70:

$$T_{оп}=0,043+0,135+0,064=0,242$$

$$T_{шт}=0,242(1+(5+4)/100)=0,264$$

Операция 80:

$$T_{оп}=0,135+0,064=0,199$$

$$T_{шт}=0,199(1+(5+4)/100)=0,217$$

Операция 90:

$$T_{оп}=0,043+0,135+0,064=0,242$$

$$T_{шт}=0,242(1+(5+4)/100)=0,264$$

Операция 100:

$$T_{оп}=0,043+0,100=0,143$$

$$T_{шт}=0,143(1+(5+4)/100)=0,156$$

Определяем общее время технологического процесса:

$$T_{шт} = \sum T_{шти} = 3,003 \text{ мин.}$$

Разработка технологического процесса сборки привода передних колес является важной задачей в производстве автомобилей. Она включает в себя определение последовательности операций, выбор необходимого оборудования и инструментов, а также установление требований к квалификации персонала. Технологический процесс должен быть разработан с учетом требований к качеству, эффективности и безопасности сборки привода передних колес. Каждая операция должна быть определена с учетом необходимых шагов, проверок и контроля качества, чтобы гарантировать надежность и долговечность привода. При разработке технологического процесса необходимо учитывать особенности конструкции привода передних колес, типы компонентов и материалов, а также требования к точности и силе затяжки соединений. Это позволяет избежать ошибок в процессе сборки и обеспечить правильное функционирование привода.

Важным аспектом разработки технологического процесса является оптимизация времени сборки, чтобы достичь высокой производительности и эффективности процесса. Это может быть достигнуто путем рационализации операций, автоматизации некоторых этапов и оптимального использования рабочего пространства. Кроме того, обучение и квалификация персонала являются важными аспектами успешной реализации технологического процесса. Персонал должен быть обучен правильной технике и последовательности сборки, а также обладать знаниями о технических характеристиках компонентов и инструментов.

Разработка технологического процесса сборки привода передних колес требует системного подхода и взаимодействия между различными отделами и специалистами, такими как конструкторы, технологи, инженеры качества и производства. Это позволяет создать оптимальный и надежный процесс сборки.

## **5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования**

### **5.1 Характеристика участка сборки**

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – гусеничного транспортного средства повышенной проходимости. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки 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.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке.

Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

## **5.2 Профессиональные риски, характерные для участка**

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;

- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и

материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.»

[12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:
  - действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;
  - действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;
  - неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;
- опасные и вредные производственные факторы, связанные с

механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блесккость;

– повышенная пульсация светового потока» [12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

– на статические, связанные с рабочей позой;

– динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

– динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [12]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Характерные для рассматриваемого сборочного участка профессиональные риски являются общими для большинства промышленных предприятий отрасли автомобилестроения. Следовательно, нейтрализация этих факторов возможна при условии применения СИЗ, применяемых на предприятиях промышленного производства. Рекомендации по применению СИЗ в соответствии с фактором опасности приведены в таблице 1.

### **5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих**

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного

контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;

- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;

- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;

- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Продолжение таблицы 7

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

## Продолжение таблицы 7

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

### **5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке**

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся

вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 8 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 8 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>«А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]</p>	<p>«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]</p>	<p>«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]</p>
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.» [12]</p>

Продолжение таблицы 8

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«С - горение газообразных горючих веществ» [12]	сварочные газы, метан	«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]	«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]

«Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

– оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

### **5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка**

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы, которые образуются в процессе сборки транспортного средства, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера, представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

- обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;
- смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;
- пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;
- обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- отдельный сбор металлических и неметаллических отходов, сортировка мусора на участке;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение отдельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планировании участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

## **6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта**

### **6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности**

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенном необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. 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.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

## **6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка**

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на

оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16К20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
<b>ИТОГО</b>					<b>576 064,00</b>

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 56.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}, \quad (56)$$

где  $S_{пл}$  – площадь сборочного участка,  $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$ ;

$Ц_{пл}$  – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения,  $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$ ;

$N_a$  – норма амортизации площадей помещения,  $N_a = 2,5\%$ .

$$A_{пл} = \frac{171 * 4000 * 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергии, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 57. Расчет сведен в таблицу 10.

$$P_{э} = \frac{M_d * T * K_o * K_m * K_v * K_p * Ц_{эл}}{\eta * 60}, \quad (57)$$

«где  $M_d$  – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$T$  – годовой фонд времени работы участка,  $T = 2030 \text{ ч}$ ;

$K_o$  – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка  $K_o = 0,4$ ;

$K_m$  – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем  $K_m = 0,7$ ;

$K_v$  – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимаем  $K_v = 0,35$ ;

$K_{п}$  – коэффициент сетевых потерь, принимаем  $K_{п} = 1,05$ ;

$Цэ$  – цена 1 кВт-ч электроэнергии,  $Цэ = 4,56$  руб;

$\eta$  – КПД двигателей оборудования участка,  $\eta = 0,75$ .» [9], [20]

Таблица 10 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	$K_v$	$\eta$	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 58.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot K_v \cdot K_{п} \cdot Цэ) / \eta, \quad (58)$$

где  $M_{св}$  – мощность светильника,  $M_{св} = 95$  Вт;

$n$  – количество светильников на участке,  $n = 60$ ;

$T$  – годовой фонд времени работы светильников,  $T = 2440$  ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, Код = 0,85;

$K_v$  – коэффициент времени работы освещения, принимаем  $K_v = 0,75$ ;

$K_{п}$  – коэффициент сетевых потерь, принимаем  $K_{п} = 1,05$ ;

$Цэ$  – цена 1 кВт-ч электроэнергии,  $Цэ = 4,56$  руб;

$\eta$  – КПД светильников,  $\eta = 0,75$ .

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 59.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (59)$$

$$P = 72593,13 + 56602,78 = 18846,29 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

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. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 11. Расчет выполняется по формуле 60.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (60)$$

где Ст – тарифная ставка, в соответствии с разрядом, руб;

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 61.

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (61)$$

где Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.

$$Дзп = 2282750 \cdot \frac{8}{100} = 182\,620 \text{ руб}$$

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 62.

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

где  $K_{\text{соц}}$  – норма отчислений на страховые взносы,  $K_{\text{соц}} = 0,3$ .

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

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

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (63)$$

$$O_{\text{т}} = 2282750 + 182620 + 739611 = 3\,204\,981 \text{ руб}$$

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00

Продолжение таблицы 12

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$Нр = 1,25 \cdot От \quad (64)$$

$$Нр = 1,25 \cdot 3\,204\,981 = 4\,006\,226,25 \text{ руб}$$

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 65.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (65)$$

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

$T_{уч}$  – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

$$C_{нч} = 8\,099\,007,54 / 45\,800 = 176,83 \text{ руб}$$

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

## Заключение

По результатам анализа, выполненного в первом разделе дипломного проекта можно сделать следующие выводы.

Гибридная силовая установка автомобиля 4x4 представляет собой сложную систему, включающую сочетание внутреннего сгорания и электрических двигателей. Она обеспечивает оптимальную комбинацию мощности и экономии топлива, что делает такие автомобили более эффективными и экологически чистыми.

Конструкция гибридной силовой установки включает в себя компоненты, такие как двигатель внутреннего сгорания, электрический двигатель, батареи, инверторы, контроллеры и системы управления. Все эти компоненты должны работать взаимодействовать между собой с целью обеспечения оптимальной работы установки.

Гибридная силовая установка автомобиля 4x4 может быть реализована в различных вариантах, включая параллельные, последовательные или с расширенной электрической поддержкой. Выбор конкретного варианта зависит от требований к мощности, дальности хода, эффективности и стоимости. В нашем случае принята ГСУ параллельного типа.

Гибридная силовая установка автомобиля 4x4 может иметь режимы работы, такие как полностью электрический режим, режим генерации электроэнергии при торможении и режим использования энергии внутреннего сгорания для привода колес. Эти режимы позволяют оптимизировать использование энергии и повысить экономичность автомобиля.

Анализ конструкции гибридной силовой установки автомобиля 4x4 показывает, что она требует высокой интеграции и синхронизации компонентов. Это требует разработки и применения специализированных технологий, а также строгого контроля качества и безопасности.

Гибридные силовые установки автомобилей 4x4 представляют большой потенциал для улучшения мощности, проходимости и экологической устойчивости автомобилей данного класса. Однако, для успешной реализации таких установок необходимо продолжать исследования и разработки в области новых материалов, электроники, электрических систем и синергии между компонентами.

В качестве тягового электродвигателя был выбран отечественный электродвигатель постоянного тока ПТ-125. Этот выбор обусловлен тем, что он подходит для разрабатываемой конструкции по компоновочным соображениям, надёжен и не дорог по сравнению с электродвигателями иностранного производства.

В целом, анализ конструкции гибридной силовой установки автомобиля 4x4 подтверждает ее перспективность и потенциал для развития более эффективных, экологически чистых и проходимых автомобилей данного класса. Однако, ее успешная реализация требует дальнейших исследований и разработок, а также четкого понимания требований рынка и потребностей потребителей.

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Гибридная силовая установка позволяет достичь оптимального сочетания мощности и экономии топлива. В результате тягового расчета видно, что такая установка обеспечивает достаточную тяговую силу для автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения.

Электрический двигатель в гибридной силовой установке обеспечивает дополнительную мощность и крутящий момент, особенно при низких скоростях и старте автомобиля. Это позволяет улучшить динамические характеристики и проходимость автомобиля.

Внутренний сгорания двигатель играет роль основного источника энергии, особенно на дальних расстояниях и при повышенной скорости. Он

также используется для зарядки батарей в электрическом режиме и повышения общей эффективности силовой установки.

Результаты тягового расчета могут быть использованы для оптимизации параметров гибридной силовой установки, таких как выбор и настройка двигателей, определение ёмкости батарей, разработка системы управления и установка рекуперативной системы.

При выборе гибридной силовой установки необходимо учитывать требования к мощности, дальности хода, эффективности и стоимости. Тяговый расчет помогает определить оптимальный баланс между этими параметрами и выбрать наиболее подходящий тип и компоненты для силовой установки.

Гибридная силовая установка позволяет улучшить экономию топлива и снизить выбросы вредных веществ, что является важными факторами для современных автомобилей. Она также способствует развитию энергоэффективных и экологически чистых автомобильных технологий.

В целом, тяговый расчет подтверждает эффективность и перспективность гибридной силовой установки для автомобиля среднего класса 4x4 двойного назначения. Он позволяет оптимизировать работу силовой установки, улучшить динамические характеристики и проходимость автомобиля, а также снизить эксплуатационные расходы и негативное воздействие на окружающую среду.

Расчет подвески автомобиля является важной частью конструкторского процесса. Он позволяет определить оптимальные параметры и характеристики подвески, такие как жесткость пружин, амортизаторов и стабилизаторов поперечной устойчивости для обеспечения комфортной и безопасной езды. Расчет шарнира равных угловых скоростей необходим для обеспечения правильной работы подвески и минимизации боковых смещений колес при движении автомобиля. Шарнир позволяет колесу поддерживать постоянный угол поворота независимо от вертикальных движений подвески.

Результаты расчета позволяют определить размеры и геометрию шарнира равных угловых скоростей, а также его расположение относительно других компонентов подвески. Это обеспечивает правильную работу подвески, минимизирует износ шин, улучшает управляемость и устойчивость автомобиля. В процессе расчета подвески и шарнира равных угловых скоростей необходимо учитывать особенности конструкции автомобиля, его целевое назначение, дорожные условия и требования к комфорту и безопасности. Это позволяет разработать оптимальную конструкцию подвески, удовлетворяющую указанным требованиям.

Корректный расчет подвески и шарнира равных угловых скоростей способствует повышению управляемости автомобиля, комфорту пассажиров и безопасности при движении по различным типам дорог. Это особенно важно для автомобилей, работающих в условиях плохого качества дорожного покрытия или при высоких скоростях.

Расчет подвески и шарнира равных угловых скоростей являются сложными задачами, требующими использования специализированных инженерных методов и программного обеспечения. Они также требуют учета взаимодействия с другими компонентами автомобиля, чтобы обеспечить интегрированную и эффективную работу всей системы подвески.

В целом, расчет подвески автомобиля и расчет шарнира равных угловых скоростей являются неотъемлемой частью конструкторского процесса. Они позволяют оптимизировать работу подвески, повысить управляемость и комфорт автомобиля, а также обеспечить безопасность при движении.

Разработка технологического процесса сборки привода передних колес является важной задачей в производстве автомобилей. Она включает в себя определение последовательности операций, выбор необходимого оборудования и инструментов, а также установление требований к квалификации персонала. Технологический процесс должен быть разработан с учетом требований к качеству, эффективности и безопасности сборки

привода передних колес. Каждая операция должна быть определена с учетом необходимых шагов, проверок и контроля качества, чтобы гарантировать надежность и долговечность привода. При разработке технологического процесса необходимо учитывать особенности конструкции привода передних колес, типы компонентов и материалов, а также требования к точности и силе затяжки соединений. Это позволяет избежать ошибок в процессе сборки и обеспечить правильное функционирование привода.

Важным аспектом разработки технологического процесса является оптимизация времени сборки, чтобы достичь высокой производительности и эффективности процесса. Это может быть достигнуто путем рационализации операций, автоматизации некоторых этапов и оптимального использования рабочего пространства. Кроме того, обучение и квалификация персонала являются важными аспектами успешной реализации технологического процесса. Персонал должен быть обучен правильной технике и последовательности сборки, а также обладать знаниями о технических характеристиках компонентов и инструментов.

Разработка технологического процесса сборки привода передних колес требует системного подхода и взаимодействия между различными отделами и специалистами, такими как конструкторы, технологи, инженеры качества и производства. Это позволяет создать оптимальный и надежный процесс сборки.

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих.

Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду.

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения экономического раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

На основании изложенного, можно сделать вывод о достижении целей, поставленных в ходе выполнения дипломного проекта.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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..

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

16. 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.

17. 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.

18.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.

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

20.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.

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

22.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.

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

24.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.

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

# Приложение А

## Графики тягового расчета

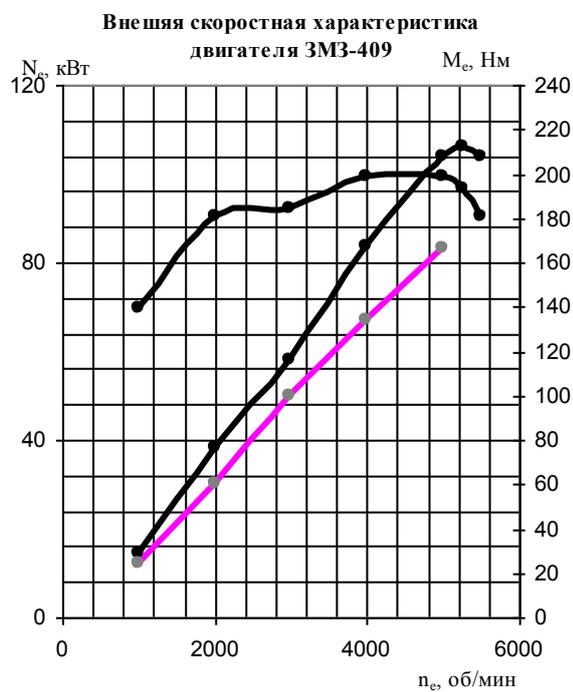


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-409

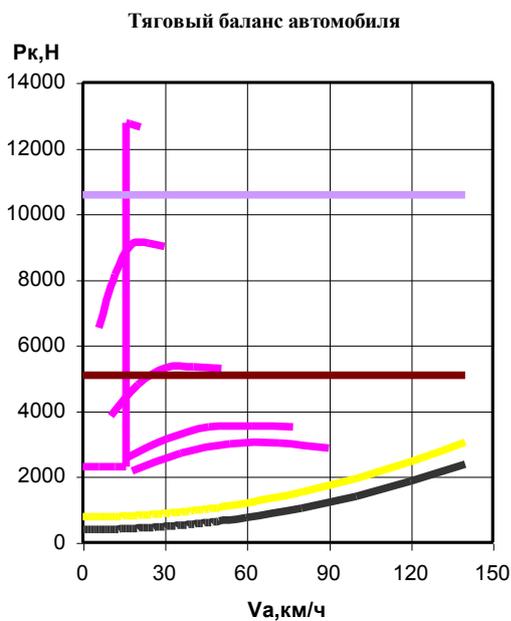


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

## Продолжение Приложения А

Динамическая характеристика автомобиля

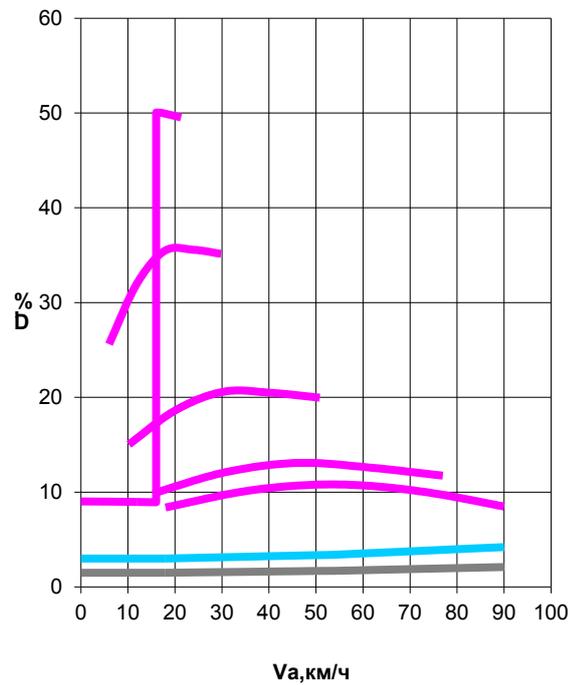


Рисунок А3 – Динамическая характеристика автомобиля

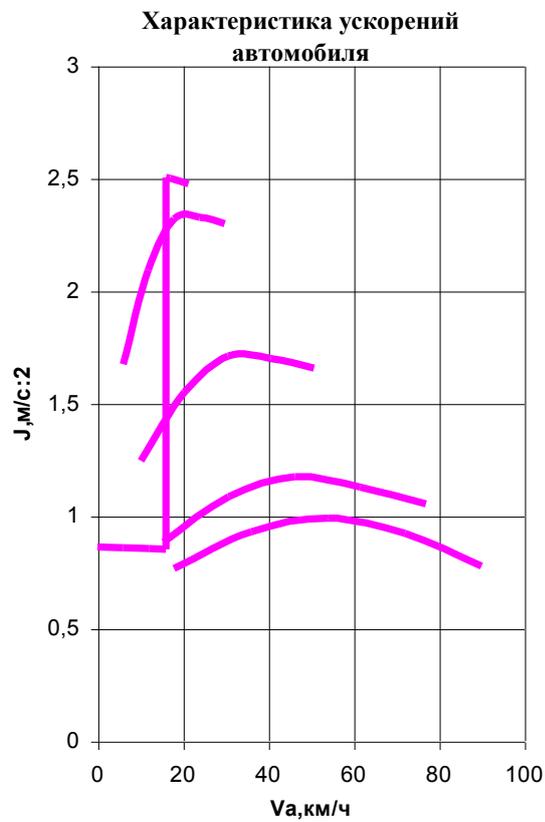


Рисунок А4 – Характеристика ускорений автомобиля

## Продолжение Приложения А

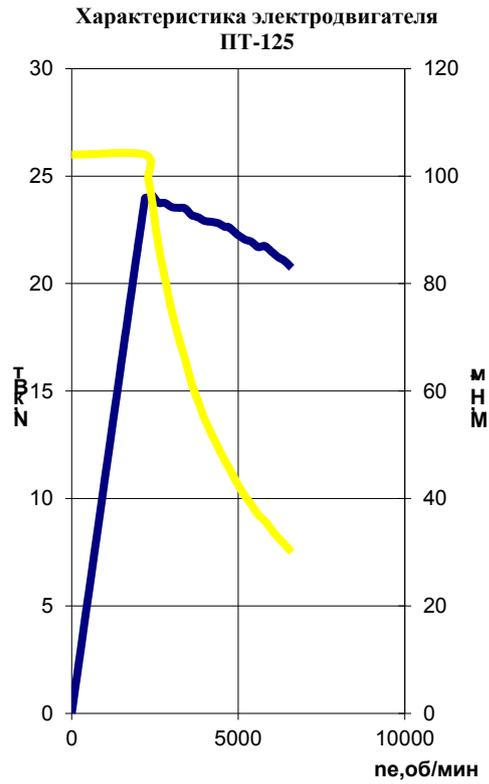


Рисунок А5 – Характеристика электродвигателя ПТ-125

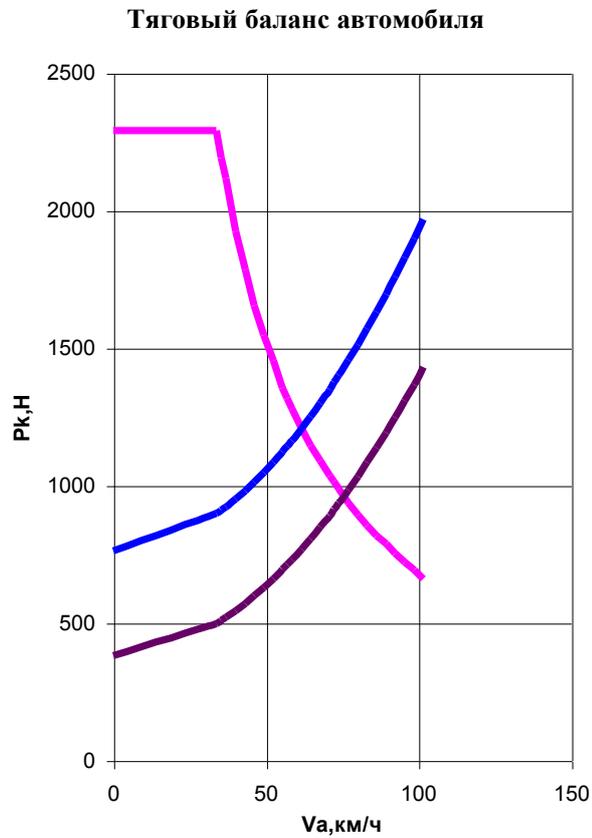


Рисунок А5 – Тяговый баланс автомобиля в режиме электротрансмиссии

## Продолжение Приложения А

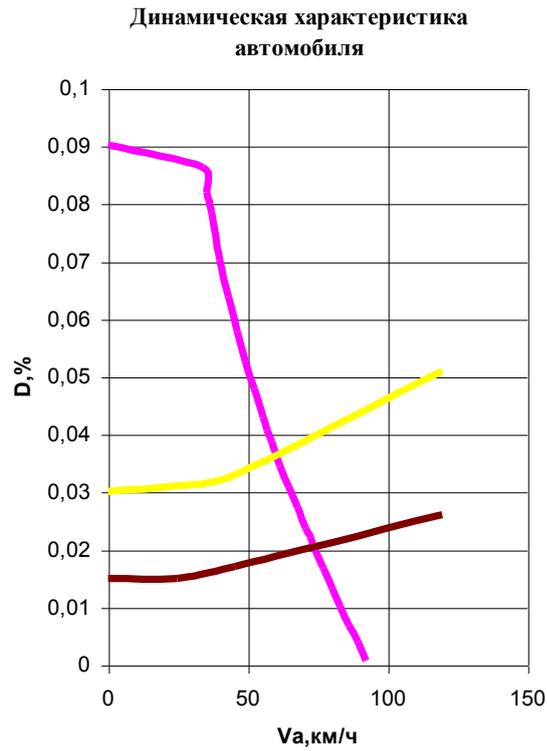


Рисунок А6 – Динамическая характеристика автомобиля в режиме электротрансмиссии

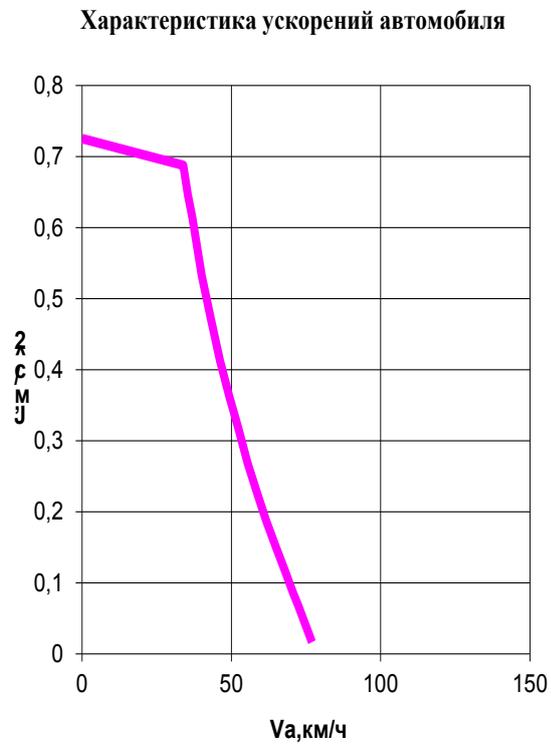


Рисунок А7 – Характеристика ускорений автомобиля в режиме электротрансмиссии

## Продолжение Приложения А

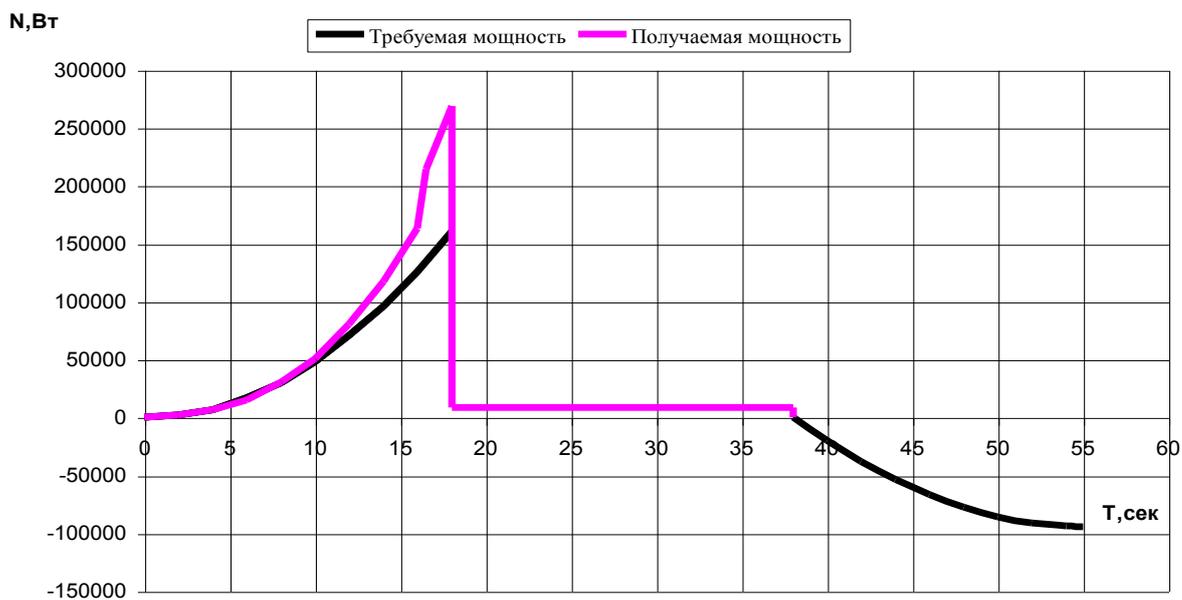


Рисунок А8 – Баланс мощностей автомобиля при движении в городском цикле

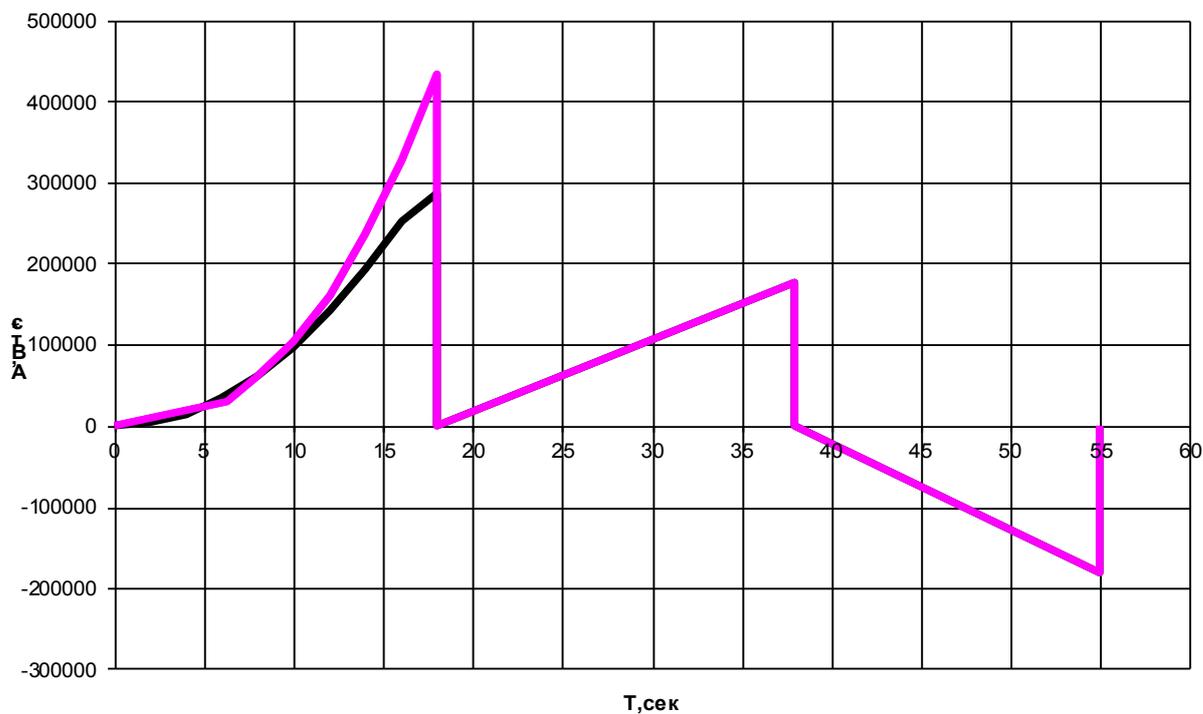


Рисунок А9 – Баланс работ

## Продолжение Приложения А

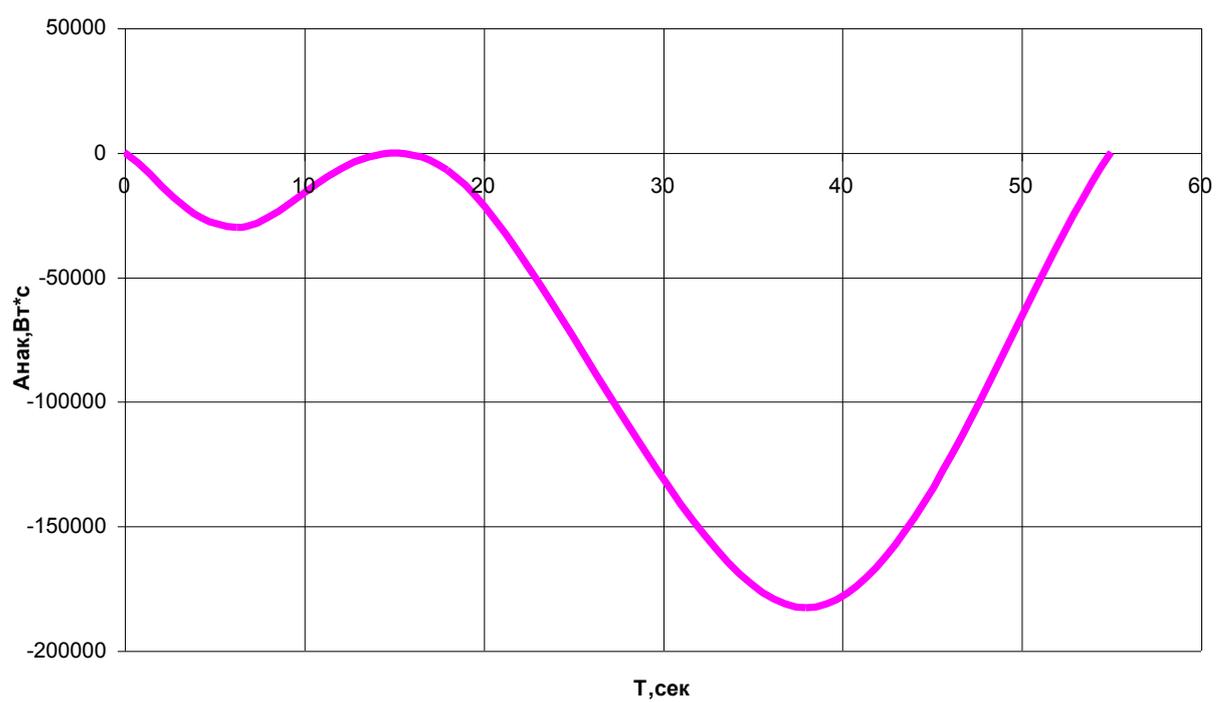


Рисунок А10 – Баланс энергии в накопителе за один городской цикл