

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 устройства для транспортировки спортивного мотоцикла

Обучающийся

А.М. Авдеев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук А.В. Бобровский

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

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

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

канд. экон. наук Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2025

Аннотация

Работа посвящена исследованию и оптимизации процессов транспортировки спортивных мотоциклов, учитывая их специфические особенности и высокие требования к безопасности и сохранности. В работе рассмотрены различные способы транспортировки, включая использование специализированных прицепов, фургонов и крытых платформ, а также методы крепления и защиты мотоцикла от повреждений во время перевозки. Проанализированы факторы, влияющие на выбор оптимального способа транспортировки, такие как расстояние перевозки, погодные условия, бюджет и требования к срокам доставки.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников, включая иностранные.[21]

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Основной задачей проекта является создание многофункционального устройства, сочетающего в себе компактные размеры, лёгкость в эксплуатации и высокую степень надёжности. Особое внимание уделено обеспечению безопасности при погрузке, креплении и разгрузке мотоцикла, а также минимизации рисков возникновения повреждений и неисправностей в процессе транспортировки. На основе проведенного анализа разработаны рекомендации по выбору наиболее подходящего способа транспортировки спортивного мотоцикла в различных условиях, а также предложены улучшения в существующих методах крепления и защиты для повышения безопасности и эффективности перевозок. Работа может быть полезна владельцам спортивных мотоциклов, транспортным компаниям и специалистам, занимающимся организацией и осуществлением перевозок мототехники.[14]

Предметом исследования являются конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики прицепа, обеспечивающие безопасную и удобную перевозку мотоцикла.

Abstract

The work is devoted to the research and optimization of the transportation processes of sports motorcycles, taking into account their specific features and high requirements for safety and security. The paper considers various methods of transportation, including the use of specialized trailers, vans and covered platforms, as well as methods of securing and protecting the motorcycle from damage during transportation. The factors influencing the choice of the optimal method of transportation, such as transportation distance, weather conditions, budget and delivery time requirements, are analyzed.

The graduation project consists of the following sections: an introduction, six chapters covering 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 main objective of the project is to create a multifunctional device that combines compact size, ease of operation and a high degree of reliability. Special attention is paid to ensuring safety during loading, securing and unloading of the motorcycle, as well as minimizing the risks of damage and malfunctions during transportation. Based on the analysis, recommendations have been developed for choosing the most appropriate method of transporting a sports motorcycle in various conditions, as well as improvements in existing methods of fastening and protection to increase safety and efficiency of transportation. The work can be useful for owners of sports motorcycles, transport companies and specialists involved in the organization and transportation of motor vehicles. [14]

The subject of this research is the design features and performance characteristics of the trailer, which ensure safe and convenient transportation of the motorcycle.

Содержание

Введение	6
1 Основание и развитие проекта электрических мотоциклов	8
1.1 Предпосылки возникновения идеи	8
1.2 Разработка идеи	8
1.3 Целевая аудитория	15
2 Тяговый расчет автомобиля	17
2.1 Общие положения	17
2.2 Масса автомобиля	19
2.3 Анализ поступательного движения автомобиля	21
2.4 Сила сопротивления подъему	24
2.5 Сопротивление воздуха	25
2.6 Сила инерции автомобиля	27
2.7 Подготовка исходных данных для тягового расчета	29
2.8 Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом	32
2.9 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей	34
2.10 Тяговый расчет автомобиля с прицепом	38
3 Разработка конструкции	41
3.1 Техническое задание	41
3.2 Техническое предложение	43
3.3 Предварительный проектный расчет	46
4 Технологический процесс транспортировки	50
4.1 Общие положения	50
4.2 Требования к исполнителям операции	50
4.3 Разработка технологической карты на транспортировку	50
5 Безопасность и экологичность технического объекта	55
5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования	55
5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования	58

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	60
5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки	62
5.5 Обеспечение экологической безопасности	64
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки	66
6.1 Описание участка и производимых работ.....	66
6.2 Расчет затрат на расходные материалы	67
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления	68
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки	70
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала.....	72
Заключение	76
Список используемых источников.	77
Приложение А Спецификация	80

Введение

Спортивные мотоциклы, отличающиеся высокой стоимостью, сложной конструкцией и высокими требованиями к условиям эксплуатации, занимают особое место в мире мототехники. Их транспортировка представляет собой задачу повышенной сложности, требующую тщательного планирования и строгого соблюдения правил безопасности. Повреждение спортивного мотоцикла в процессе перевозки может привести не только к значительным финансовым потерям, но и к срыву спортивных мероприятий, тренировок и лишить владельца возможности использовать технику по назначению.

Актуальность данной работы обусловлена растущей популярностью мотоспорта и, как следствие, увеличением количества спортивных мотоциклов, нуждающихся в регулярной транспортировке на соревнования, тренировки, техническое обслуживание и в другие пункты назначения. Неправильная организация транспортировки может повлечь за собой царапины, сколы, деформацию элементов кузова, повреждение подвески, двигателя и других критически важных узлов мотоцикла, что в итоге приводит к снижению его эксплуатационных характеристик и рыночной стоимости.

Целью данной работы является исследование и анализ различных методов и средств транспортировки спортивных мотоциклов, с целью выявления наиболее оптимальных и безопасных решений, обеспечивающих сохранность мототехники во время перевозки. [4]

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

- Изучение основных особенностей конструкции спортивных мотоциклов и требований к их транспортировке;
- Рассмотрение существующих способов транспортировки спортивных мотоциклов, включая использование специализированных прицепов, фургонов и крытых платформ;

- Анализ методов крепления и фиксации мотоцикла, обеспечивающих его устойчивость и защиту от повреждений во время перевозки;

- Оценка факторов, влияющих на выбор оптимального способа транспортировки, таких как расстояние перевозки, погодные условия и бюджет;

- Разработка рекомендаций по выбору наиболее подходящего способа транспортировки спортивного мотоцикла в различных условиях и предложений по их улучшению в существующих методах крепления и защиты.

Предметом исследования являются процессы транспортировки спортивных мотоциклов, а объектом – способы и средства, используемые для обеспечения безопасной и эффективной перевозки мототехники. [19]

В работе будут использованы следующие методы исследования: анализ литературных источников, сравнительный анализ различных способов транспортировки, экспертные оценки и обобщение полученных результатов.

Результаты исследования могут быть полезны владельцам спортивных мотоциклов, транспортным компаниям, занимающимся перевозкой мототехники, а также специалистам, разрабатывающим и совершенствующим средства и методы транспортировки.

Идея разработки электрических мотоциклов – это перспективное направление развития транспортной отрасли, отвечающее современным требованиям экологичности, экономичности и комфорта. Несмотря на существующие вызовы, постоянное развитие технологий позволяет ожидать значительного прогресса в этой области в ближайшем будущем. Электромотоциклы могут стать полноценной альтернативой мотоциклам с ДВС, особенно в городских условиях и для коротких поездок. [23]

1 Основание и развитие проекта электрических мотоциклов

Согласно мировым тенденциям, устойчивое развитие и экологически чистые технологии становятся приоритетными направлениями для многих отраслей. Сектор транспортных средств не стал исключением, и на фоне глобальных изменений климата, растущего загрязнения воздуха и повышенного интереса к энергоэффективным технологиям, проект электрических мотоциклов намерен занять свою нишу на рынке.

1.1 Предпосылки возникновения идеи

Идея разработки электрических мотоциклов (электромотоциклов) возникла как логичное продолжение развития электротранспорта и стремления к снижению негативного воздействия на окружающую среду. В основе концепции лежит замена традиционного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на электрический двигатель, питаемый от аккумуляторной батареи. Это влечет за собой ряд преимуществ и вызовов, которые определяют современную траекторию развития электромотоциклов.

1.2 Разработка идеи

Последовательная разработка

Идея разработки электрических мотоциклов – это перспективное направление развития транспортной отрасли, отвечающее современным требованиям экологичности, экономичности и комфорта. Реализация проекта позволяет решить следующие вопросы: [34]

- Экологические проблемы: Осознание негативного влияния транспорта с ДВС на окружающую среду (выбросы парниковых газов, загрязнение воздуха) стало мощным стимулом для поиска альтернативных решений. Электромотоциклы, не производя выбросов непосредственно во время эксплуатации, представляются экологически чистой альтернативой;

- Рост цен на топливо: Нестабильность цен на нефть и газ делает эксплуатацию транспорта с ДВС экономически непредсказуемой. Электроэнергия, особенно полученная из возобновляемых источников, может обеспечить более стабильные и предсказуемые затраты на «топливо»;

- Развитие технологий аккумуляторов: Прогресс в области аккумуляторных технологий (увеличение емкости, снижение веса и стоимости) сделал возможным создание электромотоциклов с приемлемым запасом хода и динамическими характеристиками;

- Сокращение шумового загрязнения: Электромотоциклы значительно тише мотоциклов с ДВС, что способствует снижению шумового загрязнения в городах;

- Развитие инфраструктуры: Появление зарядных станций для электромобилей стимулирует развитие инфраструктуры, необходимой и для электромотоциклов. [35]

Далее рассмотрен список лучших электрических мотоциклов, которые в настоящее время доступны для покупки или предварительного заказа.

Представленный на рисунке 1 FUELL FLOW FUELL– бренд двухколесной техники от легенды мотоспорта, Эрика Буэлла. Это стартап по производству электротехники, производящий электрические велосипеды и высокопроизводительный электрический мотоцикл, получивший название Fflow. Такой же передовой и инновационный, как и супербайки Buell с V-образным двигателем, Fflow оснащен запатентованным монококовым шасси из магния, в котором размещается литий-ионный аккумулятор 400 В 10 кВт·ч в магниевом корпусе, который можно полностью зарядить всего за 30 минут при использовании (CCS). Fflow приводится в движение запатентованным двигателем на заднем колесе, который позволяет мотоциклу выдавать 750 Н·м крутящего момента.[7]

«Технические характеристики: стиль – футуристический, мощность 48 л.с., крутящий момент 750 Н·м, масса 181 кг, разгон до 100 км/ч за 2,7 с, запас хода 240 км, стоимость 10995 \$.»[22].



Рисунок 1 – Электрический мотоцикл FUELL FLOW FUELL

САКЕ KALK (рисунок 2) – это результат шведского стартапа Cake, который поставил перед собой цель создать непревзойденный, недорогой, легкий, высокопроизводительный электрический мотоцикл для грязи. После огромного успеха оригинальной модели Cake был побужден выпустить полностью уличную версию, известного как Kalk, который сохраняет впечатляющие характеристики внедорожного Kalk, а также с его набором оборудования и компонентов на верхней полке, включая штампованное, кованое и обработанное на станке с ЧПУ алюминиевое шасси 6061, переднюю и заднюю подвеску премиум-класса Öhlins. а также изготовленные на заказ кованые колеса [25].

Технические характеристики: стиль – спорт, мощность 13,4 л.с., крутящий момент 252 Н·м, масса 80 кг, максимальная скорость 96 км/ч, запас хода 82 км, стоимость 14000 \$.



Рисунок 2 – Электрический мотоцикл CAKE KALK

TREVOR DTRE STELLA (рисунок 3), созданный на основе специально разработанной рамы от известных бельгийских производителей кастом-байков Workhorse Speedshop, представляет собой полностью электрический гоночный байк для соревнований по плоской трассе, который мгновенно генерирует крутящий момент на заднее колесо. Также предлагается в дорожном варианте с фарами, индикаторами, держателем пластин и передним тормозом, FTR Stella состоит из некоторых из лучших доступных запчастей, таких как цепь и звездочки AFAM, колеса Naan, обутое в шины Dunlop с плоской гусеницей, подвеска Öhlins, тормоза Beringer и дуги Domino [25].

Технические характеристики: стиль – трекер, крутящий момент 260 Н·м, масса 80 кг, максимальная скорость 90 км/ч, запас хода 90 км, стоимость 14 495 \$.



Рисунок 3 – Электрический мотоцикл TREVOR DTRE STELLA

CLEVELAND SPEEDSHOP FALCON BLK (рисунок 4). Проведя десятилетие, создавая индивидуальные байки с малым рабочим объемом, Cleveland CycleWerks выпустила свою первую в мире модель электроцикла Falcon (теперь работающим под маркой Cleveland SpeedShop). Собранный вручную в Кливленде, штат Огайо, Falcon BLK мощностью 4,6 кВт наполнен деталями из обработанных заготовок, включая тройное дерево, задние комплекты и многие корпуса и кронштейны, а также несколькими деталями, напечатанными на 3D-принтере, а также операционной системой Pixu Power, которая позволяет BLK-спес Falcon развивать скорость 136 км в час [13].

Технические характеристики: стиль – нео-ретро, мощность 17,5 л.с., крутящий момент 40 Н·м, масса 68 кг, максимальная скорость 136 км/ч, запас хода 250 км с экономичным режимом, 160 км в нормальном режиме, стоимость: 14 995 \$.



Рисунок 4 – Электрический мотоцикл CLEVELAND SPEEDSHOP FALCON BLK

E-RACER RUGGED EBIKE (рисунок 5) – невероятно износостойкий разведывательный мотоцикл военного уровня, основанный на уже готовой модели FXS от Zero. Байк оснащен нестандартным алюминиевым шасси с квадратным прикладом и интегрированными подъемными крюками для вертолетных спусков, изготовленным по индивидуальному заказу из кевлара и углеродного волокна, покрытого сверхпрочным баллистическим броневым покрытием Line-X. Фары оснащены 12 светодиодными лампочками Eagle Eye по периметру и значками Rugged, ременным приводом Poly Chain HTD Carbon, сиденьем в стиле MX из нейлона и алькантары, напечатанным на 3D-принтере, защитной пластиной и баллистической защитой, подвеска Showa в паре с комплектом AirTender [8].

Технические характеристики: стиль – электроспорт, мощность 46 л.с., крутящий момент 105 Н·м, масса 136 кг, максимальная скорость 135 км/ч, запас хода 160 км, стоимость 15635 \$.



Рисунок 5 – Электрический мотоцикл E-RACER RUGGED EBIKE

ТАСТІСА T-RACE M (рисунок 6), созданный итальянской фирмой Tactica – это еще один высокопроизводительный электрический мотоцикл, оснащенный 17-дюймовыми колесами, обтянутыми липкой резиной, и более жесткой подвеской, накладки из углеродного волокна и кевлара, может быть оснащён тремя двигателями (11, 27 и 34 кВт). Мотард питается от литий-полимерной батареи LI-PO мощностью 9 кВт·ч. Молибденовая рама в паре с подвеской Муро и тормозами Brembo спереди и сзади. Одним из самых больших преимуществ этого хулиганского байка является тот факт, что он оснащён механической пятиступенчатой коробкой передач (управляемой через гидравлическое сцепление с главным цилиндром Brembo [11]).

Технические характеристики: стиль – супермото, мощность до 45,6 л.с., крутящий момент 85 Н·м, масса 167 кг, максимальная скорость 160 км/ч, запас хода 110 км, стоимость: 17 215 \$.



Рисунок 6 – Электрический мотоцикл T-RACE M

1.3. Целевая аудитория

Определение целевой аудитории стало следующим важным этапом. Основными потребителями электрических мотоциклов являются:

Молодые люди и студенты, стремящиеся к экологически чистым решениям, городские жители, нуждающиеся в быстром и маневренном транспорте, -спортсмены и любители активного отдыха, заинтересованные в использовании электрических мотоциклов на трассах и в приключениях. [12]

Эта аудитория нуждается в экология, гибкости в передвижении и доступности. Поэтому коммуникационная стратегия и маркетинг будут строиться с учетом этих потребностей. На стадии исследований было принято решение создать собственную группу инженеров и дизайнеров, способных разрабатывать конкурентоспособные продукты. Основные направления исследований включают:

Разработка эффективных и безопасных аккумуляторов с высокой емкостью. конструкция легких и прочных материалов для каркаса и внешней оболочки мотоцикла, создание интеллектуальных систем управления, которые обеспечат высокую производительность и управление мотоциклом.

После завершения этапа исследований приступили к изготовлению первых прототипов. Прототипы подвергались тестированию на производительность, автономность, безопасность и комфорт. Преимущества электромотоциклов:

- Экологичность: Отсутствие выбросов вредных веществ в атмосферу;
- Экономичность: более низкая стоимость «топлива» (электроэнергии) по сравнению с бензином. Меньшие затраты на техническое обслуживание (нет необходимости в замене масла, фильтров и т.д.).

Электрические мотоциклы, как вид транспорта, переживают период бурного развития и все больше привлекают внимание потребителей по всему миру. Сочетая в себе экологичность, экономичность и динамичные характеристики, они становятся привлекательной альтернативой традиционным мотоциклам с двигателями внутреннего сгорания. Однако, рынок электрических мотоциклов все еще находится на стадии формирования, и понимание потребностей и предпочтений целевой аудитории является ключевым фактором для дальнейшего развития этой отрасли.

Вывод по разделу:

Проект электрических мотоциклов имеет потенциал не только для создания инновационного продукта, но и для формирования нового стиля передвижения, который будет экологически чистым, стильным и доступным. Способствуя развитию экологии и улучшению качества жизни, проект электрических мотоциклов становится примером того, как технологии могут быть использованы во благо общества и планеты.[1].

Актуальность изучения потребителей электрических мотоциклов обусловлена необходимостью для производителей и дистрибьюторов адаптировать свои продукты и маркетинговые стратегии к потребностям различных групп потребителей.

2 Тяговый расчет автомобиля

2.1 Общие положения

Для обеспечения разгона с максимальным ускорением без буксования ведущих колес на «автомобилях с приводом на передние колеса особого малого, малого и среднего классов»[17] «статическое распределение нагрузки по осям должно быть в пределах $b/L = 0,52 \div 0,54$. Оптимальное распределение нагрузки по осям применительно к режиму разгона для конкретного автомобиля определяется решением уравнения (1). Используя аналогичную методику применительно к режиму разгона автомобилей классической компоновки, можно получить статическое распределение нагрузки по осям, обеспечивающее разгон с максимальным ускорением без буксования задних ведущих колес. Для таких автомобилей в таблице 1 приведены некоторые значения b/L .

Таблица 1 – Соотношение базовых размеров автомобилей»[3].

Параметр	Значения ускорений			
j_{amax}	2,5	2,5	2	2
δ_u	1,5	1,3	1,5	1,3
b/L	0,65	0,66	0,685	0,73.»[1].

«Компактность автомобилей в нашей стране оценивается с помощью коэффициентов (измерителей) компактности $\eta_{zn} = L_a B_a / n$ использования длины $\eta_{lc} = L_c / L_a$, Эти же коэффициенты можно применять при сопоставлении автомобилей одной компоновочной схемы (близких по размерам). Измеритель характеризует удельную общую площадь, приходящуюся на одного пассажира, но он отражает полезной площади автомобиля, обуславливающей его комфортабельность и компактность. Так при одинаковых удельных площадях салона у двух автомобилей длина больше, а багажное отделение меньше у первого. Измеритель является удельным показателем длины салона (по отношению к общей длине автомобиля). Такой измеритель, хотя и является важным для оценки комфортабельности и компактности, однако недостаточно полно отражает использование общей длины и особенно

«компактности автомобиля. Измеритель не учитывает размеров багажного отделения и других размеров, важных для оценки автомобилей различных компоновочных схем. Например, у автомобиля коэффициент $\eta_{LC} = 0,438$, а у другого $\eta_{LC} = 0,47$. При использовании этого измерителя следовало бы отдать предпочтение второму автомобилю. Однако объем багажного отделения, не учитываемый этим измерителем, у первого автомобиля составляет $0,28 \text{ м}^3$, а у второго – $0,106 \text{ м}^3$. Для сопоставления легковых автомобилей различных компоновочных схем, а тем более разных размеров, следует использовать большее число измерителей. Наиболее простым и доступным измерителем комфортабельности салона является коэффициент $\eta_{\Pi} = F_c/n$ (F_c - площадь салона в горизонтальной плоскости; n - число пассажиров). Однако этот коэффициент не учитывает удобство размещения сидений и приборов управления, соотношений между отдельными частями автомобиля и его габаритных размеров.

На рисунке 7 представлена «схема сил, действующих на автомобиль»[1].

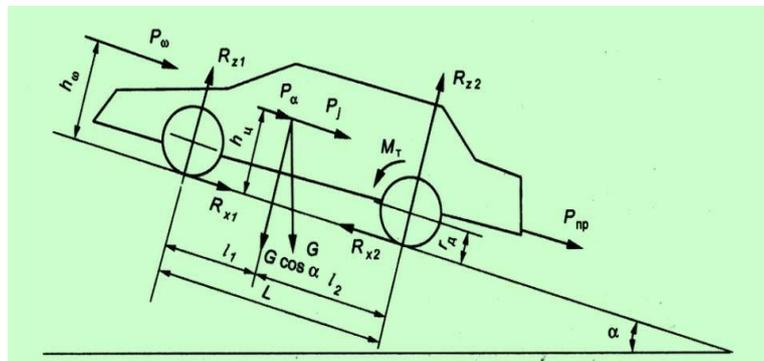


Рисунок 7 – Схема действия сил при прямолинейном движении

Сила сопротивления качению P_f и сила сопротивления воздуха P_w , всегда действуют на автомобиль при его движении, а силы сопротивления подъему P_i и сила инерции P_j автомобиля могут отсутствовать (равномерное движение автомобиля по горизонтальной дороге) или изменять свой знак на обратный (движение под гору, замедленное движение.»[1] Для оценки

комфортабельности автомобиля при испытании широко используются измерительные карты с различным числом измерений. В настоящее время в нашей стране и за рубежом широко распространена карта с двадцатью измерениями. Также результаты измерения некоторых легковых автомобилей с приводом на передние колеса могут быть представлены по карте с шестью измерениями. [10]

2.2 Масса автомобиля

«Масса сухого автомобиля m_c - масса автомобиля без снаряжения, т.е. без инструмента, запасного колеса, дополнительного оборудования (например, радиоприемника, кондиционера и др.) и заправки (топлива. Жидкого смазочного материала и воды). Сухая масса автомобиля включает массу жидкости в амортизаторах, смазочного материала в агрегатах и шарнирах, а также электролита в аккумуляторной батарее. [37]

Масса снаряженного автомобиля m_0 - масса автомобиля с заправкой и снаряжением, но без водителя и пассажиров.»[20]

«Полная масса m_a - суммарная масса снаряженного автомобиля, полезной нагрузки (m_r), снаряжения, водителя и пассажиров.

Масса автомобильного поезда ($m_{a.n}$) – суммарная полная масса тягача,»[9] «и прицепа (полуприцепа). Полную массу легкового автомобиля можно найти по формуле:

$$m_a \cdot n = m_0 + m_q \cdot n + m_b \quad (1)$$

где m_q - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают $m_q = 75$ кг; n – число мест для сидения пассажиров; m_b - масса багажа.» [21]

В «число мест для сидения в легковых автомобилях включается место водителя. Массу багажа водителя и пассажира,»[8] «легковых автомобилей принимают равной 10 кг на одного человека.

Масса автомобиля в значительной степени определяет стоимость его изготовления и экономические затраты при эксплуатации. При увеличении массы снаряженного автомобиля и неизменной полной массы уменьшается масса груза, возрастают металлоемкость и стоимость перевозок. Однако снижение массы снаряженного автомобиля не должно отражаться на его прочности, надежности и других свойствах. Масса автомобиля непосредственно зависит от размеров автомобиля.

В качестве измерителя для сравнительной оценки масс автомобилей обычно используют коэффициенты: массы снаряженного автомобиля (коэффициент тары) $\eta_{qm} = m_c / m_q$ и удельной массы снаряженного автомобиля, приходящейся на одного пассажира $\eta_{nm} = m_c / n$.

Для сравнительной оценки масс легковых автомобилей можно использовать оба измерителя, а грузовых – только η_{qm} .

Однако оба измерителя не связаны с общими размерами автомобиля, его комфортабельностью и компактностью, поэтому не позволяют провести глубокий анализ различных автомобилей по комплексному параметру использования массы и геометрических параметров. Так, на грузовом автомобиле груз с низким удельным объемом может занимать малый объем (следовательно низкий коэффициент η_{qm}). При перевозке грузов с большим удельным объемом номинальная нагрузка по вместимости не будет обеспечена и коэффициент η_{qm} нельзя использовать для анализа. »[1].

«При исследовании использования массы автомобилей различных компоновочных схем приняты дополнительные измерители. Измеритель η_{nm} пересчитан на измеритель η_{qm} с учетом массы одного пассажира (70 кг) и массы багажа, приходящейся на одного пассажира (10 кг). Для удобства комплексной оценки использования массы снаряженного автомобиля коэффициент η_{qm} был заменен коэффициентом η_q . При «этом»[16] $\eta_{qm} = m_c / m_{сн}$.

После преобразований получены следующие комплексные измерители: коэффициенты использования объема и снаряженной массы, для грузовых автомобилей и фургонов $\eta_{nm} = \eta_{vm} \eta_{qm}$.

В качестве частных измерителей могут использоваться другие функциональные зависимости, например $m_{cn} = f(V_a)$.

2.3 Анализ поступательного движения автомобиля

Современные легковые автомобили при разгоне с места достигают максимальной скорости на пути 1 – 1,2 км и последние 800 м практически проходят с максимальной скоростью. По этой же причине теряет смысл скоростная характеристика (разгон-выбег). В дальнейшем сопоставительном анализе три эти измерителя не рассматриваются. Другие измерители имеют прямую связь с компоновочной схемой автомобиля и рассматриваются ниже.

Движение автомобиля.»[1]. «обеспечивается силой тяги, подведенной от двигателя к ведущим колесам: »[8]

$$P_K = P_f \pm P_n \pm P_B \pm P_U \quad (2)$$

где P_f , P_n , P_B , и P_U – «силы сопротивления соответственно качению, подъему, воздуху и инерции.

Для обеспечения движения должно выполняться условие по сцеплению ведущих колес.

Динамический радиус колеса r_d не зависит от компоновочной схемы. Суммарные передаточные числа u_{TR} трансмиссии, как показали исследования автора, также не зависят от компоновочной схемы автомобиля, за исключением высшей или предшествующей передач двухвальных коробок передач, устанавливаемых на автомобилях с приводом на передние колеса.

На автомобилях с приводом на передние колеса и поперечным расположением двигателя главная передача цилиндрическая, а на автомобилях классической компоновки – гипоидная с более низким КПД,

поэтому суммарный КПД η_{TP} трансмиссии первых автомобилей на 1-2% выше, чем вторых.

Основным входным параметром большинства измерителей.»[1]. «тягово-скоростных свойств автомобиля является»[42] «крутящий момент M_k при соответствующей частоте (или угловой скорости ω_e) вращения коленчатого вала, определяемый по внешней или частичным характеристикам автомобиля, а выходными – параметры, характеризующие тягово-скоростные свойства автомобиля. Взаимосвязь входных и выходных параметров должна быть не только количественной, но и функциональной, вследствие чего и форма внешней скоростной характеристики двигателя не должна быть стабильной для большинства автомобилей, а должна соответствовать назначению отдельных групп автомобилей. Поэтому в настоящее время многие исследователи при рассмотрении тягово-скоростных свойств автомобилей и их расчете обращаются к выражению характеристики двигателя через момент M_e . Для этого используется формула, выражающая функцию тягово-скоростных свойств автомобиля M_e от ω_e через квадратичный трехчлен:

$$M_e = a_m \cdot \omega_e^2 + b_M \cdot \omega_e + c_M \quad (3)$$

При необходимости мощностная характеристика двигателя может быть определена через момент M_e и угловую скорость ω_e :

$$N_e = M_e \cdot \omega_e \quad (4)$$

У такой характеристики соотношение $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 2$. Однако анализ карбюраторных двигателей легковых автомобилей показал, что такое соотношение имеет место на 7 – 10% двигателей. Среднее значение $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 1,67$.

Использовать формулу (4) трудно из-за выбора динамических коэффициентов a_m , b_M , $+c_M$, обеспечивающих соответствующие выходные характеристики одного проектируемого автомобиля или группы автомобилей, так как значения этих коэффициентов колеблются в широких пределах.

Для предварительного выбора таких коэффициентов удобно использовать автомобили-аналоги, находящиеся в эксплуатации и наиболее

полно отвечающие требованиям, предъявляемым к проектируемому автомобилю. В технических характеристиках автомобилей обычно указываются две исходные точки внешней скоростной характеристики двигателя «с координатами N_N, ω_N и M_M, ω_M , используя которые, можно с достаточной степенью точности воспроизвести полные зависимости $N_e = f(\omega_e); M_e = f(\omega_e)$.

Уравнение второй степени (24) в системе координат ω_e, M_e представляет собой симметричную параболу с вершиной в точке А, имеющей координаты ω_M, M_M , вторая точка В этой параболы имеет координаты ω_N, M_N . При этом если характеристика асимметричная, ее следует рассматривать как симметричную относительно правой рабочей ветви, а при построении левой ветви – вносить коррективы.

Все силовые факторы, действующие на автомобиль-тягач, »[1]. можно разделить на три группы: движущие; сопротивления движению; нормальные к направлению движения.

«К первой группе относится окружная сила на ведущих колесах F_K .

Вторую группу составляют M_{f1}, M_{f2} – моменты сопротивления качению колес автомобиля; F_K – сила сопротивления воздуха; F_i – продольная составляющая силы тяжести автомобиля; F_{jx} – сила сопротивления поступательному ускорению масс автомобиля; F_{nx} – продольная составляющая силы сопротивления прицепа. У одиночного автомобиля сила сопротивления прицепа отсутствует.

К третьей группе относятся: R_{z1}, R_{z2} – нормальные реакции дороги; $G_a \cdot \cos \alpha$ – нормальная составляющая веса автомобиля; F_{nz} – нормальная составляющая силы сопротивления прицепа (крюковая нагрузка). Силы, входящие в эту группу, направлены перпендикулярно к вектору скорости автомобиля. Поэтому их влияние не непосредственное, а косвенное.

Окружная сила на ведущих колесах возникает в результате того, что к ведущим колесам подводится через трансмиссию крутящий момент от двигателя, установленного на автомобиле.

В настоящее время на автомобилях в основном применяют двигатели внутреннего сгорания. Их мощностные свойства принято оценивать скоростными характеристиками, представляющими зависимость эффективной мощности или крутящего момента на коленчатом валу при установившемся режиме работы от частоты вращения двигателя. Скоростная характеристика, полученная при полной подаче топлива, называется *внешней скоростной характеристикой*, а полученные при неполной подаче топлива – *частичными*. Скоростные характеристики определяют на специальных стендах. При этом обычно непосредственно находят зависимости эффективного момента двигателя от частоты его вращения, а мощность определяют расчетом.»[4]

2.4 Сила сопротивления подъему

Сила сопротивления подъему P_{Π} возникает «при движении автомобиля на подъем, а при движении на спуске ее значение становится отрицательным.

Сила сопротивления подъему

$$P_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha_{\Pi} \quad (5)$$

Крутизна дороги характеризуется углом α_{Π} подъема или величиной уклона»[21] i , «выражаемой через отношение вертикальной проекции участка дороги к горизонтальной, т.е.

$$i = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi} \quad (6)$$

На дорогах с твердым покрытием угол уклона подъема обычно не превышает $5-7^{\circ}$, что позволяет приближенно принимать $\sin \alpha_{\Pi} \approx \operatorname{tg} \alpha_{\Pi}$. Таким образом, силы сопротивления подъему и качению зависят от состояния дороги. Обычно эти две составляющие рассматриваются совместно, т.е. суммарная сила сопротивления дороги:

$$P_{\psi} = G_a (f_0 \cos \alpha_{II} + \sin \alpha_{II}) \quad (7)$$

Под действием силы P_{II} происходит перераспределение нормальных реакций по осям. Реакция на передних колесах уменьшается, а следовательно, снижаются сила тяги и сцепление колес с поверхностью дороги автомобилей с приводом на передние колеса. »[1].

2.5 Сопротивление воздуха

«Сила сопротивления воздуха, возникающая при движении автомобиля,

$$P_B = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot F_L \cdot V^2, \quad (8)$$

где c_x – безразмерный коэффициент лобового сопротивления воздуха;

ρ – плотность воздуха;

F_L – площадь лобового (миделева) сечения, определяемая по фронтальной проекции автомобиля на плоскость.

Площадь лобового сечения автомобиля находится приближенно: для грузовых $F_L = B \cdot H_a$ и для легковых $F_L = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a$.

По данным исследований, с изменением угла атаки в пределах $\pm 2^\circ$ сила сопротивления воздуха меняется в пределах $+9 \div -7\%$, значительно меняется и подъемная сила. При увеличении угла атаки обе силы возрастают..»[1]. «Удовлетворительным считается увеличение сопротивления воздуха до 5 % при росте угла обдува на 10° , а неудовлетворительным – примерно на 20%.

С увеличением нагрузки на передние колеса уменьшаются угол атаки и сила сопротивления воздуха. » [22] В связи с этим «автомобили с приводом на передние колеса имеют меньшее сопротивление воздуха, чем автомобили классической компоновки. Кроме того, благодаря поперечному расположению двигателя» [39] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями c_x . Обтекающие кузов автомобиля потоки воздуха представлены на рисунках 8 и 9. [15]

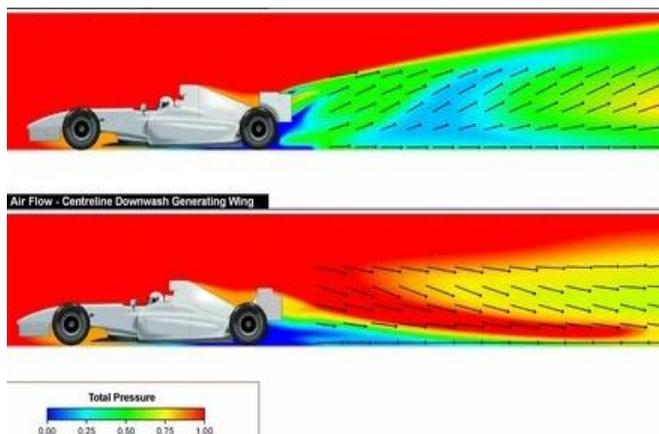


Рисунок 8 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха K колеблется примерно от 0,025 до 0,04, а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07 $кг \cdot сек^2 / м^4$. Фактор же сопротивления воздуха W для легковых автомобилей может быть принят в среднем равным 0,05 – 0,1, а для грузовых – 0,15-0,3 $кг \cdot сек^2 / м^4$.

Сила сопротивления воздуха, представляющая собой равнодействующую элементарных сил, действующих на отдельные элементы поверхности автомобиля, приложена к последнему на определенной высоте от опорной плоскости. Точка приложения этой силы часто называется центром парусности.» [32]

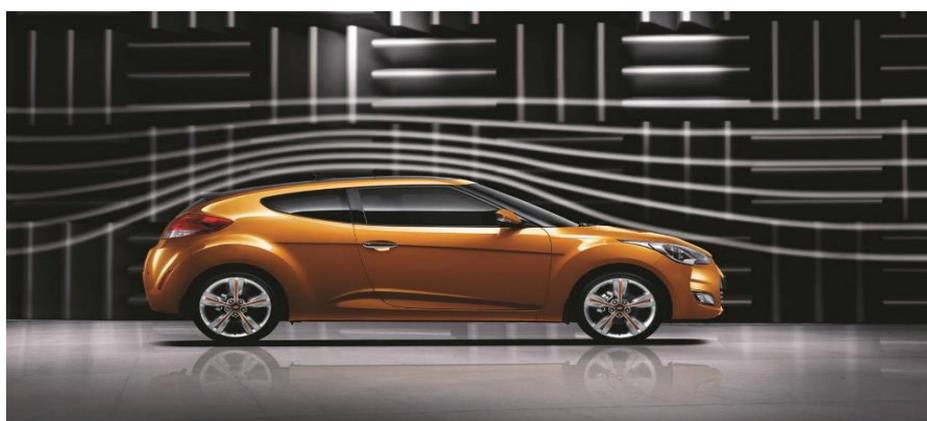


Рисунок 9 – Обтекание кузова потоками воздуха

«Поэтому для максимального уменьшения сопротивления воздуха

целесообразно перекрывать всю переднюю часть автомобиля кожухом так, чтобы зазор между ним и землей был минимальным. Все выступающие части, как, например, колеса и крылья, создают дополнительное сопротивление и вызывают значительное завихривание воздуха; поэтому целесообразно и их также перекрывать одним общим кожухом. При этом определяется специальная наивыгоднейшая в смысле «автомобильная» форма, которая с нижней стороны должна быть ограничена плоскостью, возможно близко подходящей к земле.» [7]

2.6 Сила инерции автомобиля

Сила инерции автомобиля складывается из трех составляющих сил инерции: $P_{ИМ}$ массы автомобиля, $P_{ИК}$ вращения колес и $P_{ИД}$ частей двигателя. При этом

$$P_{j0} = M \frac{d\omega}{dt} = \frac{G}{g} \frac{d\omega}{dt} \quad (9)$$

Суммарный момент инерции колес автомобиля, определяется из выражения $2J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$, где J_{K1} – момент инерции колеса относительно его оси, $\frac{d\omega_K}{dt}$, – угловое ускорение колеса.

«Окружная сила, необходимая для создания этого момента, равна $2 \frac{1}{r_K} J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$, где r_K – радиус качения колес.

Угловое ускорение колеса $\frac{d\omega_K}{dt}$ может быть выражено через линейное ускорение автомобиля $\frac{d\omega}{dt}$. Принимая радиус качения r_K примерно постоянным, получаем: $v = r_K \cdot \omega_K$; $\frac{d\omega_K}{dt} = \frac{1}{r_K} \cdot \frac{dv}{dt}$.

В результате сила P_j , инерции автомобиля определится из выражения (без учета влияния вращающихся деталей двигателя и трансмиссии автомобиля)

$$P_j = \left(\frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_k^2} \cdot J_{k1} \right) \frac{d\omega}{dt} \quad (10)$$

Результаты определения сил, действующих в трансмиссии, представлены в виде таблиц и графиков.» [2]

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «Formula Student» сведен в таблицу 2.

Таблица 2 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса m_0 , кг	225
Максимальная скорость V_{\max} , км/ч»[6] (м/с)	268(74,42)
«Угловая скорость коленчатого вала ω_e^{\max} , рад/с (об/мин)	837,76 (8000)
Максимальная мощность двигателя N_e^{\max} , кВт	43
Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{\max} , Н·м	52,2
Тип и размерность колеса	200/75R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,32
Величина максимального преодолеваемого уклона i	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,85
Габаритная ширина автомобиля B , мм	1456
Габаритная высота автомобиля H , мм	1140
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,045
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач U_1	2,5
– второй передачи коробки передач U_2	1,75
– третьей передачи коробки передач U_3	1,33
– четвертой передачи коробки передач U_4	1,095
– пятой передачи коробки передач U_5	0,956
шестой передачи коробки передач U_6	0,869
главной передачи U_0	3,46»[3]

«Сила инерции вызывает перераспределение нормальных реакций по осям. При разгоне на передних колесах они уменьшаются, а следовательно, понижается сила тяги по сцеплению.

Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике [39].

2.7 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n + m_{\text{б}} \cdot n, \quad (11)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг; »[1].

« $m_{\text{ч}} = 75$ кг – масса одного человека;

n – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$ – вес багажа.

$$m_a = 225 + 75 \cdot 1 = 300 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (12)$$

где: g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$G_a = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ Н}$$

«Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 46% на передние колеса и 54% - на задние. »[6]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: »[6]

$$G_1 = 0,50 \cdot G_a = 0,46 \cdot 2943 = 1471,5 \text{ Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,50 \cdot G_a = 0,54 \cdot 2943 = 1471,5 \text{ Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости:

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2}, \quad (13)$$

«где: $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, »[3] кг/м^3 .

$$K = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206$$

«Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (14)$$

где: B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,14 = 1,332 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 200/75R13, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле: [15]

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad , \quad (15)$$

где: d – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,85$ – коэффициент вертикальной деформации;

H – высота профиля шины. »[4]

«У снаряженных автомобилей классической компоновки распределение нагрузки между передней и задней осями $M_I/M_A=0,53 \div 0,56$, а при полной нагрузке $M_I/M_A=0,50 \div 0,52$. В дальнейшем примем для этих автомобилей $M_I/M_A=0,5$.

На автомобилях с приводом на передние колеса сначала принималось распределение нагрузки по осям $M_I/M_A=0,48 \div 0,6$. Так, автомобиль Рено-4 имел распределение нагрузки $M_I/M_A=0,49$, а Рено-16 выпускался с $M_I/M_A=0,51$. Проводятся экспериментальные и теоретические исследования, направленные на обоснование выбора оптимального распределения нагрузки по осям автомобилей с приводом на передние колеса, в которых рассматриваются экстремальные случаи движения автомобиля:

- разгон без буксования ведущих колес при максимальном ускорении на горизонтальном участке дороги с сухим асфальтированным или цементным покрытием;

- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому асфальтированному или цементированному покрытию;

- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому плотному травяному грунту.

Результаты показали, что при.»[1]. «выборе оптимального распределения нагрузки по осям для автомобиля с приводом на передние колеса следует стремиться к достижению тягово-скоростных свойств таких же, как у автомобилей классической компоновки.

Для определения оптимального распределения нагрузки» [9] «по осям для автомобиля с приводом на передние колеса принимаем равенство сил тяги, определяемых по моменту двигателя и по сцеплению ведущих колес с дорогой, для трех рассматриваемых случаев. Сила тяг по моменту может быть определена из уравнений (2) и (4) или по максимальному динамическому фактору для современных автомобилей $D=0,25\div0,35$. Сила тяги по сцеплению определяется по формулам (3) и (9). »[1].

«Для режима разгона с максимальным ускорением в уравнении (10) принимаем $P_f=0$, $P_w=0$. Тогда после совместного решения уравнений, получим:

$$P_p = P_f + P_w + P_i + P_j \quad (16)$$

$$f + \delta_{II} \cdot j_{umax}/g = (\varphi + f) \cdot (b - \delta_{II} \cdot h_{д} \cdot j_{umax} / g) / L \quad (17)$$

Левая часть равенства характеризует динамический фактор, а правая – условия сцепления ведущих колес с поверхностью дороги. Принимая для случая разгона на хороших дорогах $\varphi > f$, после некоторых преобразований получим^

$$b/L = \delta_{II} \cdot j_{umax} (1/\varphi + h_{д}/L) / g \quad (18)$$

Величины, входящие в правую часть формулы (21), отличаются для различных автомобилей, однако незначительно. Так, для современных легковых автомобилей $j_{umax} = 2\div2,5$ м/с², меньшие значения относятся к автомобилям особо малого класса, а большие – к автомобилям среднего класса.

Графики изменения крутящего момента и мощности двигателя в функции изменения частоты вращения представлены на рисунке 10.

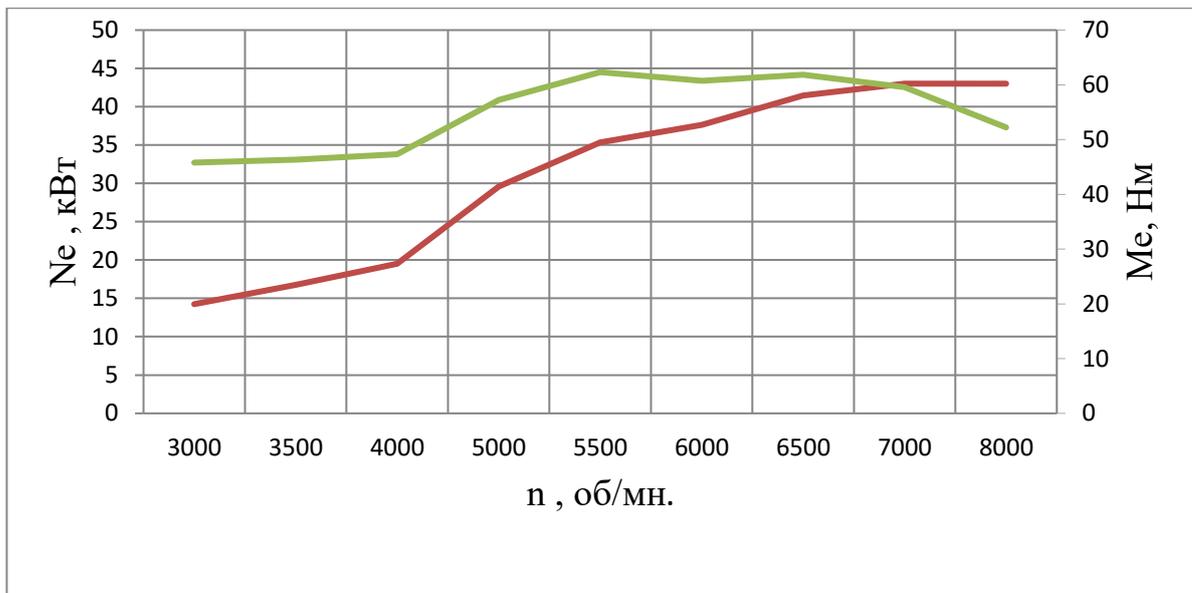


Рисунок 10 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Значения $\delta_H = 1,2 \div 1,5$, $h_D = 0,5 \div 0,55$ м и $L \approx 2,2 \div 2,5$ м, коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой можно принимать для сухих асфальтированных дорог постоянным: $\varphi = 0,8$.

Из расчетных зависимостей относительного распределения нагрузки автомобиля с приводом на передние колеса по осям (b/L) от максимального ускорения следует, что при сравнительно небольшом изменении максимального ускорения j_u и коэффициентов δ_H учета вращающихся масс значения b/L изменяются в широких пределах. .»[1].

«Силы P_f и P_w всегда являются положительными, сила P_i положительна при движении автомобиля на подъем и отрицательна при движении под уклон; сила P_j положительна при ускоренном движении автомобиля и отрицательна при замедленном его движении.»[33]

2.8 Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом

«Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом производится на основании тех же уравнений, которые приведены были выше для случая тягового расчета двухосного автомобиля. Так как динамическая характеристика для автомобиля с прицепом или полуприцепом отличается от

такой характеристики для двухосного автомобиля только масштабом, то, очевидно, выводы, полученные выше для двухосного автомобиля, остаются справедливыми и для автомобиля с прицепом или полуприцепом. Необходимо лишь во все уравнения вместо веса автомобиля G вставить полный вес агрегата $G + G'$, где G' - вес прицепа или полуприцепа. Однако при тяговом расчете автомобиля с прицепом или полуприцепом могут быть поставлены новые вопросы, которые требуют дополнительного решения. К таким вопросам надо отнести:

- определение максимального полного веса прицепа или полуприцепа G , который допустим при заданном автомобиле-тягаче;
- определение нового передаточного числа в главной передаче i_0 или в редукторе i_P , которые надо выбрать для того, чтобы имеющийся автомобиль снабдить прицепом или полуприцепом (рисунок 11).

Предельное значение допустимого веса G' прицепа или полуприцепа определяется той максимальной тяговой силой, которая может быть получена на ведущих колесах автомобиля-тягача. Так как всегда можно подобрать необходимое передаточное число, обеспечивающее должную тягу на ведущих колесах при том вращающем моменте двигателя M_T , то максимальное значение веса G' прицепа или полуприцепа ограничивается величиной сцепления ведущих колес с дорогой.

Для упрощения задачи пренебрегаем изменением радиальных реакций, происходящим при передаче через автомобиль-тягач тяговой силы. При этом весь расчет упрощается, а ошибка получается весьма небольшой. На рисунке 9 представлена схема автомобиля, снабженного прицепом. Предельное значение тяговой силы P_{fmax} на задних ведущих колесах автомобиля-тягача определяется из выражения:»[21]

$$P_{fmax} \approx \phi \cdot G_2 = \phi \cdot G \frac{a}{L} \quad (19)$$

где G – полный вес автомобиля.



Рисунок 11 - Схема автомобиля, снабженного прицепом

«Принимая во внимание, что при установке первой передачи скорость автомобиля очень мала, и пренебрегая, поэтому сопротивлением воздуха, получаем:

$$P_{Pmax} = G_a = \varphi \cdot G_a = \varphi(G + Gi) \cdot \quad (20)$$

где G' - полный вес прицепа.

2.9 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей

При использовании на автомобиле с приводом на передние колеса такого же двигателя, что и на автомобиле классической компоновки, сила тяги на ведущих колесах может быть определена из уравнения (24). Решением этого уравнения в пределах возможных скоростей движения находится тяговая характеристика автомобиля.

Для удобства сопоставления автомобилей различных компоновочных схем по тягово-скоростным свойствам обычно используют динамический фактор D , для определения которого уравнение (24) преобразуется к виду:

$$D = [(\alpha_M a_M - 0,5 c_x \cdot \rho \cdot F_L) \cdot v^2 + b_M \cdot b_v \cdot v + c_M \cdot cv] / G_a \quad (21)$$

С помощью уравнения (27) можно получить динамическую характеристику. Ускорение, развиваемое автомобилем в процессе разгона

$$J_a = (a_j \cdot v^2 + b_j \cdot v + c_j) / (\delta_{II} \cdot M_a) \quad (22)$$

Уравнение (28) в графическом виде выражается для каждой передачи своей параболой. Вершины парабол определяются координатами v , J_{amax} .

Аналогичные уравнения могут быть получены и через первую производную правой части уравнения, приравненную нулю. Коэффициенты a_j во всем диапазоне скоростей и ускорений отрицательные. Хотя ускорение является скоростным показателем автомобиля, в качестве оценочного параметра оно обычно не применяется вследствие неудобства использования. Наибольшее распространение в качестве измерителя динамики разгона получили время t и путь S разгона автомобиля.

Распределение тяговой силы по отдельным видам сопротивления движению называется тяговым балансом автомобиля. Аналогично этому» [21] «может быть распределена по отдельным видам сопротивления движению автомобиля и развиваемая двигателем мощность N_m . Такое распределение мощности двигателя по отдельным видам сопротивления называется мощностным балансом автомобиля.»[40]

$$N_m = N_t + N_f + N_w + N_i + N_j \quad (23)$$

$$N_m = N_t + N_f + N_w \quad (24)$$

$$N_T = (1 - \eta_m) \cdot N_m \quad (25)$$

где η_m – коэффициент нагруженности.

Уравнения мощностного баланса описывают потенциальные тягово-скоростные свойства по характеристикам двигателя и трансмиссии, однако использование этих свойств должно быть обеспечено сцеплением ведущих «колес с дорогой, а следовательно, статическим распределением нагрузки по осям. Для сопоставительной оценки рассматриваемых автомобилей по скоростной характеристике на дороге с переменным продольным профилем и при преодолении подъемов на высшей передаче следует рассмотреть динамику движения автомобиля на подъем. При движении происходит перераспределение нормальных реакций: с увеличением угла подъема реакции вырастают на задних колесах и уменьшаются на передних. При

достижении определенного угла подъема у автомобилей с задними ведущими колесами наблюдается потеря сначала управляемости, а затем продольной устойчивости (при достаточном моменте на ведущих колесах сцепления этих колес с дорогой). Если ведущими являются передние колеса, то продольная устойчивость сохраняется, так как во всех ведущих режимах движения потеря сцепления ведущих колес опережает опрокидывание. [24]

При проектировании автомобилей с «[3]» «приводом на передние колеса, для обеспечения силы тяги по сцеплению ведущих колес с дорогой обычно нагрузку на передние колеса в статическом состоянии принимают больше, чем на задние. С увеличением нагрузки на передние колеса улучшается сцепление колес»[15] с дорогой, но возникает некоторая перегрузка передних колес при движении по горизонтальной дороге.

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрим зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой «может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на низшей передаче. Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой P_K тяги, выражаемой через момент двигателя по формуле (26).

Со стороны дороги на ведущих колесах автомобилей с приводом»[21] «на передние колеса определяются нормальные реакции применительно к установившемуся движению на подъем:

$$R_{z1} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (26)$$

И на задних колесах автомобилей классической компоновки:

$$R_{z2} = G_a (a \cos \alpha_{\Pi} + h_D \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (27)$$

Сила сцепления ведущих колес с дорогой пропорциональна нормальной реакции, действующей на эти колеса, и коэффициенту сцепления шин с дорогой. В процессе разгона по горизонтальной дороге (сопротивлением качению и воздуха пренебрегаем) нормальная реакция на передних ведущих колесах уменьшается.

$$N_m \cdot \eta_m = \psi G v^2 + W \cdot v^2 + \delta \frac{G}{g} v \cdot \frac{dv}{dt} \quad (28)$$

$N_f = F_f \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт; »[3]

« $N_T = F_T \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ($N_T=0$), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_D = F_{и} \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [9] ($N_B = 0$), Вт. [20]

«При рассмотрении экстремального случая, когда разгон осуществляется с полным использованием возможностей двигателя и сцепления колес с дорогой, в уравнения (24), (25) следует подставлять максимальные ускорения.

$$\eta_m = \frac{M_p}{M_m i_K i_o} \quad (29)$$

$$P_p = \frac{M_m \cdot i_K i_o \cdot \eta_m}{r_K} \quad (30)$$

На рисунке 12 приведены результаты испытания коробки передач автомобиля при включении передач. [10]

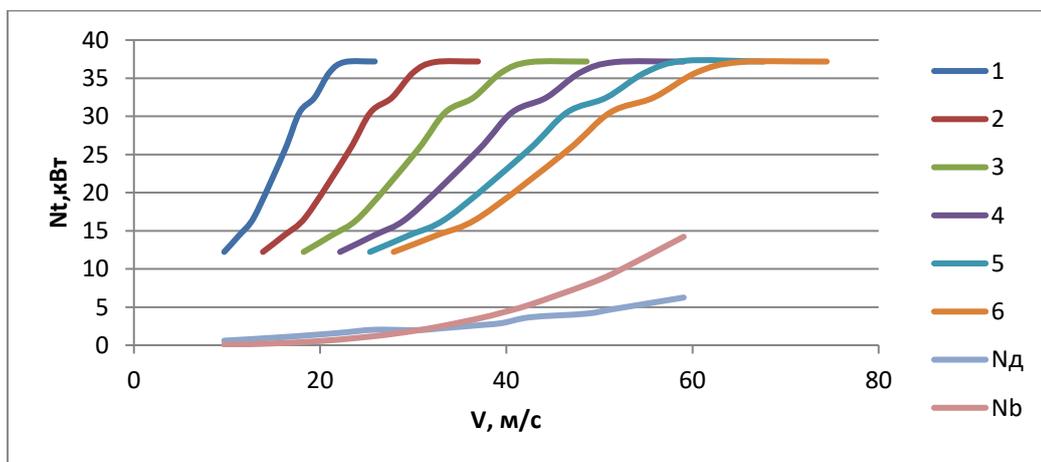


Рисунок 12 – Мощностной баланс

Для создания одинаковых условий разгона по сцеплению автомобилями обеих компоновочных схем с разными массами и одним и тем же двигателем необходимо обеспечить равенство нормальных реакций передних и задних колес.»[3].

2.10 Тяговый расчет автомобиля с прицепом

Для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации автомобиля с прицепом необходимо учитывать изменение тягово-динамических характеристик автопоезда.[30] Тяговый расчет является важной частью проектирования и эксплуатации автотранспортных средств, позволяющей определить возможности автомобиля по преодолению сопротивлений движению, оценить его максимальную скорость, ускорение и расход топлива при буксировке прицепа. В данном разделе рассматривается методика тягового расчета автомобиля LADA при работе с прицепом, с учетом основных факторов, влияющих на тяговые характеристики автопоезда, «включая сопротивление качению, сопротивление воздуха, сопротивление подъему, инерционные силы и потери в трансмиссии. Результаты тягового расчета позволяют определить допустимую массу прицепа, обеспечивающую безопасную и экономичную эксплуатацию автомобиля в различных дорожных условиях.

Основные силы включают сопротивление движению,»[31]. силы сцепления колес с дорогой, а также силы, возникающие при подъеме и спуске.

Сопротивление движению. Сопротивление движению зависит от нескольких факторов, таких как аэродинамическое сопротивление, rolling resistance (сопротивление качению) и дополнительные сопротивления, возникающие при движении по различным дорожным покрытиям. Эти факторы необходимо учитывать при расчетах. [2]

Угол наклона дороги. Тяговые характеристики автомобиля с прицепом могут значительно изменяться в зависимости от уклона дороги. При подъеме

необходимо учитывать увеличение сопротивления, тогда как при спуске - возможность снижения нагрузки на двигатель.

Мощность двигателя. Двигатель автомобиля должен обеспечивать достаточную мощность для преодоления всех сопротивлений. При расчете учитывается не только максимальная мощность, но и диапазон рабочего крутящего момента.

Процесс расчета

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_d + 2f \cdot r_d - f \cdot h_d \quad (31)$$

Для достижения одинаковых максимальных углов подъема по условию сцепления для рассматриваемых автомобилей необходимо, чтобы «центр масс автомобиля с приводом на передние колеса был смещен вперед на величину $\Delta a = \varphi \cdot h_d + 2f \cdot r_d - f \cdot h_d$. Из этого уравнения следует, что максимальный угол подъема по условию сцепления ведущих колес»[29] «зависит от конструктивных параметров L , b , h_d , r_d и дорожных условий, характеризующихся величинами φ и f . Проведенные расчеты показали, что с достаточной степенью точности уравнение может быть представлено как $b = 0,5L + \varphi \cdot h_d$.

При $\varphi = 0,4$ сцепные свойства автомобилей двух рассматриваемых компоновочных схем приблизительно равны, а максимальные углы подъема для обоих автомобилей составляют примерно 10° . При больших коэффициентах сцепления зависимости $\alpha_{п} = f(\varphi)$ рассматриваемых автомобилей отличаются существенно. Проведенный анализ движения на подъем правомерен для автомобилей с полной нагрузкой. Однако легковые автомобили значительную часть времени эксплуатируются с частичной нагрузкой и большой интерес представляет исследование тягово-динамических свойств при движении автомобилей на подъем при неполной нагрузке. »[13].

Условия эксплуатации

Тяговые характеристики автомобиля с прицепом могут меняться в зависимости от различных условий, таких как:

Условие дорожно-транспортной сети (асфальт, грунтовая дорога);

Влияние погодных условий (дождь, снег);

Загруженность автомобилем (пустой или полный);

Состояние технического обслуживания автомобиля и прицепа.

По результатам расчетов построены графики и на рисунке 13.

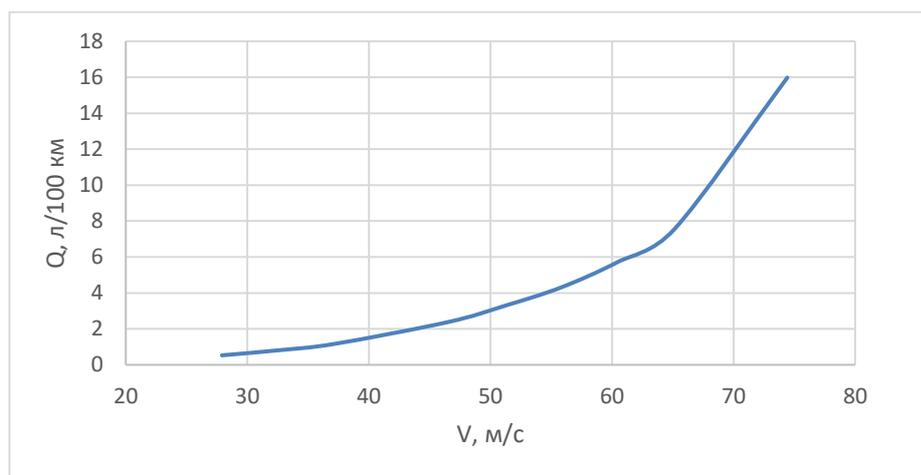


Рисунок 13 – Путь расход топлива» [1]

Вывод:

Тяговой расчет автомобиля с прицепом — это комплексный процесс, включающий в себя множество влияющих факторов. Этот расчет обеспечивает понимание того, как эффективно использовать потенциал автомобиля и избежать перегрузок, что важно для обеспечения долговечности транспортного средства и безопасности на дорогах. Правильный подход к тяговому расчету способствует оптимизации работы системы "автомобиль + прицеп" и снижению эксплуатационных расходов.[5]

3 Разработка конструкции

3.1 Техническое задание

Сроки технического задания должны соответствовать срокам в договорных документах. Разработка выполняется по заданию кафедры «ПЭА», согласно следующих этапов разработки:

- разработка ТЗ;
- разработка ТП;
- рабочая компоновка;
- чертежи деталей;
- разработка технологического процесса.

Устройство предназначено для применения в отделениях по «техническому обслуживанию и ремонту автомобилей» [13].

Передвижной прицеп для перевозки мотоцикла «предназначен для работ проекта, перемещения мотоциклов при выполнении различных работ. Схема устройства представлена на рисунке 14.

Передвижной прицеп для автомобилей, предназначенный для транспортирования мотоцикла, разработан для выполнения работ до нормативных параметров путём приложения разнонаправленных усилий. Источники разработки» [1]

Автомобильные прицепы бывают с одной или двумя осями.

«Проведение работ предусмотрено внутри отапливаемого помещения с режимом температур» [3] «от +1°C до +35°C при относительной влажности воздуха не более 80%» [12], «исполнения УХЛ, категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69» [17].

«Передвижной прицеп для автомобилей можно использовать как в качестве средства перемещения, так и в качестве хранения.

Устройство для подъема должно отвечать следующим требованиям:

- Простота конструкции;
- Высокая надежность;

- Возможность перемещения платформы тележки в вертикальной плоскости;
 - Высокая устойчивость;
 - Возможность транспортировки тележки за счет мускульной силы человека;
 - Исключение самопроизвольного опрокидывания тележки;
- Возможность изготовления в условиях предприятия» [1].



1 – «стяжки, 2 – прицепное устройство 3 - основание

Рисунок 14 – Схема мотоциклетного прицепа

Параметры подъемника:

Грузоподъемность – 1000 кг;

Высота подъема – 750 мм;

Масса подъемника – 450 кг.

Предназначен для транспортировки мотоцикла «при помощи автомобиля по дорогам, имеющим твердое покрытие. Хранение - в условиях помещения с искусственным освещением, вентиляцией, в температурном режиме от +15°С до +40°С, в зоне работы оборудования есть источник электропитания» [1]

Устройство «для транспортировки мотоцикла можно использовать при эвакуации, неисправности, перемещений.» [18].

3.2 Техническое предложение

Все рассматриваемые аналоги данного подкласса относятся к оборудованию для перевозки, а более конкретно к прицепах для автомобилей. На первом этапе проводится поиск существующих конструкций и информационный обзор проектных решений.

Рассмотрим более подробно описание аналогов и их характеристик» [1].

Автоприцеп автомобиля МЗСА Изготавливается более 5 лет. Ранее прицеп назывался «МЗСА-4». Модель выгодно отличается оригинальной конструкцией, обеспечивающей удобную установку автомобиля без использования дополнительных устройств (рисунок 15).



Рисунок 15 – Автоприцеп для перевозки мотоциклов «МЗСА»

Рама автоприцепа ПА-750 имеет цельносварную конструкцию и размеры по ширине смотровой канавы для легковых автомобилей. Оснащена двумя неповоротными колесами, и двумя съемными стойками траверсами в

задней части. [35]

Колесные направляющие регулируются по ширине и длине транспортируемого автомобиля.

Автоприцеп модели ПА-750 (рисунок 16) предназначен для легковых автомобилей всех марок, имеющих отбортовку порогов.



Рисунок 16 – Автоприцеп ПА-750 [17].

Рама автоприцепа представляет собой две горизонтальные платформы с закрепленными меж ними направляющими. Конструкция опирается на платформу. Каркас поднимает верхнюю платформу за счет крепежных элементов при помощи соединительной системы. [29]

Грузоподъемность – 800 кг;

Высота погрузки – 650 мм;

Масса автоприцепа – 358 кг.» [2]

«Конструкция шасси обеспечивает вертикальное положение за счет направляющих опор. Рама перемещается поперек осей и является несущим элементом автоприцепа (рисунок 17). »[9].



Рисунок 17 – Автоприцеп Орион-5

Грузоподъемность – 1600 кг;

Высота погрузки – 710 мм;

Масса прицепа – 1100 кг.

Анализ и оценку патентной информации осуществим с помощью методов инженерного прогнозирования. Для этого составим таблицу 3, в которой указаны основные сравниваемые характеристики с оценками специалистов по эксплуатации оборудования. [22]

Таблица 3 – Технические характеристики прицепов для автомобилей

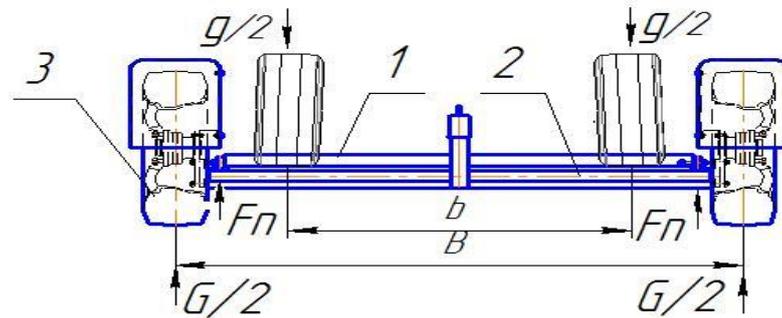
Показатели	Орион-5	ПА-750	МЗСА
Производитель	ЗАО «Слон»	ОАО «МПЗ»	СП "Мега"
Грузоподъёмность, кг	400	600	800
Высота погрузки, мм	450	710	650
Габарит,» [2] м	1,9x1,95x0,76	2,4x4,05	1,890x1,860

Существующие конструкции необходимо рассмотреть и

проанализировать, исходя из условий подбора и соответствия техническому заданию. Заблаговременно выявляются недостатки конструкции, которые по возможности нужно устранить. [14]

3.3 Предварительный проектный расчет

Существует большое разнообразие прицепов, которые различаются по конструкции, принципу действия, грузоподъемности. [16] «Схема действия сил показана на рисунке 18.



1 – траверса; 2 – основание; 3 – шина;

g – нагрузка; G – реакция дороги;

B – база передних колес; F_n – реакция ролика;

Рисунок 18 – Схема действия сил

Одна из платформ рассчитывается на прочность по нормальным напряжениям при плоском изгибе. В качестве материала платформы используется сталь, с поперечным сечением в виде труб (рисунок 19).

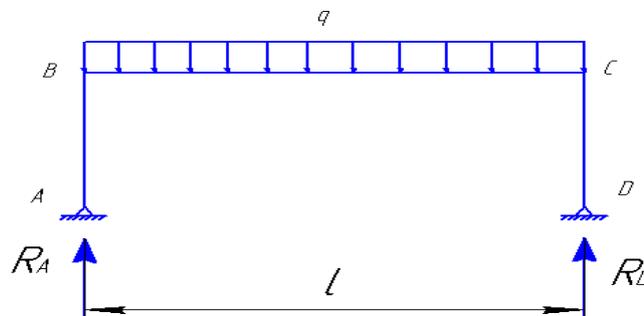
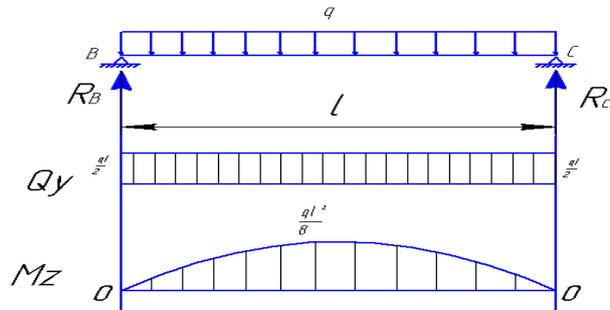


Рисунок 19 - Реакция и нагрузка на платформу

Для расчета $q = 500 \text{ кг}$ - распределенная нагрузка, $l = 1680 \text{ мм}$ – длина платформы. [27]

Эпюры для расчета на прочность платформы изображены на рисунке 20.» [38]



«Рисунок 20 - Эпюры для расчета на прочность платформы

Рассчитывается реакция опор: [38]

$$\sum Y = 0; \quad R_B + R_C - ql = 0; \quad (32)$$

$$\sum M(B) = 0; \quad R_C - \frac{ql}{2} = 0; \quad (33)$$

Из формул (32) - (33) следует» [2]:

$$R_C = \frac{ql}{2}; \quad (34)$$

$$Q_y = -R_B + qx; \quad (35)$$

$$M_z = R_B x - \frac{qx^2}{2} \quad (36)$$

$$M_z = \frac{qlx}{2} - \frac{qx^2}{2} \quad (37)$$

«Опасное сечение платформы находится в середине (рисунок 21), где изгибающий момент достигает экстремума: [31]

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} \quad (38)$$

$$M_{\max} = \frac{4000 \cdot 4.080^2}{8} = 8,3 \text{ кНм}.$$

Условие прочности записывается следующим образом: »[1].

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \leq [\sigma], \quad (39)$$

$$W_z \geq \frac{M}{[\sigma]} \quad (40)$$

«Ориентировочно вес платформы 4 кН; вес пассажира с грузом до 1 кН

Вес транспортируемого автомобиля до 5 кН

Полная нагрузка с учетом веса платформы и пассажира 10 кН

Конструктивно принимаем длину траверсы $L=1,860$ м

Расстояние до точки приложения полезной нагрузки $l_1 = L/4$

Величина рабочей нагрузки $Q_1=5$ кН, пролет между опорами $l = 1,860$ м.

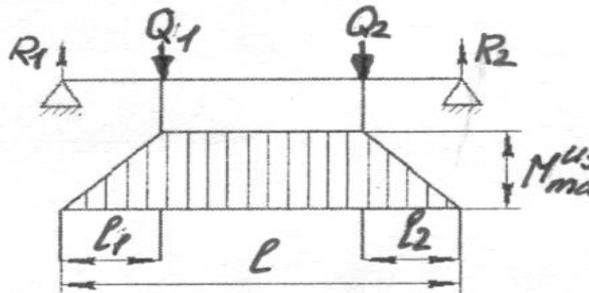


Рисунок 21 – Распределение изгибающего момента по платформе

Реакции в опорах платформы:

$$\sum Y = 0; \quad R_1 + R_2 - 2Q_1 = 0 \quad (41)$$

$$M_{\max} = R_1 \cdot l_1 \quad (42)$$

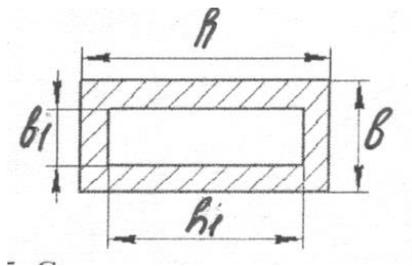
$$R_1 = Q_1 = 5 \text{ кН} \quad (43)$$

$$l_1 = L/4 = 0,465 \text{ м}; \quad (44)$$

$$M_{\max} = R_1 \cdot l_1 = 5 \text{ кН} \cdot 0,465 \text{ м} \quad (45)$$

Опасное сечение траверсы платформы находится в средней части (рисунок 22), где изгибающий момент достигает максимума»[28]:

$$M_{\max} = R_1 \cdot l_1 = 5 \text{ кН} \cdot 0,465 \text{ м} = 2,325 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (46)$$



«Рисунок 22 – Сечение трубы траверсы платформы

Материал – сталь. Предел текучести $\sigma_T = 320 \text{ МПа}$, коэффициент запаса при динамической нагрузке $n_T = 6$.

$$\text{Допускаемое расчетное напряжение} \quad [\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{320}{6} = 53 \text{ МПа} \quad (47)$$

Условие прочности записывается следующим образом:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma] \quad (48)$$

откуда получаем выражение для момента сопротивления» [6]

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{2,325 \text{ кН} \cdot \text{м}}{53 \text{ МПа}} = 43,87 \text{ см}^3 \quad (49)$$

Существующие прицепы могут не обладать оптимальными характеристиками по грузоподъемности, габаритам, способу крепления мотоцикла, устойчивости на дороге и удобству погрузки/разгрузки. Разработка индивидуальной конструкции прицепа позволит учесть все эти факторы и создать прицеп, максимально отвечающий потребностям конкретного пользователя.

Вывод: Наиболее удобным и безопасным способом перевозки мотоцикла является использование специализированного прицепа. Рынок предлагает широкий ассортимент прицепов для мотоциклов, однако, создание прицепа, оптимально соответствующего конкретным потребностям и условиям эксплуатации, может быть более целесообразным и экономически выгодным решением. [19].

4. Технологический процесс транспортировки

4.1 Общие положения

«Прицепные устройства широко распространены и используются при перевозке грузов и транспортировке автомобильных транспортных средств. Устройства серийно выпускаются многими отечественными и зарубежными производителями. Как правило, это одноосные и двухосные прицепные устройства. Автомобильные заводы, выпускающие автомобили имеют средства для использования данных устройств.» [12, 31]

4.2 Требования к исполнителям операции

«Операцию выполняют слесари по ремонту автомобилей или слесарь ремонтного отделения. Рабочие должны быть обучены проведению данной»[1] операции, и своевременно проходить инструктажи по безопасному проведению работ.

К выполнению операции допускаются операторы, прошедшие предварительный (при поступлении на работу) и периодический (в течение трудовой деятельности) медицинский осмотр, и обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке.

4.3 Разработка технологической карты на транспортировку

Согласно инструкции [10] общий порядок выполнения операции следующий:

- затормозить транспортное средство стояночным тормозом;
- выключить зажигание (перекрыть подачу топлива в транспортном средстве с дизельным двигателем);
- установить рычаг переключения передач (контроллера) в нейтральное положение;
- под колеса подложить не менее двух специальных упоров (башмаков);

- на рулевое управление вывесить запрещающий комбинированный знак безопасности с поясняющей надписью «Двигатель не пускать! Работают люди» (на транспортных средствах, имеющих дублирующее устройство для пуска двигателя, аналогичный «знак необходимо вывесить и на дублирующее устройство»);
- еще немного приподнять подвижную раму и осторожно, покачивая из стороны в сторону, откатить немного тележку с колесом от автомобиля;
- зафиксировать колесо на платформе с помощью ремней;
- опустить колесо на тележке в транспортное положение (примерно 50-100 мм от пола).

Положение платформы устройства показаны на рисунке 23. Подъем и опускание мотоцикла нужно проводить в последовательности, как представлено в технологической карте в таблице 4.»[26]



Рисунок 23 – Рабочие элементы устройства

«В таблице 4 приведена технологическая карта на проведение операций при использовании устройства для транспортировки мотоцикла. Элементы прицепа приведены в спецификации в приложении А.

Таблица 4 - Технологическая карта транспортировки прицепа

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость, мин.	Примечание
1	2	3	4	5	6
1 Подготовка прицепа					
1.1 Прицеп установить на ровной площадке.	Произв. корпус	Слесарь 2 р.	Упоры Ограничительные	2,5	-
1.2 Установить переднюю и задние стойки упоров в вертикальное положение до касания с поверхностью пола и затянуть барашковые гайки.	то же	то же	Подъемник, домкрат	2,5	Момент страгивания 20-25 Нм
2 Установка мотоцикла					
2.1 Закатить мотоцикл на платформу прицепа передними колесами. Убедиться в устойчивом положении колес на платформе.	то же	то же	Прицеп,	2,5	-»[1]
2.2 Зафиксировать колеса мотоцикла на платформе с помощью крепежных устройств.	то же	то же	Ремни крепежные	6,0	-
2.3 Отвернуть барашковые гайки стоек упоров. Установить задние и переднюю стойки упоров в транспортное положение до касания с рамой и затянуть гайки	то же	то же	Ключ гаечный 10 Ключ гаечный 13	1,5	Момент страгивания 65-70 Нм
2.4 Подвести автомобиль-тягач задним ходом к прицепному устройству.	то же	то же	-	1,5	-
2.5 Зафиксировать сцепное устройство прицепа на фаркопе тягача. Установить дополнительные страховочные карабины в отверстия кронштейна сцепного устройства тягача	то же	то же	Ключ гаечный 13	2,5	-

Продолжение таблицы 4

3 Транспортировка автомобиля					
1	2	3	4	5	6
3.1 Произвести транспортировку мотоцикла. Максимальная скорость движения - 50 км/час	-	Слесарь 2 р.	Прицеп, тягач		
4 Снятие автомобиля с прицепа					
4.1 Расположить автомобиль-тягач с прицепным устройством на ровной горизонтальной площадке. Вынуть страховочные карабины из отверстий кронштейна.	-	Слесарь 2 р.	Прицеп, тягач	5,5	-
4.2 Расстыковать сцепное устройство прицепа от сцепного устройства тягача.	-	то же	-	1,5	-
4.3 Удерживая сцепное устройство прицепа на весу, установить переднюю и задние стойки упоров в вертикальное положение до касания с поверхностью пола и затянуть барашковые гайки	-	то же	Ключи торцовый и накид- ной 17	2,5	-
4.4 Снять крепежные устройства с передних колес спортивного мотоцикла	-	то же	-	2,0	-
4.5 Установить на платформу наклонные направляющие в соответствии с шириной передней колеи спортивного мотоцикла, симметрично относительно продольной оси прицепа	-	то же	Ключ торцовый 13	2,5	Момент страгивания 30-35 Нм
4.6 Снять мотоцикл с платформы прицепа. Снять с платформы направляющие траверсы, убрать прицеп в штатное место для хранения, привести элементы прицепа в стояночное положение	-	то же	Гайковерт головка на 17 мм	3,5	Момент страгивания 15-25 Нм

Выводы по разделу:

Модернизация проектируемого прицепа заключается в применении в

процессе технического обслуживания устройства по транспортированию» [30] «автотранспортных средств. После установки мотоцикла на устройство для транспортирования необходимо проворачивать крепеж на необходимый угол. Поворот колеса на опорных роликах платформы, производится с целью увеличения прижимной силы. [20]

Зависимость (28) выражает устойчивость невозмущенного движения вообще (устойчив, неустойчив), т.е. поведение системы после снятия возмущающего воздействия, и не дает количественной оценки отклонения от начальной траектории при возмущении, хотя движение может быть асимптотически устойчивым (приближающимся к началу координат), а начальная точка траектории при возмущающем воздействии может быть за границей полосы движения. Для определения «практической» устойчивости необходимо знать максимальные отклонения траектории движения автомобиля при возмущающих воздействиях, т.е. угловую скорость ψ и боковое отклонение δ , а значит, решить уравнение движения относительно этих параметров с учетом правых частей. [37]

По величине ускорения при разгоне автомобиля можно судить о его тягово-динамических свойствах.»[1] «Поскольку эффективность тяговой силы автомобиля оценивается по отношению суммы тяговых сил всех колес к весу автомобиля: 0,53 и 0,47, стенды могут оборудоваться датчиками веса.» [22]

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования узла транспортного средства. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта. [36]

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

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

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

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

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

«В таблице 5 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПП.

Таблица 5 – Общие технические характеристики участка

«Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	С0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 400В
Выделенная мощность, кВА	40» [1]

В таблице 6 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.»[17]

Таблица 6 – «Осуществляемые на участке технологические процессы и операции»

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Должность работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительные операции	Резка металла, раскрой профтрубы	Слесарь 5-го разряда	Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь конструкционная в ассортименте
Операции механической обработки	Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка	Слесарь 6-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300»[17]	«Сталь конструкционная в ассортименте
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик 6-го разряда	Аргонодуговой сварочный инвертор Augora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	Сталь конструкционная в ассортименте
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-механик 6-го разряда	Пост сборки узлов и агрегатов	-
Подготовка к окраске	Шпатлевка, зачистка, шлифовка	Маляр 6-го разряда	Шлифовальная машина, » [1] круги шлифовальные различной зернистости	Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные
Окраска изделия	Нанесение лакокрасочного покрытия	Маляр 6-го разряда	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Нитроэмаль быстросохнущая

«Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.» [1]

5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

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

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

В таблице 7 приведены «профессиональные риски для участка механической сборки».

Таблица 7 – Профессиональные риски для участка механической сборки

Технологическая операция, вид выполняемых работ» [1]	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
«Механическая обработка деталей и изделий из металла	Повышенный уровень шума,	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры» [1]

	Статическая нагрузка	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Шум	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Ультразвук	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Вибрации	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
«Сварка	Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Сварочный аппарат
	Искры, брызги расплавленного металла	Материал детали
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат
	Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества	Материал детали
	Шум	Сварочный аппарат
	Ультразвук	Сварочный аппарат
	Статическая нагрузка	Сварочный аппарат
Подготовка к окраске и окраска	Испарение токсичных веществ	Нитроэмаль быстросохнущая
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco»[17]

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

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

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

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

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

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

«Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 8.» [1]

«Таблица 8 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения » [1] опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
«Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надеты совместно. » [1]

«Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования. Необходимо регулярно проводить оценку рисков,

контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности» [1] участка сборки

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

«В таблице 9 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

«Таблица 9 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

Наименование участка	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный участок	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	A – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	A – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	B – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легко воспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом» [1]

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных, обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей

реализуемых технологических процессов, в таблице 10 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

«Таблица 10 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня» [1]

Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

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

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;
- размещение планов эвакуации на видных местах;

- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования.

5.5 «Обеспечение экологической безопасности»

Обеспечение экологической безопасности сборочного участка – это комплекс мер, направленных на минимизацию негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.» [1]

«В таблице 11 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [19]

«Таблица 11 – Идентификация негативных экологических факторов»

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Агрегат транспортного средства	Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства» [1]

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа

предприятия и его конкурентоспособности.

Вывод:

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

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, пожарной безопасности и экологической безопасности проектируемого участка механической сборки. В результате анализа профессиональных рисков были выявлены потенциальные опасности, связанные с работой на станках, использованием ручного инструмента и перемещением грузов. Для снижения этих рисков предусмотрены установка защитных ограждений на станках, использование средств индивидуальной защиты, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды.

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку.

Для участка сборки предусмотрено следующее оборудование:

- стенды для сборки и столы, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;
- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;
- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

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

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;

- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;
- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;
- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;
- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики. [14]

6.2 Расчет затрат на расходные материалы

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

Таблица 12 – Расходные материалы сборочного участка

«Наименование материалов	Используемое количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб. » [1]
Прокат стальной в ассортименте, кг	7500	75	562 500
Металл листовой в ассортименте	7500	73	547 500
Вода технологическая, м ³	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Растворитель, л	12	350	4 200

Шкурка абразивная в ассортименте, м ²	40	325	13 000
Проволока сварочная, кг	750	130	97 500
Прочее	-	-	15 000
ИТОГО			1 723 100

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (50)$$

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

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

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 1.

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления

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

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

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных

средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения.

«Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 13.

Таблица 13 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб. » [1]
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка		$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * На}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$			60 000
ИТОГО					2 978 550

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

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь. [16]

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

«Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (51)$$

где M_i – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

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

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

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

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

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

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

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 14» [1] 3.

Таблица 14 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки

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

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot \mathcal{U}_2}{\eta} \quad (52)$$

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

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\Theta = \Theta_{\text{л}} + \Theta_{\text{св}} \quad (53)$$

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

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию. [4]

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

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

«Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочном участке включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.» [1]

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

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы.

Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

«Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки» [1]

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

«Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$Дзп = Озп \cdot Кд/100, \quad (54)$$

где» [1] «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

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

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

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (55)$$

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

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

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

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (56)$$

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

Суммарные издержки на участке»[7] сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на участке сборки

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

«Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 57.

$$\text{НЧ} = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \text{ » [1]} \quad (57)$$

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

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

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

Вывод:

В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной конструкции прицепа для изготовления прицепа, предназначенного для перевозки мотоцикла.

Заключение

В рамках данной работы была проведена разработка конструкции прицепа для перевозки мотоцикла, учитывающая специфические требования к безопасности, удобству использования и надежности. В процессе проектирования были проанализированы существующие конструкции, выявлены их преимущества и недостатки, и предложены усовершенствования, направленные на повышение эксплуатационных характеристик.

Разработанная конструкция прицепа обладает оптимальными габаритными размерами и грузоподъемностью, что позволяет безопасно и комфортно перевозить мотоциклы различных типов и размеров. Использование современных материалов и технологий обеспечивает прочность и долговечность прицепа, а также снижает его массу, что положительно влияет на расход топлива тягача.

Особое внимание уделено обеспечению безопасности при погрузке, транспортировке и разгрузке мотоцикла. Разработанная система крепления надежно фиксирует мотоцикл, предотвращая его перемещение и повреждение во время движения. Конструкция прицепа обеспечивает устойчивость на дороге и минимизирует риск опрокидывания.

Таким образом, разработанный прицеп для перевозки мотоцикла представляет собой комплексное инженерное решение, отвечающее современным требованиям к безопасности, надежности и удобству использования. Рекомендуется продолжить работу по созданию опытного образца и проведению испытаний в реальных условиях эксплуатации для подтверждения заявленных характеристик и дальнейшей оптимизации конструкции. Реализация данного проекта позволит удовлетворить потребность рынка в качественных и безопасных прицепах для перевозки мотоциклов, способствуя развитию мотоциклетной культуры и спорта.

Список используемых источников

- 1 Аверьянов, Е.А. Технология машиностроения. - М.: Машиностроение, 1985.
- 2 Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1988.
- 3 Андреев, Ю.Я. Анतिकоррозийная защита в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1986.
- 4 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. - М.: Машиностроение, 2006 – 920 с.
- 5 Арустамов Э. А. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. Электронный вариант. М.: «Дашков и К^о», 2002. 619 с.
- 6 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 7 Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. - М.: Машиностроение, 1993 – 217 с.
- 8 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 9 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 10 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 11 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 12 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
- 13 Гаджинский, А.М. Логистика. - М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000 – 234 с.

- 14 Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.
- 15 ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
- 16 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
- 17 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
- 18 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 19 Грузинов В.П. Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 152 с.
- 20 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.
- 21 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.
- 22 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
- 23 Дунченко, Н.И., Зайцев, С.А., Павлов, В.И. Детали машин. - М.: Высшая школа, 2005– 610 с.
- 24 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.
- 25 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.

- 26 Козлов, Б.А., Ушаков, И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Советское радио, 1975. – 224 с.
- 27 Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
- 28 Лахтин, Ю.М. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990.
- 29 Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т. - М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
- 30 Писаренко, Г.С., Лебедев, А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - Киев: Наукова думка, 1976. – 640 с.
- 31 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
- 32 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
- 33 Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов. - М.: Наука, 1986. – 512 с.
- 34 Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с
- 35 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.
- 36 Johnson M. Statistics and experiment planning in engineering and science/ M. Johnson, F. M. Lyon. – Mir, 1981. – 610 p.
- 37 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
- 38 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New - York - London, 1974.
- 39 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<i>Документация</i>									
A1			25ДППЭА.100.6100.000СБ	Сборочный чертеж					
A4			25ДППЭА.100.6100.000ПЗ	Пояснительная записка					
<i>Сборочные единицы</i>									
Б4	1		25ДППЭА.100.6100.0100	Рама в сборе	1				
Б4	2		25ДППЭА.100.6100.0200	Платформа в сборе	1				
Б4	3		25ДППЭА.100.6100.0300	Ступица колеса в сборе	2				
Б4	4		25ДППЭА.100.6100.0400	Колесо с шиной в сборе	2				
Б4	5		25ДППЭА.100.6100.0500	Устройство сцепное	1	ТК-175			
Б4	6		25ДППЭА.100.6100.0600	Ролик в сборе	4				
Б4	7		25ДППЭА.100.6100.0700	Опорное устройство	3				
Б4	8		25ДППЭА.100.6100.0800	Крыло в сборе	2				
<i>Детали</i>									
		8	25ДППЭА.100.6101011	Труба 63х63х1620 ГОСТ 380-75	1				
		12	25ДППЭА.100.6101012	Труба 63х45х1880 ГОСТ 380-75	1				
		9	25ДППЭА.100.6101013	Труба 40х25х1450 ГОСТ 380-75	1				
		10	25ДППЭА.100.6101014	Труба 40х25х150 ГОСТ 380-75	2				
		11	25ДППЭА.100.6101015	Труба 40х25х347 ГОСТ 380-75	2				
		12	25ДППЭА.100.6101016	Труба 40х25х150 ГОСТ 380-75	2				
		13	25ДППЭА.100.6101017	Кронштейн балки	2				
		14	25ДППЭА.100.6101018	Кронштейн ступицы	2				
25ДППЭА.100.61000									
Изм. Лист № докум. Подп. Дата									
Инв. № подл.	Разраб. Авдеев			Прицеп для перевозки мотоцикла			Лит.	Лист	Листов
	Проб. Турбин							1	3
	Н.контр. Турбин						ТГУ, ИМ		
	Утв. Бобровский						гр. АТС-2001а		
Копировал							Формат А4		

Рисунок А.1 – Спецификация на прицеп для перевозки мотоцикла

