

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 передвижного подъемника для спортивного болида  
«Формула-Студент»

Студент

В.П. Моисеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

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

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических процессов сборки и перемещения опорных рам спортивных болидов с применением передвижного подъемника.

В процессе работы над дипломным проектом проведены исследования технологического процесса сборки, транспортировки болидов с использованием передвижного подъемника ножничного типа. Проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей, как производимых самостоятельно, так и закупочных.

Согласно технологическим и прочностным расчетам разработаны и оформлены конструкторские чертежи, которые представлены в настоящей работе. Разработка технологии и оборудования подкреплена экономическим эффектом, расчет которого приведен в специальной главе и, несомненно, соответствует требованиям безопасности и экологичности.

Во введении представлены материалы, отражающие актуальность настоящих разработок, сформулированы цель и задачи настоящих разработок.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы состоит из следующих специальных разделов: Расчет элементов опорной конструкции для подъемника болида. Технологический процесс сборки и соединения деталей с элементами рамы. Конструкторско - графический раздел. Экологичность технологического процесса и безопасность труда. Расчет экономической эффективности прогрессивной технологии.

В дипломном проекте, представлена усовершенствованная планировка платформы учебно-производственного отделения «Формула-Студент». В производственном помещении спланирована эксплуатационная зона для базирования подъемника.

## **Abstract**

This final qualification work is devoted to the development of technological processes for the Assembly and movement of support frames for sports cars using a mobile slipway. In the process of working on the diploma project, research was conducted on the technological process of Assembly and transportation of fireballs using a mobile scissor-type slipway. Technological calculations of structural elements, analysis and selection of components, both independently produced and purchased, were carried out.

According to the technological and strength calculations, the design drawings that are presented in this paper are developed and executed. The upgrade of technology and equipment is supported by the economic effect, the calculation of which is given in a special Chapter and, of course, meets the requirements of safety and environmental friendliness. The introduction presents materials that reflect the relevance of these developments, formulated the purpose and objectives of these developments.

The explanatory note of the final qualifying bachelor's work consists of the following special sections: Calculation of elements of the support structure for the car. The technological process of assembling and joining parts of the pile with elements of modernization of technological parameters. Design and graphic section. Environmental friendliness of the technological process and labor safety. Calculation of the economic efficiency of advanced technology.

In the diploma project, an improved layout of the platform of the educational and production Department "Formula-Student" is presented. In the production room, an operational zone for the slipway is planned.

## Содержание

Введение .....	6
1 Командный проект «Формула студент ТГУ» .....	8
1.1 История основания и развития проекта .....	8
1.2 Студенческие автогонки .....	13
1.3 Проектно-производственная мастерская «FS» .....	18
1.4 Перечень значимых функций мастерской проектов «FS» .....	21
1.5 Условия сборки каркаса спортивной машины .....	22
2. Тяговый расчет действующего автомобиля «FormulaStudent» .....	24
2.1 Расчет динамических свойств автомобиля .....	24
2.2 Определение передаточного числа главной передачи .....	27
2.3 Динамическая характеристика автомобиля .....	29
2.4 Разгонные характеристики болида .....	30
2.5 Расчет времени и пути разгона .....	32
2.6 Мощностной баланс автомобиля .....	35
2.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля .....	37
3 Разработка конструкции .....	39
3.1 Техническое задание .....	39
3.2 Техническое предложение .....	41
3.3 Предварительный проектный расчет .....	47
3.4 Основные элементы конструкции .....	48
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	52
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	52
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков .....	55
4.3 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера .....	55
4.4 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях .....	63

5 Расчет экономической эффективности подъемника для спортивного болида «Формула-Студент» .....	65
5.1 Определение себестоимости изготовления .....	65
5.2 Определение «затрат на выплату заработной платы .....	66
5.3 Определение» [2] затрат на содержание и эксплуатацию оборудования .....	68
5.4 Определение общей суммы затрат на изготовление конструкции подъемника для спортивного болида .....	69
Заключение .....	70
Список используемых источников .....	71
Приложение А Спецификация .....	77

## Введение

Сообщество автомобильных инженеров (SAE) или «Формула Студент» было создано в конце семидесятых годов прошлого столетия (1978 г.) как система соревнования между студентами инженерно-технических направлений обучения. И только через три года были проведены первые командные соревнования.

В настоящее время командные соревнования «Формула Студент» приобрели широкомасштабный мировой уровень, где участвуют болиды четырех классов:

- с углеводородными приводами;
- комбинированными (гибридными) приводами;
- электрическими приводами;
- Баха SAE (ранее miniBaja).

Инициатива создания проекта «Formula-Student» принадлежит американским инженерам – автомобилистам ассоциации SAE. Ими разработаны нормативные правила, согласно которым соревновательный проект реализуется с периодичностью 1 год. С целью развития проекта ежегодно проводят обновление команд и формулируют современные и оригинальные задачи для членов ассоциации.

Проект «Formula-Student» имеет значительные преимущества перед другими соревновательными студенческими системами, так как здесь участника могут проявить не только свои знания, но и свои способности в организации и управлении, в решении технических и инженерных задач, экономических вопросах. Проект дает возможность реализации участникам личных творческих идей как технического, так и маркетингового и рекламного характера.

Первыми участниками соревновательного проекта «Formula-Student» были студенты Московского автодорожного института (сейчас «МАДИ»). Студенческая команда будущих инженеров этого университета приняла

участие в соревнованиях еще в 2006г, после того как доцент кафедры инженерной педагогики С.В. Сафроненков вернулся из Европы. Международные соревнования впечатлили преподавателя, и он был полон энтузиазма развивать данный проект в России. В 2005 году Сафроненков нашел среди студентов последователей своих идей, целеустремленных и творческих личностей, которые объединились в команду под названием SEG-MADI. Совместными усилиями студентов и преподавателей был создан первый Российский болид FSM-1-600. Этот автомобиль прошел все стадии технического контроля и испытания на выносливость в Германии в 2006 г.

Конечно, огромная заслуга в успешном прохождении этапов соревнования принадлежала главному конструктору русского болида Александр Блинков.

С этого момента проект «Формула студент» стал завоевывать популярность в нашей стране. Через шесть лет на соревнованиях «Formula-Student», проходивших в Италии уже семь Российских команд представило свои оригинальные разработки. В начале учебного 2013 года, кроме коллектива из МАДИ, в соревнованиях принимали участие команды (Екатеринбург) следующих университетов: МАМИ, РУДН, МГТУ им. Баумана – все три Московские университеты; НГТУ (Новосибирск), ТИУ(Тюмень), УРГУПС (Екатеринбург). На этом этапе соревнований в Италии лучший результат показала дебютировавшая команда МГТУ им. Баумана, уровень их выступления был сравним с результатами опытных команд, неоднократных призеров соревнований.

# **1 Командный проект «Формула студент ТГУ»**

## **1.1 История основания и развития проекта**

Основная задача инженерного сообщества студентов – это собрать оригинальный болид по собственному проекту и принять участие в соревнованиях в группе автомобилей конкретного типа. Конечно, команда будущих инженеров должна самостоятельно разработать техническую и конструкторскую проектные документации для своего автомобиля, выбрать все узловые детали, собрать автомобиль по собственной технологии, и все это должно соответствовать регламенту соревновательного международного проекта. Кроме того, важно учитывать экономическую целесообразность своего проекта, и может быть даже подготовить бизнес-план для производства небольших партий своих спортивных автомобилей.

Своим рождением инжиниринговый проект «Formula-Student» обязан американским инженерам – автомобилистам из Хьюстонского университета. Инициативная группа проекта начала свою работу в 1981 году. По прошествии трех десятилетий проект приобрел международный масштаб и завоевал огромную популярность у современных студентов высших учебных заведений. Импульсом для начала проекта стали спонтанные развлекательные соревнования студентов Техаса, которые выступали на газонокосилках, модернизированных в багги еще в 1978г.



Рисунок 1 – Первый Российский болид Формула Студент команды МАДИ

Как упоминалось выше, первооткрывателями соревнований стала команда МАДИ, их первый гоночный болид вошел в историю развития Российского проекта и представлен на рисунке 1. Вторыми были студенты из Московского Машиностроительного Университета. Команды этого университета в настоящее время являются постоянными участниками соревнований, добиваются неплохих результатов и прогрессируют в техническом плане. Их первый гоночный автомобиль представлен на рисунке.2.



Рисунок 2 – Болид - первенец команды из МАМИ

Представленный на рисунке 3 первый болид ТГУ, был спроектирован и собран в экспериментальной производственной лаборатории университета. Первое детище команды тщательно выверялся с регламентными требованиями международных соревнований. «Благодаря победам студенческой команды в конкурсных номинациях соревнований российских этапов, был засвидетельствован сравнительно высокий профессиональный уровень выполненных работ» [3].

Вслед за москвичами проект поддержали в Тольяттинском Государственном Университете. Наша тольяттинская команда была третьей Российской командой, принявшей участие в создании оригинального болида. История развития проекта «Формула студент» началась в 2007 г, когда была создана первая команда ТГУ «SPC Formula». Студенческая команда ТГУ впервые заявила на участие в международных соревнованиях «Formula Student» как проектанты гоночных автомобилей в 2008 году.

Первый тольяттинский болид назвали Sprint 01 (см. рисунок 3), он был представлен на международной промышленной выставке в Самаре в 2009г.и соответствовал всем требованиям регламента проекта и безопасности в том числе. В этом же году была поддержана инициатива тольяттинской команды и проведен российский этап соревнований, где участвовали команды всего из трех, вышеназванных университетов. А при поддержке мера Тольятти Пушкина и создан второй, усовершенствованный болид Sprint 01M, который и был представлен на первых российских соревнованиях (рисунок 4).



Рисунок 3 – Первый гоночный автомобиль команды ТГУ проекта «формула-студент»



Рисунок 4 – Первые болиды Тольяттинского государственного университета 2008 и 2009 гг.

Сезон 2013 был отмечен значительной активностью российских команд, их уже было 7. Их коллективная фотография представлена ниже (рисунок 5).

Инженерно-технические соревнования приобрели широкомасштабный размах в 2014 году, когда был организован российский этап «Formula Student Russia». Технические характеристики, безопасность и гонки на выносливость оценивали судьи мирового класса, специально приглашенные на мероприятие. Соревнования прошли с 4 по 7.09.14 на автодроме ADM Raceway. «Уже в 2015 году на Всероссийском Форуме «Студенческих инженерных проектов» ([www.fs-forum.ru](http://www.fs-forum.ru)) присутствовали 27 команд из разных ВУЗов» [7]. А в 2016 году было проведено семь официальных этапов соревнований в различных странах мира: Германии, Чехии, Испании, Венгрии и т.д. На соревнованиях в г. Тольятти (Российский этап) приняли участие 37 команд со всего мира.



Рисунок 5 – Команды на соревнованиях Formula Student Italy 2013

Участники инженерно-технических соревнований проекта Formula SAE решают непростые комплексные задачи. Учащиеся высших учебных заведений занимаются как технической стороной вопроса-конструированием и проектированием гоночных облегченных автомобилей, и защищают свои разработки на соревнованиях. Так же они реализуют свои проекты в

реальной жизни - подбирают детали, собирают автомобиль. Более того, создавая автомобиль они должны учитывать его проходимость, устойчивость, надежность и безопасность, чтобы показать хорошие результаты на этапе гонок. И здесь существует огромный простор для воплощения их творческих идей.

## **1.2 Студенческие автогонки**

В этом году инженерно- спортивному проекту, созданному организацией инженеров- автомобилистов Society of Automotive Engineers, исполняется 42 года. В России эти соревнования завоевали большую популярность под названием «Формула Студент». Магистранты и студенты ВУЗов объединяются в инженерное сообщество, которое занимается разработкой конструкторско-технической документации, экономическим обоснованием, сборкой болида и его испытаниями. Используя собственные технические знания, творческий подход к решению инженерных задач команда совершенствует гоночный автомобиль определенного класса до технического состояния, соответствующего регламенту международных соревнований. Необходимо отметить еще одну важную цель проекта – всестороннее образование участников проекта. В процессе работы по созданию оригинального болида студенты получают необходимые в их дальнейшей профессиональной деятельности технические навыки, маркетинговый опыт, умения последовательно проходить путь от теоретических разработок до реального продукта. В совокупности со знаниями, получаемыми в процессе обучения, это способствует повышению их квалификации и мастерства как специалистов в машиностроительной области. Опыт, приобретенный во время разработки и создания болидов, является уникальным и дает будущим инженерам большое преимущество на рынке труда. Многие технические корпорации и более мелкие фирмы стремятся приобрести таких специалистов и даже вырастить их, оказывая

всестороннюю поддержку в экономическом, информационном и техническом плане.

Инициаторами спортивно-технических соревнований выступили студенты Техасского университета и сформировали из отдельных любителей гонок на болидах организованные сообщества. Первые 6 команд состязались в технических и спортивных достижениях в 1981 году. В настоящее время состязания проводят для различных серий гоночных автомобилей. В основном, это три класса болидов:

К первому классу относят внедорожники малого веса - «Мини-Баха».

Ко второму классу «Формула Студент» относят болиды с углеводородными или электрическими приводами.

К 3 классу «Формула Гибрид» относят гоночные легкие автомобили с силовой установкой гибридного типа.

В настоящее время интенсивно развиваются такие направления проекта как беспилотные летательные аппараты, снегоходные аппараты различных типов, суперэкономичные автомобили «Supermileage». По перспективам развития всех превосходят гоночные автомобили класса «Formula Electric».

Официальные соревнования в США представлены тремя сериями, из которых наиболее широкомасштабным является серия штата Мичиган. В последние годы на Мичиганском этапе в состав 120 команд, участвующих в студенческих состязаниях, вошло более 2000 будущих инженеров.

Значимый авторитет на международной арене имеют этапы Formula SAE, проводимые в Германии, Японии, Италии, Бразилии и Австралии. Однако, элитарными и самыми престижными считаются выступления команд на трассе в Сильверстоуне, Великобритания. Завоевывают свою популярность и неофициальные состязания, организованные в Австрии, Испании, Венгрии и некоторых других странах.

Российские соревнования «Formula Student» имеют достаточный авторитет и признание во всем мире, и потому собирают большое количество команд из университетов стран Запада и Востока. Международные

соревнования способствуют тесному общению студентов из различных вузов мира, обмену опытом и знаниями, а значит содействуют совершенствованию их технических проектов и всестороннему развитию их личности. Работа над проектом болида никак не входит в состав основного учебного процесса и занимает много времени. Несмотря на это, работа в команде над созданием гоночного автомобиля захватывает учащихся настолько, что становится главным увлечением жизни, практикой креативного направления.

В состав студенческой команды «Формула Студент» ТГУ как правило входят до сорока учащихся. Остов творческого сообщества образуют студенты кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» нашего университета.

Конструирование и технология сборки стапеля для спортивного болида является основной технико- исследовательской темой настоящей выпускной квалификационной работы. Болид – это легкий каркасный автомобиль, предназначенный для гонок по пересеченной местности. Именно каркас болида является его основой, которая несет основную нагрузку. Конструкционная прочность каркаса обеспечивается сочетанием различных механических свойств, таких как прочность, вязкость, выносливость, упругость и др. Подбирая материалы для конструкций и деталей, способы их соединения и крепления, нужно учитывать необходимость комбинирования достаточной легкости автомобиля с его надежностью, прочностью и устойчивостью. Технология сборки болида должна соответствовать регламенту соревнований и обеспечивать точность и высокую скорость работ. Важно учесть все нюансы технологи сборки еще на стадии конструктивной разработки. Опыт показал, что применение сборного стапеля делает процесс сборки болида более точным и, соответственно, способствует повышению качества всей технической системы, что позволит добиться команде более высоких результатов на соревнованиях «Формула-студент».

Все этапы разработки болида должны соответствовать основному документу проекта - регламенту. Регламент содержит последовательный список этапов соревновательного проекта от первого - разработка конструкторского проекта гоночного автомобиля, до последнего – план-схема движения по трассе. Наряду с основными мероприятиями «Формулы-студент» проводятся уникальные экономические и маркетинговые пиар-компанияи. В связи с чем, существует необходимость присутствия в команде не только инженеров-машиностроителей и технологов, но и специалистов других направлений, например экономистов, юристов, менеджеров, художников, журналистов и т.п. Капитан команды определяется в процессе сотрудничества и общения членов команды, как правило, это человек с выраженными лидерскими качествами, высокой культуры общения и высокого интеллектуального уровня. Состав команды подбирается в зависимости от поставленных задач и психологической совместимости личностей. Структурные подразделения проекта и их взаимодействие между собой схематично показаны на рисунке 6. Студенты, участники проекта, формируются в группы согласно их деятельности, хотя смысловая нагрузка их работы и специализация решаемых задач может меняться в каждом новом проекте.

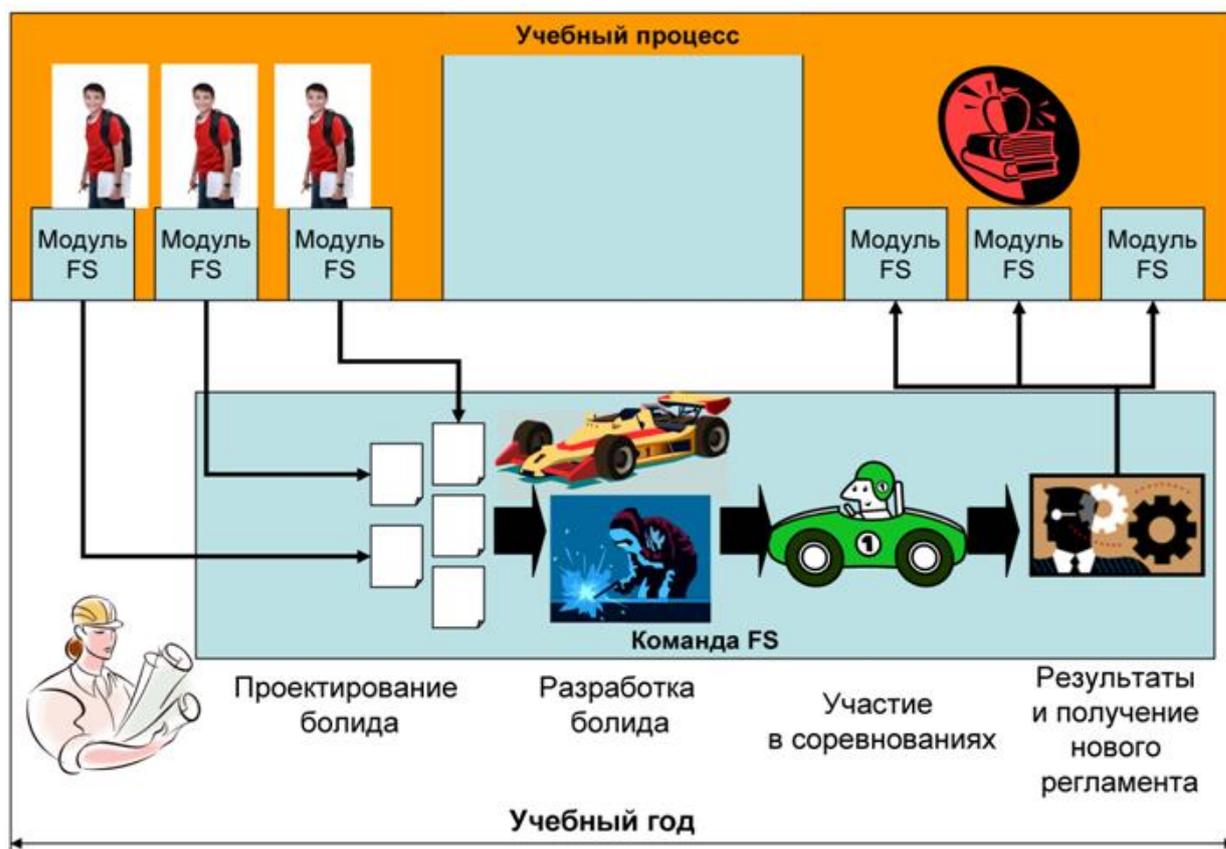


Рисунок 6 – Схема взаимодействия структурных подразделений, участвующих в проекте «Формула –студент»

Ежегодно может происходить обновление состава команды, приходят новые студенты и аспиранты с уникальными предложениями, способностями и возможностями, а выпускники вуза покидают проект. Но полного расформирования команды не случается даже по окончании проекта. Смена командного состава может достигать 50%, что обеспечивает и обновление, и стабильность сообщества. Сочетание двух последних факторов создает условия для эффективной и творческой работы по достижению поставленной цели всей учебно-технической мастерской.

Экспериментальная техническая мастерская является одним из элементов образовательного процесса, хотя проектная деятельность «Формула-студент» отсутствует в основном учебном плане вуза. Работа студентов в проектно-производственной лаборатории по созданию нестандартной технической системы проходит без отрыва от основного

учебного процесса [4]. Нестандартный характер обучения, практическая работа, нацеленная на конкретный результат, делают невозможным массовое участие обучающихся университета в разработках.

Создание гоночного болида и его сборка не является конечной целью проекта. Оригинальный автомобиль еще необходимо доработать согласно требованиям регламента, провести защиту своего проекта и испытать его на гонках. Именно соревновательный аспект выступлений позволяют выявить инженерную смекалку, творческую находчивость, техническую подготовленность университетских команд различных стран и городов.

Программа выступлений содержит два основных аспекта соревновательных этапов – это статический и динамический. Судьи оценивают команды после каждой регламентированной серии выступлений: презентация проекта, технический доклад о конструктивных особенностях гоночного авто, анализ технических оригинальных решений, экономический анализ, надежность и выносливость авто на гонках и его скоростные характеристики [1].

### **1.3 Проектно-производственная мастерская «FS»**

Ключевыми задачами, приводящими разработчиков к конкретному результату, являются технико-графическое оформление разработок, осуществление сборочного процесса болида, регулировка основных узлов и испытание авто. Все этапы задуманы и реализуются как обучающая программа, являющаяся частью специальных дисциплин учебного процесса.

Некоторые плановые дисциплины преподают в альтернативном варианте в университете с целью наполнения участников команды теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для создания оригинального болида.

Недавно в ТГУ нашла свое воплощение многолетняя задумка о создании проектно- производственной мастерской, «как отдельной

модульной единицы ядра «SPC Formula TGU» [31]. Кроме того, производственная мастерская несет на себе нагрузку и образовательного процесса. По форме и структуре мастерская соответствует проектному центру. На рисунке 7 схематично представлена практико-ориентированная площадка Тольяттинского государственного университета.

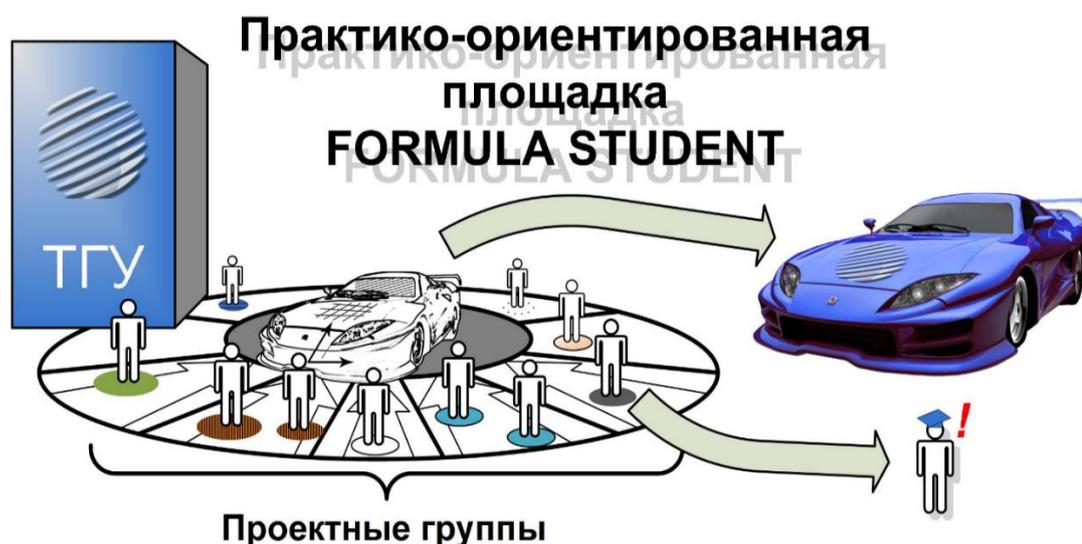


Рисунок 7 – Площадки мастерской проектно-производственного центра «Formula Student»

Проектный центр «FS» создавался, в основном, для выполнения работ, связанных с подготовкой конструкторской и технологической документации проекта и разработки комплектующих элементов и узлов технического агрегата. Эти работы являются основополагающими, потому что сборка болида без конструкторско- проектной документации недопустима и нереальна. На площадках проектного центра решается одна из важнейших задач – создание современного и эстетичного экстерьера автомобиля. «Трёхмерная графика в CAD-моделях активно используется при разработке элементов проектируемых машин. Обязательная отчётность в виде информационно-аналитических данных представляется пояснительными записками, наборами диаграмм или презентационными результатами испытаний технических характеристик проектируемых моделей. В помощь

при получении документированного результата используются современные системы САЕ» [24]. Результаты технических исследований оформляются в виде расчетного документа, параллельно подготавливаются и финансово-экономические отчеты. При разработке гоночного автомобиля оформляются презентации членов команды по техническому и рекламному направлениям.

Вышеперечисленные этапы проектирования и создания болида являются непрерывными задачами проектно-производственного центра. Процесс создания гоночного автомобиля постоянно сопровождается принятиями организационных и инженерных решений, которые представляют собой неотъемлемую часть общей творческой работы.

### **1.3.1 Постановка задач по проектированию**

Разработка болида и его воплощение в реальный технический продукт происходит в соревновательной форме участников команды. Для чего все задачи, поставленные перед командой, сначала разделяют по видам (направлениям), а затем еще и по сложности. Первостепенные задачи, непосредственно относящиеся к конструированию и производству авто, принято классифицировать на инженерные и организационные. Наиболее актуальные и доминирующие задачи — это доводка и настройка отдельных узлов технической системы, и монтаж болида.

### **1.3.2 Организация работ в мастерской «FS»**

Производство гоночных машин на экспериментальном участке, представленном на рисунке 8 мастерской невозможно без четко отработанных связей между исполнительными отделениями.



Рисунок 8 – Производственные отделения участка FS

#### 1.4 Перечень значимых функций мастерской проектов «FS»

1. Разработка и оформление проектно-технической документации по стандартам регламента проекта «Формула- студент» SAE.

2. Обеспечение финансовой поддержки проекта. Решение данной задачи возможно путем привлечения спонсоров, получения грантов, получение заработка от дополнительных производств, и даже личного вклада участников проекта.

3. Построение легкого гоночного автомобиля, конкурентно-способного на соревнованиях «Formula-Student».

4. Адаптирование производственного процесса создания болида к образовательному процессу, как практико-ориентированной формы обучения.

5. Формирование команды проекта «Formula-Student».

Создание университетской команды «FS» является точкой отсчета для начала проекта. Участники команды структурируются в специализированные группы, занимающиеся решением конкретных вопросов. Научный руководитель и капитан команды формулируют задачи для каждой группы. Из числа преподавателей учреждают куратора, ответственного за проект.

Каждая группа в команде отвечает за свое направление, имея конкретную цель. По результатам их работы оценивается продуктивность каждой группы.

Достижение общей цели происходит через взаимодействие различных отраслевых направлений. Слаженная работа отдельных групп команды обеспечивается четкой постановкой технических заданий для каждого направления проекта. При возникновении затруднений и разногласий, все вопросы разрешаются путем обсуждения на коллективном собрании.

### **1.5 Условия сборки каркаса спортивной машины**

Разрабатывая техническую концепцию нового гоночного автомобиля и осуществляя его проектирование и сборку, учащиеся получают опыт и приобретают умения по многим инженерным направлениям обучения.

Сначала студенты создают план-проект, где определяют особенности и преимущества своей версии авто, осуществляют планирование производства и выполняют экономические расчеты. Затем разрабатывают дизайн автомобиля с учетом эргономики водительского места, создают опытный прототип, согласовывая свои идеи с новейшими технологиями в производстве всех технических узлов авто- двигателя, коробки передач, системы управления и т.п. При разработке проекта участники рассматривают возможности снижения аэродинамического сопротивления воздуха, уменьшения веса авто, увеличения прочности и устойчивости. Решение всех вышеназванных вопросов, требует от студентов широкого кругозора и знаний по таким дисциплинам, как механика, сопромат, материаловедение, физика прочности, сварка, экономика, технология машиностроения, организация производства, рекламное дело, логистика и многих других.

Технология сборки болида подразумевает необходимость мобильности каркаса автомобиля в производственном помещении цеха или мастерской при осуществлении различных операций. Настоящая работа представляет собой один из вариантов решения данной проблемы. Стальной каркас

гоночного авто вместе с остальными системами весит около 350 килограмм, а его длина составляет 2.5 метра.

Такую достаточно тяжелую конструкцию необходимо закрепить на опорных элементах и обеспечить ее нетрудное перемещение, целесообразное для определенного вида работ: окраски, сварки, установки конструктивных узлов, крепления деталей и т.п.

Тщательный анализ конструктивных характеристик технических узловых элементов конструкции и технологического процесса сборки и их совершенствование позволил добиться более высокого уровня эффективности эксплуатации оборудования при полном соблюдении экологических и пожарных норм и обеспечении безопасности труда.

Выводы по разделу:

В работе представлены разработки устройства, предназначенного для таких перемещений, которое позволяет еще и располагать каркас на различных высотах, что обеспечивает удобство сборки. Вариантом такого подъемного устройства является ножничный складной механизм с рабочим столом, на котором закрепляется каркас болида. Данное устройство, устанавливается на колеса, что обеспечивает легкость передвижения и экономичность конструкции. «Работы, проводимые с помощью данного устройства, могут быть связаны со снятием – установкой колес, регулировкой тормозов, настройкой подвесок. Преимущества ножничных механизмов состоят в их компактности, малых габаритах, быстродействии механизмов и простоты эксплуатации. Они обладают малой массой и стоимостью, их удобно хранить и обслуживать» [23].

## 2 «Тяговый расчет автомобиля «Formula Student»

### 2.1 Расчет динамических свойств автомобиля

Общие исходные данные автомобиля «Formula Student» (получены в ходе конструкторско-технологической практики). Расчет производится в соответствии с методикой, описанной учебным пособием [13].

Подготовка исходных данных для расчета:

Геометрические размеры автомобиля:

Длина – 2510 мм, ширина – 1456 мм, высота – 1140 мм.

Исходя из геометрических размеров автомобиля, определим площадь его поперечной геометрической проекции» [32]:

$$F = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z$$

(1)

$$F = 0,8 \cdot 1,456 \cdot 1,140 = 1,332 \text{ м}^2$$

«Определим радиус качения шины размерности 165/70R13 устанавливаемой на автомобиль «FormulaStudent».

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B),$$

(2)

где  $d$  – установочный диаметр шины в м.,  $\lambda_z = 0,85$  – коэфф. деформации шины,  $B$  – высота шинного профиля.» [28]

$$r_k = 0,5 \cdot 13 \cdot 0,0254 + 0,85 \cdot 0,75 \cdot 0,2 = 0,267 \text{ (м.)}$$

Определим полную массу автомобиля «Formula Student».

$$m_A = m_0 + n \cdot m_{\Pi} + n \cdot m_6, \quad (3)$$

где  $m_{\Pi} = 75$  кг (масса одного пассажира),  $m_6 = 10$  (масса багажа на одного пассажира),  $n=1$  (количество человек).

$$m_A = 225 + 1 \cdot 75 = 300 \text{ (кг)}.$$

Полный вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g$$

(4)

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

«Для заднеприводной компоновки автомобиля (ведущих задних колес), принимается распределение осевой нагрузки в соотношении 46% на передних колесах и 54% на задних.» [12]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$F = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:» [3]

«Коэфф. полезного действия трансмиссии принимаем:  $\eta_{\text{тр}} = 0,85$ .

Коэффициент сопротивления качению принимаем:  $f_0 = 0,045$ .

Коэффициент сцепления колеса с дорогой, принимаем для дорожного покрытия – сухой асфальтобетон:  $\varphi = 0,8$ .

Коэффициент аэродинамического сопротивления, принимаем для автомобиля «Formula Student»:  $C_x = 0,32$ .

Показатели сопротивления воздуха

«Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}$$

(5)

где  $\rho = 1,293$  – плотность воздуха в нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ .»

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

Передаточные числа трансмиссии для расчета действующей комплектации автомобиля «Formula Student», принимаем (данные получены на практике» [21]):

$U_1 = 2,5$ ;  $U_2 = 1,75$ ;  $U_3 = 1,33$ ;  $U_4 = 1,095$ ;  $U_5 = 0,956$ ;  $U_6 = 0,869$ ;

$U_{\text{гп.}} = 3,46$ .

«Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной принятой скорости движения:»[2]

$$N = N_{\max} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 + c\lambda^3)$$

(6)

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – эмпирические коэффициенты ( $a = b = c = 1$  для карбюраторного двигателя),

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{837,76}{733,04} = 1,14$$

$$N_v = 43011 \cdot (1,14 + 1,14^2 + 1,14^3) = 41207 \text{ Вт}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right)$$

(7)

Для построения кривой эффективного момента  $M_e$  применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}$$

(8)

Рассчитываем зависимости  $N_e(\omega_e)$  и  $M_e(\omega_e)$ . Результаты расчетов сводим в таблицу «1 и представляем в виде графика.

Ниже, представлена характеристика в табличном виде (таблица 1) и в виде графика (рисунок 9).

Таблица 1 – Результаты расчета внешней скоростной характеристики» [14]

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e(\omega_e)$	$M_e(\omega_e)$	
3000	314,1592653	14,2472308	45,8002519	
3500	366,5191429	16,7843017	46,3060082	
4000	418,8790205	19,5359384	47,2956151	
5000	523,5987756	29,5907479	57,2389569	
5500	575,9586531	35,3320922	62,3126421	
6000	628,3185307	37,6326608	60,7641359	

6500	680,6784082	41,4567934	61,8221759	
7000	733,0382858	43,0106837	59,5609494	
8000	837,7580409	42,9999649	52,22135	

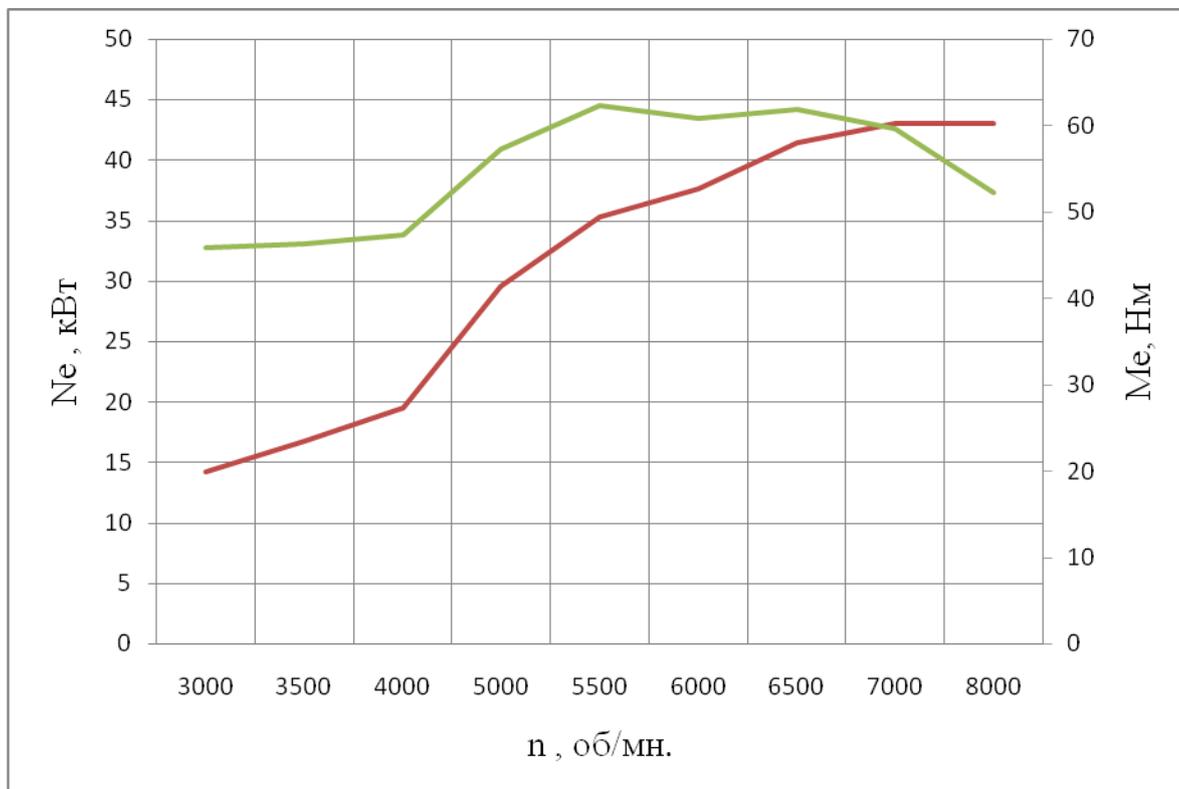


Рисунок 9 – Внешняя скоростная характеристика двигателя автомобиля

## 2.2 «Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи  $U_0$  определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля  $V_{\max}$  :

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{u_k \cdot V_{\max}} \quad (9)$$

где  $u_k = u_3 = 0,87$  – передаточное число высшей передачи в коробке передач автомобиля, на которой обеспечивается максимальная скорость;

$$U_0 = \frac{0,267 \cdot 837,758}{0,87 \cdot 74,4} = 3,46$$

Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи, принятой в задании на курсовой проект  $u_0=3,46$ .» [22]

«Дальнейшие расчеты проводим по повышенному ряду передаточных чисел (повышенная передача в раздаточной коробке).

Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_D + F_B + F_{\text{И}} \quad (10)$$

где  $F_T$  – сила тяги ведущих колес, Н;

$F_D$  – сила дорожного сопротивления, Н;

$F_B$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$F_{\text{И}}$  – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{\text{Тг}} = \frac{U_{\text{ки}} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{\text{ГП}}}{r_k} \quad (11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2 \quad (12)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_D = G_A \cdot f$$

(13)

где  $f = f_0 \cdot (1 + \frac{V_a^2}{2000})$  – зависимость коэффициента трения качения от

скорости движения автомобиля.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями  $\omega_e$ , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Результаты расчетов занесем в таблицу 2 и на графиках рисунка 10» [9]

Таблица 2 – Результаты расчета баланса сил на разных передачах

$\omega_e$	314,16	366,52	418,88	523,60	575,96	628,32	680,68	733,04	837,76
$M_e$	45,80	46,31	47,30	57,24	62,31	60,76	61,82	59,56	52,22

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

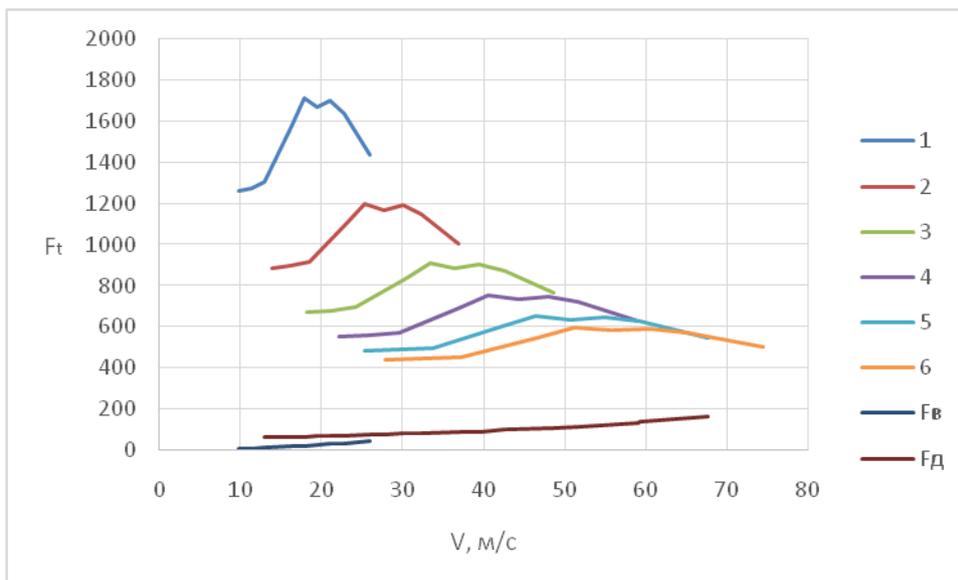


Рисунок 10 – Графики тягового баланса автомобиля

### 2.3 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A} \quad (14)$$

Данные расчета представлены в таблице 3 и на графиках рисунка 11.

Для учета влияния момента пробуксовки ведущих колес, динамический фактор сцепным свойствам определяется:

$$D_{сц} = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A} = \frac{1471,5 \cdot 0,8}{2943} = 0,4$$

Таблица 3 - Динамические характеристики расчета

$\omega_e$ , рад/с	Динамический фактор <b>D</b>					
	I	II	III	IV	V	VI
314,16	0,393	0,273	0,203	0,163	0,137	0,121
366,52	0,397	0,274	0,203	0,161	0,134	0,116
418,88	0,405	0,278	0,204	0,160	0,131	0,112
523,60	0,489	0,334	0,243	0,187	0,150	0,125
575,96	0,531	0,363	0,262	0,200	0,159	0,130
628,32	0,516	0,351	0,250	0,187	0,145	0,115
680,68	0,524	0,354	0,250	0,184	0,139	0,106
733,04	0,503	0,337	0,234	0,167	0,121	0,087

837,76	0,436	0,286	0,189	0,122	0,073	0,037
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

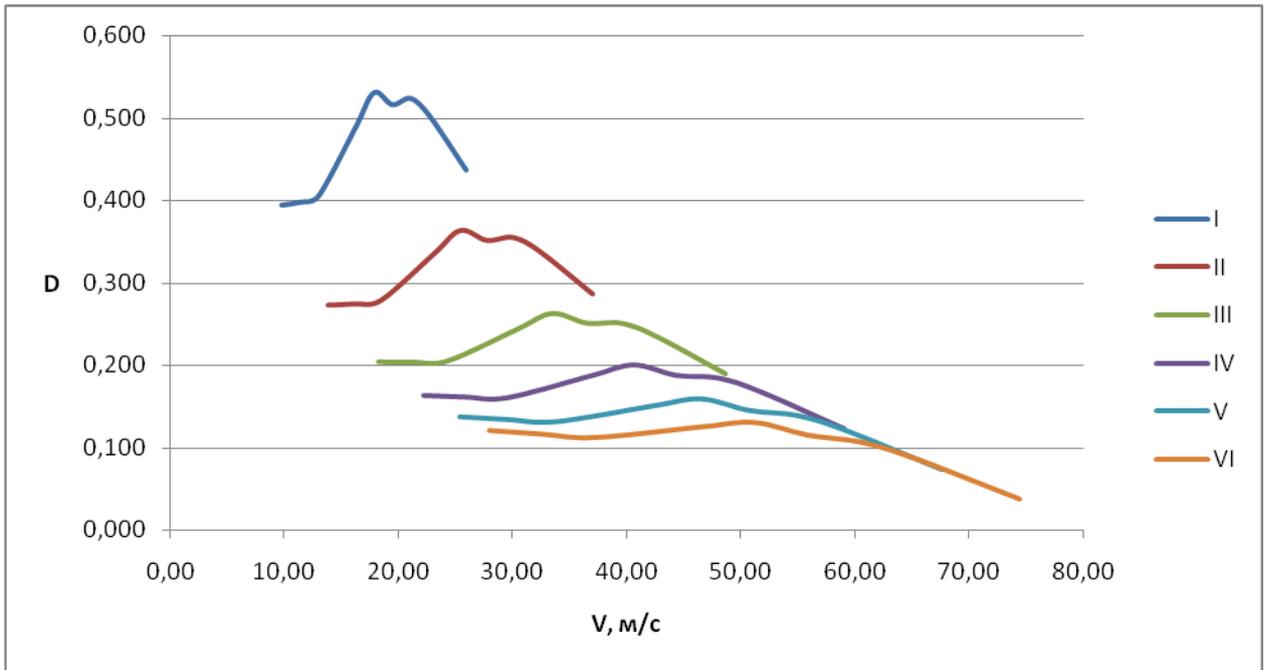


Рисунок 11 – Динамические характеристики передач трансмиссии

## 2.4 Разгонные характеристики болида

Для режима «разгона определяются значения ускорений при движении автомобиля на горизонтальном участке дороги. Предусматривается, что дорога обладает твердым покрытием хорошего качества. Режим максимального использования мощности двигателя и отсутствие пробуксовки ведущих колес. Значения ускорений определяются выражением:»

$$j = \frac{(D-f) \cdot g}{\delta_{RP}} \quad (15)»$$

[5]

где  $\delta_{RP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2)$  – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс двигателя. Он определяется отдельно для каждой передачи:

$$\delta_{KP1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,5^2) = 1,3625$$

$$\delta_{KP2} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,75^2) = 1,2031$$

$$\delta_{\text{КР3}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,33^2) = 1,1384$$

$$\delta_{\text{КР4}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_4^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,095^2) = 1,1099$$

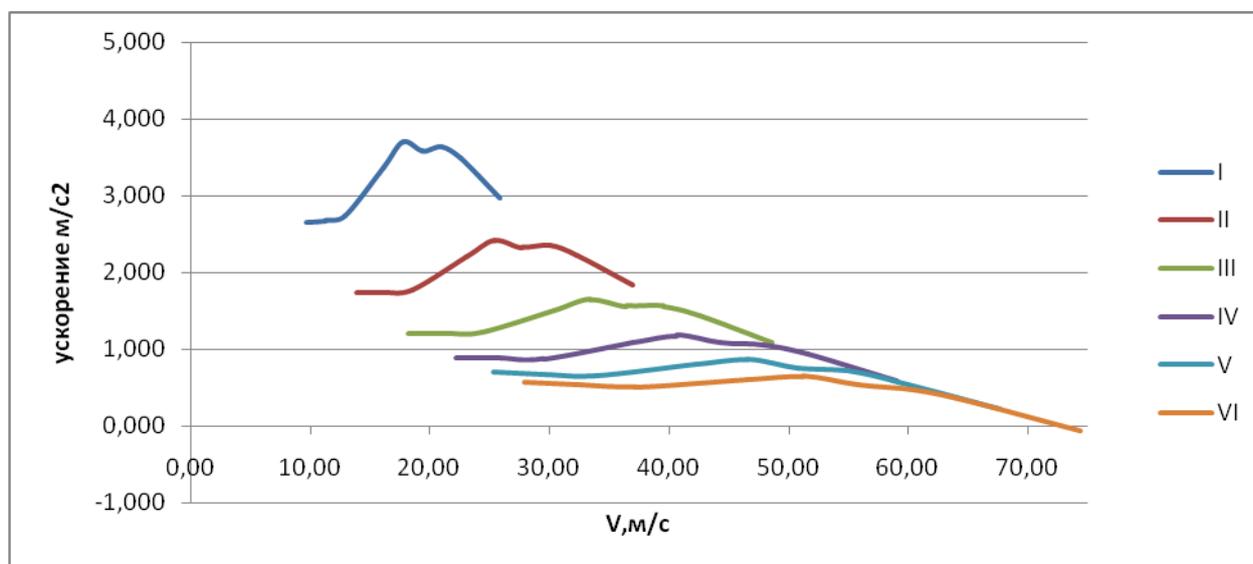
$$\delta_{\text{КР5}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_5^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,956^2) = 1,0957$$

$$\delta_{\text{КР6}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_6^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,869^2) = 1,0877$$

Результаты расчета ускорений при разгоне представлены в таблице 4 и на рисунке 12 графиков зависимости  $j = f(V)$

Таблица 4 – Значения ускорений разгона

$\omega_e$ , рад/с	Ускорение $j$ , м/с <sup>2</sup>					
	I	II	III	IV	V	VI
314,16	2,648	1,729	1,201	0,892	0,700	0,573
366,52	2,675	1,741	1,199	0,878	0,674	0,538
418,88	2,734	1,774	1,211	0,873	0,655	0,507
523,60	3,371	2,199	1,503	1,078	0,799	0,606
575,96	3,695	2,414	1,649	1,177	0,864	0,647
628,32	3,584	2,322	1,560	1,080	0,753	0,530
680,68	3,642	2,349	1,558	1,055	0,711	0,465
733,04	3,482	2,221	1,438	0,929	0,575	0,317
837,76	2,975	1,831	1,091	0,583	0,214	0,064



## Рисунок 12 – Графики ускорений автомобиля

Обратные ускорения определяются как  $(1/j)$ , а их значения заносятся в столбцы таблицы 5, строим графики рисунка 13. Величины ускорений стремятся к нулю при скоростях  $V$ , близких к максимальным, поэтому для расчетов можно ограничиться скоростями  $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$ .» [5]

Таблица 5 – Расчетные величины обратных ускорений

$\omega_e$ , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$ , с <sup>2</sup> /м					
	I	II	III	IV	V	V <sub>в</sub> [2]
314,16	0,378	0,578	0,833	1,121	1,429	1,745
366,52	0,374	0,574	0,834	1,139	1,483	1,858
418,88	0,366	0,564	0,826	1,146	1,526	1,971
523,60	0,297	0,455	0,665	0,928	1,252	1,650
575,96	0,271	0,414	0,607	0,850	1,157	1,545
628,32	0,279	0,431	0,641	0,926	1,320	1,887
680,68	0,275	0,426	0,642	0,948	1,407	2,151
733,04	0,287	0,450	0,695	1,076	1,740	3,153
837,76	0,336	0,546	0,917	1,714	4,679	-15,62

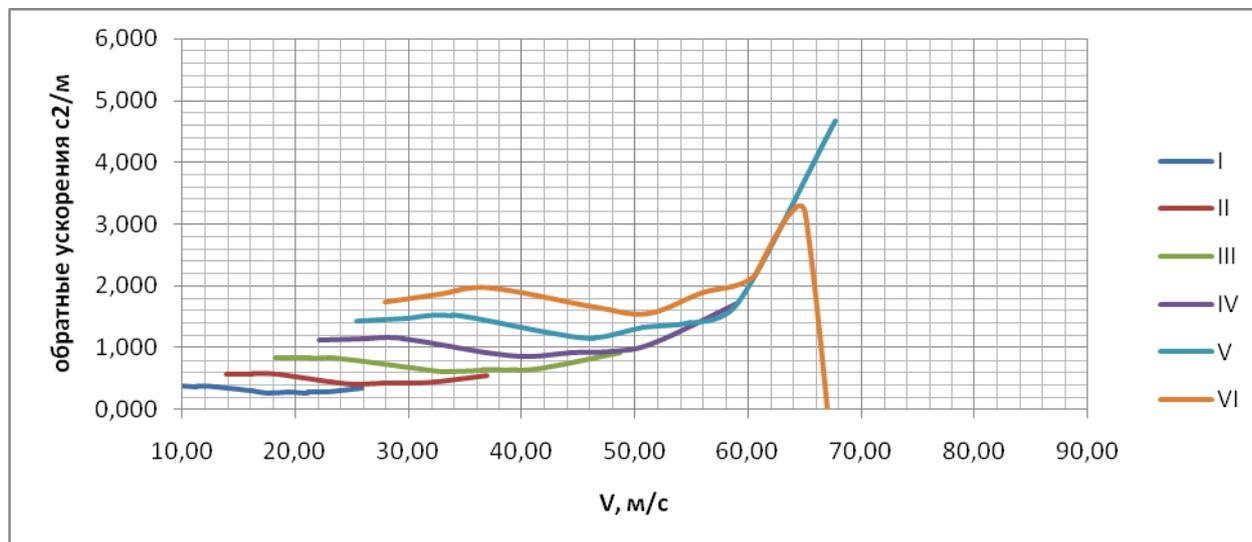


Рисунок 13 –Графики зависимостей обратных ускорений

### 2.5 Расчет времени и пути разгона

Для определения времени и пути разгона болида используется

графоаналитический способ. Этот способ заключается в использовании сумм конечных величин вместо интегрирования:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i) \quad (16)$$

С этой целью на каждом интервале кривой обратных ускорений считается, что ускорение болида является постоянным при разгоне: [27]

$j = \text{const}$ , соответственно величины  $(1/j) = \text{const}$ . Их значения определяют соответственно выражения:

$$\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2} \quad (17)$$

где  $k$  – интервал определенного порядкового номера.

На графике  $(1/j)$  в пределах  $\Delta V_k$  точные значения площадей меняют на величины площадей прямоугольников, имеющих размеры  $\Delta V_k$  и  $\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k$ , таким образом производится интегрирование приближенным способом:» [10]

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (18)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k$$

где  $t_1$  – интервал времени набора скорости от  $V_0$  до  $V_1$ ;

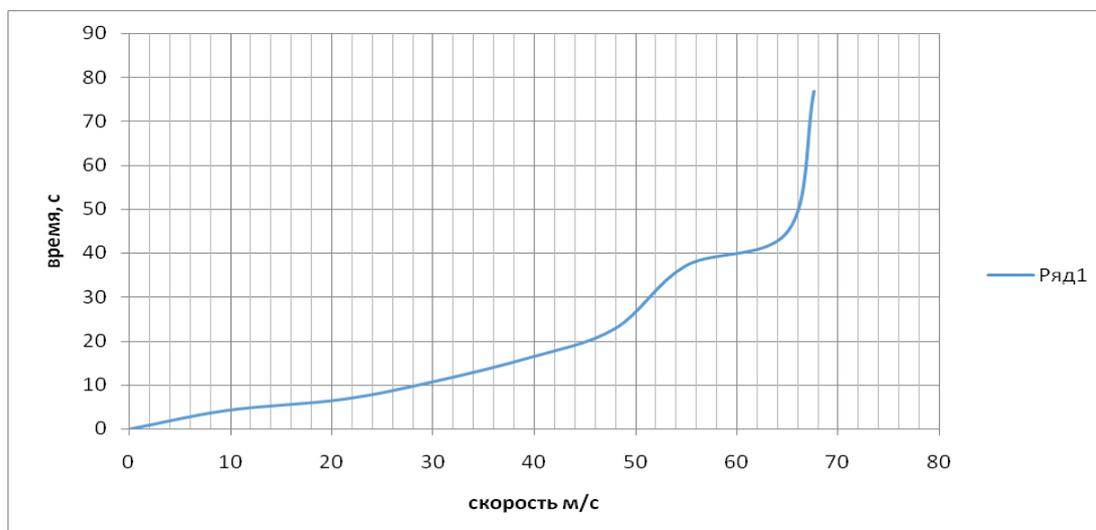
$t_2$  – интервал времени набора скорости до  $V_2$ .

Значения параметров приведены в таблице 6 и на графиках рисунка 14.

Таблица 6 – Параметры скорости и времени при разгоне

$V_a$ , м/с	t, с
9,70	4,274
21,02	6,747
30,03	10,784
39,51	16,224
47,99	22,839
54,96	37,124

65,12	45,100
67,65	76,791



«Рисунок 14 –Зависимость времени разгона болида

При помощи графического интегрирования функции  $t=f(V)$  аналогичным способом производится расчет пути разгона  $S$  от скорости автомобиля.

При этом способе производится разбивка кривой  $t=f(V)$  при помощи временных интервалов, на каждом из которых определяются» [18] «соответствующие им скорости  $V_{срк}$ .

В интервале  $\Delta t_k$  вычисленная площадь элементарного прямоугольника представляет путь, пройденный автомобилем между отметками  $t_{k-1}$  и  $t_k$ , при движении с постоянной скоростью  $V_{срк}$ .

Площадь элементарного прямоугольника может быть вычислена следующим способом:

$$\Delta S = V_{срк} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{срк} \cdot \Delta t_k \quad (19)$$

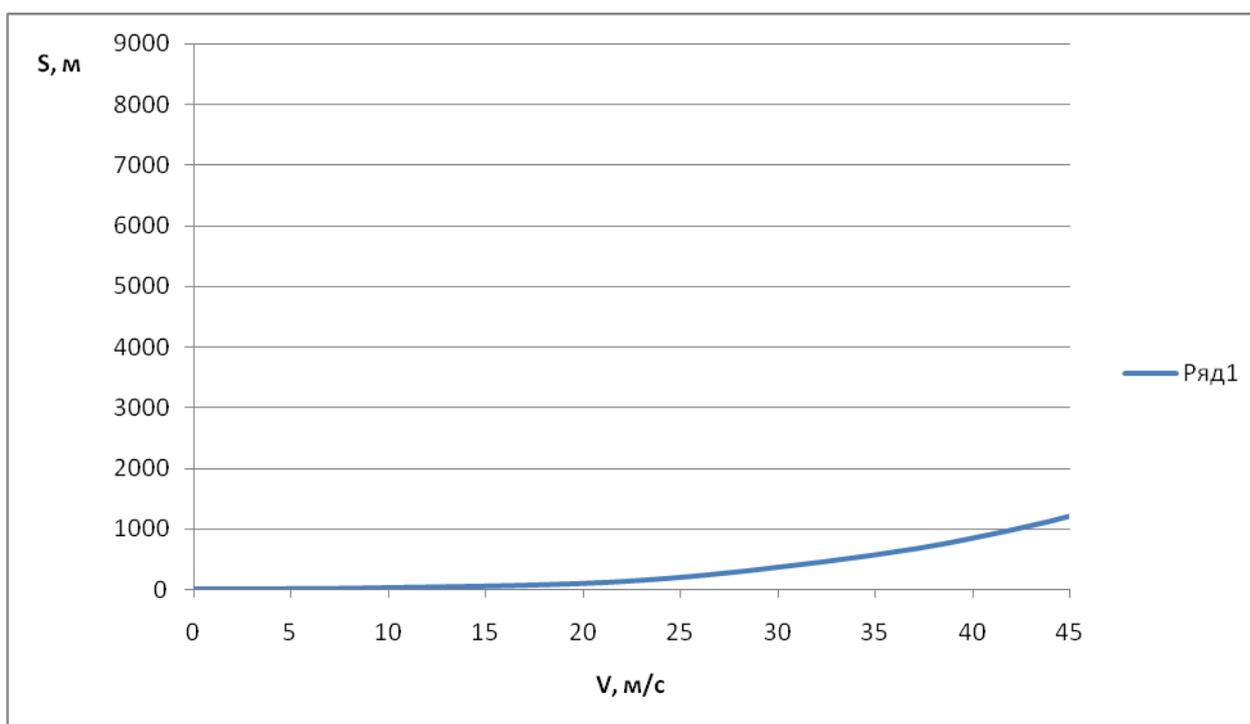
где  $k=1...m$  – соответствующий интервальный номер, когда  $m$  определяется как ( $m=n$ ).

Вычисление пути, пройденного при разгоне от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ :  $S_1=\Delta S_1$ , до скорости  $V_2$ :  $S_2=\Delta S_1+\Delta S_2$ , до скорости  $V_n$ :  $s_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$ .

Вычисленные значения пути разгона заносятся в таблицу 7, строим графики рисунка 15.

Таблица 7 – Зависимость пути разгона и скорости движения

$V_{ав}[2]$ , м/с	S, м
9,70	20,73
21,02	120,10
30,03	367,86
39,51	821,80
47,99	1536,26
54,96	2871,13
65,12	4558,95
67,65	7723,40



«Рисунок 15 – График пути разгона автомобиля»

## 2.6 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{TP} = N_f + N_n + N_B + N_D \quad (20)$$

где  $N_T$  – тяговая мощность, подводимая к ведущим колесам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP} = N_e \cdot 0,91$$

$N_{TP}$  – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

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

$N_T = F_T \cdot V$  – 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;

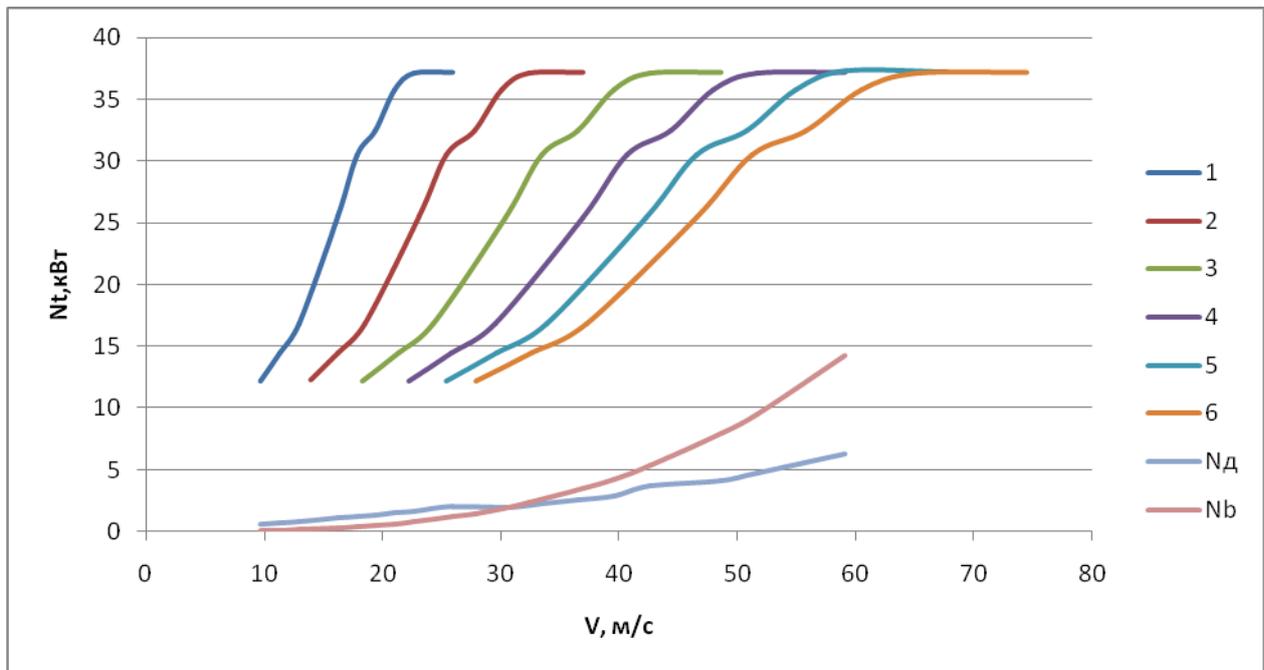
$N_D = F_{II} \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ( $N_D = 0$ ), Вт.» [15]

«Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 8 и строим графики рисунка 16.

Вверх от кривой  $N_f$  откладываем значения мощности сопротивления воздуха  $N_B$ .

Таблица 8 – Рассчитанные значения мощностного баланса

$n_e$ , рад/с» [2]	3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Вт	14,247	16,784	19,536	29,591	35,332	37,633	41,457	43,011	43,000



«Рисунок 16 – Мощностной баланс»

## 2.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{e\min} \cdot K_{II} \cdot K_E \cdot (N_D + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}$$

(21)

где» [6] « $g_{e\min} = 240 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$  – минимальный удельный эффективный расход топлива;

$\rho_T = 0,72 \text{ кг}/\text{л}$  – плотность топлива;

$K_{II} = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$  – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

$$I = \frac{N_D + N_B}{N_T};$$

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$  – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от  $\omega_e$ .» [5]

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}},$$

(22)

Результаты расчетов сводим в таблицу «9, строим графики рисунка 17.

Таблица 9 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля» [8]

$\omega_e$ , рад/с	$V_a$ , м/с	$Q_s$ , л/100 км
314,16	27,91	0,53
366,52	32,56	0,81
418,88	37,21	1,17
523,60	46,51	2,38
575,96	51,16	3,28
628,32	55,82	4,31
680,68	60,47	5,72
733,04	65,12	7,54
837,76	74,42	15,98

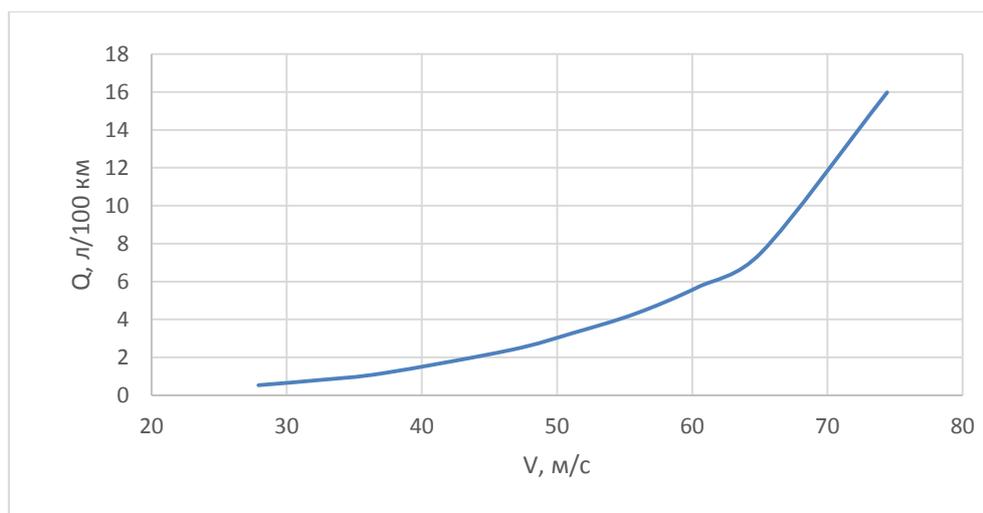


Рисунок 17 – Путевой расход топлива

## **3 Разработка конструкции**

### **3.1 Техническое задание**

#### **3.1.1 Наименование и область применения разработки**

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.

Этап технического проекта по разделу конструкторская документация согласовывается с руководителем и консультантами по кафедре ПЭА.

Устройство представляет собой передвижной подъемник для работ по проекту «Формула-Студент», что позволяет использовать возможности сборочного процесса при максимальном упрощении технологических процессов создания и оснащения автомобилей. Устройство оснащается силовым элементом – гидроцилиндром прямого действия, с приводом от масляного насоса.

Устройство предназначено для применения в отделениях по «техническому обслуживанию и ремонту автомобилей» [16].

#### **3.1.2 Принцип работы устройства» [1]**

Передвижной подъемник спортивного болида «предназначен для сборочных работ проекта «Формула-Студент», подъема болидов при выполнении ремонтных работ. Схема устройства представлена на рисунке 3.1.

#### **3.1.3 Назначение объекта**

Передвижной подъемник спортивного болида проекта «Формула-Студент», предназначенный для подъема кузовов болидов, работает в режиме выполнения сборочных и ремонтных работ до нормативных параметров путём приложения разнонаправленных усилий. Источники разработки» [8]

Гидромеханические автомобильные подъемники бывают с одним или двумя плунжерными цилиндрами. Подвижные каретки с подъемными лапами обычно связаны тросами, синхронизирующими движение лап. Тросы, связывающие подвижные каретки, могут быть пропущены, как показано на схеме слайда, как по верху, так и по низу стоек.

При такой схеме не только синхронизируется перемещение кареток, но и предотвращается аварийное падение автомобиля при разрушении шланга гидравлических цилиндров. Подъемники с одним цилиндром обязательно содержат страховочный механизм, например, в виде планки с зубьями или отверстиями, в которые при падении каретки вводится стопорящий клин.

Гидравлика в силу своей конструкции обладает большим КПД.

#### **3.1.4 Условия эксплуатации разработки**

Одноплунжерные гидравлические подъемники имеют опорную часть в виде четырех поворачивающихся выдвигных лап с обрезиненными упорами. Цилиндры двух плунжерных подъемников расставлены друг от друга на расстоянии, соответствующем ширине кузова автомобиля. На концах штоков закреплены опорные площадки с обрезиненными упорами в днище кузова.

«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» [11].

«Передвижной подъемник спортивного болида проекта «Формула-Студент» можно использовать как в качестве ремонтного стапеля, так и в качестве подъемника.

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 – «стойки, 2 – платформа 3 - основание

Рисунок 18 – Схема передвижного подъемника

Параметры подъемника:

Грузоподъемность – 500 кг;

Высота подъема – 750 мм;

Масса подъемника – 150 кг.

### 3.2 Техническое предложение

Все рассматриваемые аналоги данного подкласса относятся к оборудованию для ремонта, а более конкретно к подъемникам для кузовов автомобилей. На первом этапе проводится поиск существующих конструкций и информационный обзор проектных решений. Существующие конструкции необходимо рассмотреть и проанализировать, исходя из условий подбора и соответствия техническому заданию. Заблаговременно выявляются недостатки конструкции, которые по возможности нужно устранить.

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

### **«3.2.1 Подъемник ножничный передвижной 11MTOR**

Подъемник ножничный 11MTOR изготавливается более 6 лет. Ранее подъемник назывался "10MTOR ". Модель выгодно отличается оригинальной конструкцией, обеспечивающей удобную установку автомобиля без использования дополнительных устройств (рисунок 3.2)» [1].



«Рисунок 19 – Подъемник ножничный "11MTOR"»

Штоки гидроцилиндров таких подъемников воспринимают все нагрузки, включая не только сжимающие, но и изгибающие, когда координаты центра массы поднимаемого автомобиля не совпадают с осью штока. При этом прежде всего осложняется работа уплотнения штока. В нижнем состоянии опорные элементы подъемников располагаются в нишах пола и закрыты сверху крышкой на уровне пола, что исключает загромождение производственного участка.

Недостатком одноплунжерного подъемника является то, что выдвижные лапы осложняют доступ к агрегату автомобиля. Двухплунжерные подъемники этого недостатка не имеют, а также позволяют свободно открывать двери автомобиля, установленного на подъемник. Это выгодно отличает их от двухстоечных подъемников.

### **3.2.2 Стол подъемный передвижной XILIN SPT500**

Широко используются и другие конструктивные варианты автомобильных подъемников, примеры которых показаны на слайде. На данный момент часто используются ножничные подъемники, которые могут поднимать автомобиль после его въезда на опущенные платформы.



Рисунок 20 – Подъемник XILIN SPT500 [17].

За счет установленных на платформах дополнительных ножничных подъемников, упирающихся в днище кузова, можно вывешивать колеса автомобиля. Ножничные подъемники обычно используют вместо четырехстоечных подъемников.

### **3.2.3 Подъемник двухножничный TOR PTS800**

Гидравлический привод также используется в конструкции пантографных и параллелограммных подъемников. Проблемным моментом таких подъемников является страгивание опорных площадок в момент начала подъема, когда вертикальная составляющая силы штока наклоненного цилиндра мала (рисунок 3.4)» [20]. Гидравлические цилиндры различных подъемных устройств могут иметь приспособления, обеспечивающие плавное опускание поднятого объекта и ограничение высоты опускания.

Замедляющий клапан – это стальная пластина с центральным отверстием и выступами по периферии, удерживающими её соосно в цилиндрической проточке штуцера, через который масло подводится в цилиндр при подъеме автомобиля. Давлением масла пластина отодвигается до упора в штифт, а масло свободно обтекает пластину. При опускании автомобиля пластина отходит от штифта и ложится на плоскость проточки. В этом случае масло вынуждено перетекать только через отверстие малого диаметра как дроссель. Скорость вытекания масла из цилиндра уменьшается, при этом скорость опускания автомобиля замедляется.



«Рисунок 21 – Подъемник TOR PTS800

Защита от аварийных падений при отказе гидросистемы данного типа подъемников осуществляется посредством скользящих механических упоров и дополнительных цилиндров или электромагнитов, поднимающих собачки упоров при опускании автомобиля.

Анализ и оценку информации осуществим с помощью методов инженерного прогнозирования. Для этого составим таблицу 10, в которой указаны основные сравниваемые характеристики и таблицу 11 с оценками специалистов по эксплуатации оборудования.

Таблица 10 – Технические характеристики подъемников кузовов автомобилей

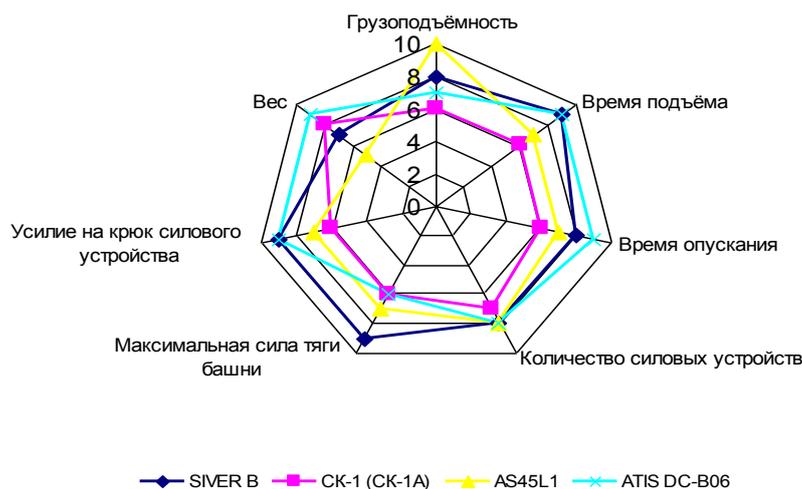
Наименование показателя	11MTOR	XILIN SPT500	TOR PTS800
Производитель	ЗАО «Корунд»	ОАО «ОСТ»	"КНР"
Грузоподъемность, кг	1000	500	800

Время подъёма, с	60	20	45
Время опускания, с	20	10	30
Количество силовых устройств, шт.	1	1	1
Масса, кг	75	136	142
Стоимость, тыс.руб.» [3]	155,5	59,1	71,9

«Таблица 11 – Сравнение параметров подъемных устройств для автомобилей» [3]

Шифр подъемника	Грузоподъёмность	Время подъёма	Время опускания	Количество силовых устройств	Усилие на крюк силового устройства	Вес	Средняя оценка
11MTOR	9	9	8	8	9	7	8,3
XILIN SPT500	6	6	6	7	6	8	6,4
TOR PTS800	8	7	7	8	7	5	7,3
Среднее значение	7,6	7,8	7,5	7,8	7,8	7,3	

«Для лучшей оценки преимуществ и недостатков аналогов, ниже данные представлены в виде диаграммы (рисунок 22)» [1].



«Рисунок 22 – Диаграмма оценки потребительских качеств аналогов

Такие подъемники могут иметь не только гидравлический, но и пневматический привод с использованием резиновых подушек.

### 3.3 «Предварительный проектный расчет» [2]

#### «3.3.1 Определение принципиальной схемы конструкции» [2]

Основными функциональными элементами электромеханических подъемников являются винт и гайка, на которую опирается каретка. Эти элементы показаны на слайде. Стальной винт имеет упорную или трапецеидальную резьбу, рабочая гайка обычно бронзовая. При работе сопряжения гайка должна базироваться на резьбе винта, чтобы исключить возникновение боковых или клинящих нагрузок. Для выполнения этого требования каретка, удерживающая несущие рычаги, должна опираться на бронзовую гайку свободно, обычно через сферическую поверхность. Гайка от проворачивания удерживается штифтом, входящим в наружный паз гайки или иным образом.

«В рамках данной работы должны быть решены следующие,» [17]

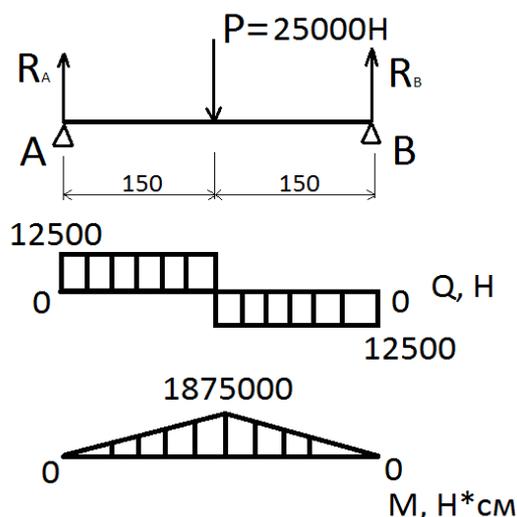
«наиважнейшие для определения параметров конструкции, вопросы:

1. Выбор гидроцилиндра подъемника
2. Прочностной расчет рамы
3. Прочностной расчет платформы и основных нагруженных её элементов.

### 3.4 Основные элементы конструкции

#### 3.4.1 Расчет на прочность основной рамы

Каретки опираются на коробчатые стойки двумя комплектами опорных роликов, разнесенных по высоте на расстояние, обеспечивающее уравнивание изгибающего момента от силы тяжести автомобиля, воспринимаемой несущими лапами. Когда центр тяжести автомобиля сдвинут относительно оси каретки, работают ролики, расположенные в пазах стойки. Для удержания раздвинутых лап от самопроизвольного смещения используются различные виды фиксаторов, расчетная схема:» [1]



«Рисунок 23 – Эпюры внутренних» [5] силовых факторов

Сначала необходимо найти реакции в опорах:

$$\sum F_y = 0 \quad (23)$$

$$R_A - P + R_B = 0 \quad (24)$$

«Второе уравнение:

$$\sum M_A = 0 \quad (25)$$

$$-150P + R_B \cdot 150 \cdot 2 = 0 \quad (26)$$

Из первого уравнения

$$R_A = P - R_B = 25000 - 12500 = 12500H$$

Из второго уравнения

$$R_B = \frac{P \cdot 150}{150 \cdot 2} = 12500H$$

На основании вычисленных реакций можно строить эпюры внутренних силовых факторов.

Принимаем использование в конструкции четырех (по две на сторону) стальных труб из материала Ст3 квадратного сечения  $80 \times 6 W_y = 38,46 \text{ см}^3$ ,  $[\sigma] = 1250 \text{ кгс/см}^2$ . [14]

Тогда:  $\sigma_{\max} = \frac{187500}{4 \cdot 38,46} = 1218,8 < [1250]$ . Следовательно, условие прочности

выполняется. Запас прочности считается достаточным, чтобы не использовать трубу большего сечения, так как это приведет к удорожанию конструкции.

### 3.4.2 Выбор гидроцилиндра

У нормализованных цилиндров диаметр штока составляет в среднем 0,5 диаметра цилиндра, ход поршня обычно не превосходит 10 диаметров цилиндра. Следует подчеркнуть роль грундбуксы, которая наружной поверхностью базируется по стенкам цилиндра, а её внутреннее отверстие является базой и направляющей для штока поршня. Навинчиваемая на цилиндр резьбовая крышка не может обеспечить требуемой соосности поверхностей, по которым скользят поршень и его шток, а только удерживает грундбуксу от осевого смещения.

Выбран плунжерный цилиндр. Плунжерные гидроцилиндры за счет большого диаметра штока – плунжера обеспечивают выдвижение штока на большую величину и отличаются от поршневого цилиндра тем, что уплотнения размещены в корпусе цилиндра.

Кроме того, платформа с точки зрения механики представляет собой рычаги, и плечо сил, прилагаемых цилиндром к платформе, будет отличаться от плеча сил,» [26] «прилагаемых опорами к кузову автомобиля.

Поскольку конструкция не определяет каких-либо ограничений на выбор угла установки цилиндра, в рамках данной работы для простоты расчетов примем угол между штоком цилиндра и вертикалью башни в 90 градусов. Тогда сила, непосредственно участвующая в полезной работе, должна быть равна:

$$F_x = F_{общ} * \cos \alpha = F_{общ} * \frac{\sqrt{3}}{2}$$

(27)

Разница моментов в каждом конкретном случае будет различной, для расчетов примем соотношение плеча закрепления цилиндра к ширине платформы как 1/1. Таким образом, для сохранения силы в 25000 Н, действующей на кузов автомобиля, сила выталкивания штока цилиндра в итоге должна быть равна:» [1]

$$F_{цил} = F_{общ} * 3 = 25000 * 3 = 75000H$$

Гидравлические цилиндры различных подъемных устройств могут иметь приспособления, обеспечивающие плавное опускание поднятого объекта и ограничение высоты опускания.

Замедляющий клапан – это стальная пластина с центральным отверстием и выступами по периферии, удерживающими её соосно в цилиндрической проточке штуцера, через который масло подводится в цилиндр при подъеме автомобиля. Давлением масла пластина отодвигается до упора в штифт, а масло свободно обтекает пластину. При опускании автомобиля пластина отходит от штифта и ложится на

плоскость проточки. В этом случае масло вынуждено перетекать только через отверстие малого диаметра как дроссель. Скорость вытекания масла из цилиндра уменьшается, при этом скорость опускания автомобиля замедляется.

Усилие на штоке гидроцилиндра напрямую зависит от мощности» [2] «насоса, приводящего в движение поршень. Для проекта принимается насос, мощностью не более 70 МПа (или 713,8 кгс/см<sup>2</sup>) во избежание чрезмерного удорожания конструкции. Вычисляется диаметр гидроцилиндра исходя из следующей формулы:

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{цил}}}{\pi p \eta}} \quad (28)$$

где  $F_{\text{цил}}$  - усилие выталкивания штока цилиндра,  $p$  - номинальное давление,  $\eta$  - КПД, равный 0,95

В качестве прототипа выбирается гидроцилиндр РС-70. Диаметр поршня 70 мм, ход штока 632 мм, рабочее давление – 70 МПа.[19]:

### 3.4.3 Прочностной расчет платформы

Согласно условиям проектирования, максимальная нагрузка на платформу составляет 2500 кг или 25000 Н. Соответственно, на консоль платформы будет действовать противоположно направленная сила реакции, нагружая платформу на изгиб.

$$F_{\text{цил}} = 121800 * \sin 60^\circ = 105481,98 \text{ Н} \approx 105500 \text{ Н}$$

Принимаем для использования в конструкции двух стальных труб из материала Ст3 квадратного сечения  $180 \times 10 W_y = 350,44 \text{ см}^3$ ,  $[\sigma] = 1250 \text{ кгс/см}^2$ . [14]

Тогда:  $\sigma_{\text{max}} = \frac{866340}{2 * 350,44} = 1236,07 < [1250]$ . Следовательно, условие

прочности выполняется.

Кроме расчета балки на изгиб необходимо провести расчет оси крепления ролика на срез по следующей формуле:» [34]

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi * i * z * \tau_{cp}}}$$

«(29)

где: d-диаметр оси в мм;

S - нагрузка на срез в МПа;

i - число плоскостей среза;

z - количество осей;

$\tau_{cp}$  - допустимое напряжение на срез в МПа.

Для оси крепления ролика, при условии изготовления её из стали 40Х

$$d = \sqrt{\frac{4 * 25133}{3,14 * 1 * 1 * 330}} = 17,98 \text{ мм}$$

Примем диаметр оси в 20 мм, учитывая запас прочности.

Для оси крепления ролика, при условии изготовления её из стали 40Х

$$d = \sqrt{\frac{4 * 50267}{3,14 * 1 * 1 * 330}} = 25,43 \text{ мм} \gg [1]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 12180}{3,14 * 70 * 0,95}} = 65,27 \text{ мм}$$

Вывод: таким образом, цилиндр должен иметь диаметр поршня не менее 70 мм и быть рассчитан на рабочее давление в 70 МПа.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта**

«Охрана труда представляет собой систему правовых, организационно-технических, социально-экономических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, которые направлены на поддержание здоровья и обеспечение трудоспособности работников предприятия в рабочее время.

Наряду с совершенствованием технологий технология постоянно возрастают требования для поддержания здоровья и трудоспособности человек. С этой целью на предприятиях создаются службы охраны труда, потому что полностью безопасных производственных объектов не существуют. К основным задачам охраны труда можно отнести снижение вероятности поражения или заболевание работающего, а также создание комфортных условий труда, обеспечивающих наибольшую производительность.

Фактор, действие которого приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшения здоровья, называют опасным производственным. Фактор, действие которого приводит к снижению работоспособности или заболеваниями, называют вредным производственным.

Современное» [4] предприятие в «своем составе имеет большое количество технических и энергетических систем, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека. Это сложные технические системы, имеющие в своем составе количество подвижных и режущих частей, которые обладают высоким уровнем загазованности и пылеобразования» [5].

#### **4.1.1 Рабочая зона**

Опасные и вредные производственные факторы на рабочем посту

Физические факторы можно разделить на следующие:

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования и технической оснастки;
- передвигающиеся изделия, детали, узлы, материалы;
- повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов;
- повышенную или пониженную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень ультразвука и инфразвуковых колебаний;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне;» [26]
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточную освещенность рабочей зоны;
- пониженную контрастность;
- повышенную яркость света;

Химические факторы делят в зависимости от характера и степени «воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные

Химический факторы влияют на репродуктивную функцию человек. Также во время попадания в организм человека воздействуют на» [25] органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

К психофизиологическим относят следующие факторы:

- физические перегрузки на человека (бывают статические и динамически);
- нервно-психические перегрузки на человека (выделяют» [35] умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

### **Специальная оценка условий труда**

Комплекс мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды, и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника. Общими положениями специальной оценки N 426-ФЗ [26] являются:

С целью организации процедуры организации и проведения оценки условий труда работодатель, исходя из специфики своей деятельности, устанавливает (определяет):

- а) порядок создания и функционирования комиссии по проведению специальной оценки условий труда, а также права, обязанности и ответственность ее членов;
- б) особенности функционирования комиссии по проведению специальной оценки условий труда при наличии у работодателя обособленных структурных подразделений;
- в) организационный порядок проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах работодателя в части деятельности комиссии по проведению специальной оценки условий труда;
- г) порядок осуществления отбора и заключения гражданско-правового договора с организацией, проводящей специальную оценку условий труда, учитывающий необходимость привлечения к данной работе наиболее компетентной в отношении вида деятельности работодателя;
- д) порядок урегулирования споров по вопросам специальной оценки условий труда;
- е) порядок использования результатов специальной оценки условий

труда.

#### **4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков**

В процессе выполнения работ на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы, в том числе: отравление токсическими веществами, «загазованность помещения и рабочей зоны; пожар; взрыв; падение человека и предметов с высоты.» [27]

Источники возникновения этих факторов:

- неисправность газового оборудования автомобиля или неправильная его эксплуатация;
- неисправный или не по назначению примененный инструмент, оснастка, оборудование;

Действие факторов:

- наличие токсических веществ в «воздухе уменьшает в нем содержание кислорода, что приводит к обморочному состоянию;
- применение неисправного инструмента, приспособлений, а также несоблюдение требований безопасного производства работ может привести к травмированию работников;
- нарушение Правил пожарной безопасности может привести к пожарам и взрывам» [27]

#### **4.3 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера**

Условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на производстве (таблица 12).

Таблица 12 - Вредные и опасные производственные факторы на участке диагностики

Наименование вредного и опасного фактора производственной среды и трудового процесса
1 Шум
2 Локальная вибрация
3 Неионизирующие излучения
4 Химический фактор
5 Тяжесть трудового процесса

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии виброакустических факторов [29] (таблица.13).

Таблица 13 - Воздействие виброакустических факторов на условия труда

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
		2	3.1	3.2	3.3	
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ 80	>80	>85	>95	>105	>115
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень виброускорения, дБ	≤126	>126-129	>129-132	>132-135	>135-138	>138

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии неионизирующих излучений относятся в соответствии с Приложением № 17 [28] (таблица 14).

Таблица 14 - Отнесение условий труда при воздействии неионизирующих факторов

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц)	≤ ПДУ	≤ 5	≤ 10	>10	-	>40

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии химического фактора относятся в соответствии с Приложением № 1 [29] (таблица 15).

Таблица 15 - Отнесение условий труда при воздействии химических факторов

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Вещества 1-4 классов опасности, за исключением канцерогенов	≤ 7	>1,0-3,0	>3,0-10,0	>10,0-15,0	>15,0-20,0	>20,0
	≤ 5	>1,0-3,0	>3,0-10,0	>10,0-15,0	>15,0	-

Условия труда по классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса «относятся в соответствии с Приложением № 20 (таблицы)» [37] 16-18).

Таблица 16 - Физическая динамическая нагрузка – единицы внешней механической работы за рабочий день (смены)

Показатели тяжести трудового	Класс (подкласс) условий труда
------------------------------	--------------------------------

процесса, кг·м	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1	2	3.1	3.2
При региональной нагрузке перемещаемого работником груза (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса работника) при перемещении груза на расстояние до 1 м				

Продолжение таблицы 16

Для мужчин	до 2 500	до 5 000	до 7 000	более 7000
Для женщин	до 1 500	до 3 000	до 4 000	более 4 000
При общей нагрузке перемещаемого работником груза (с участием мышц рук, корпуса, ног, тела работника)				
- при перемещении работником груза на расстояние от 1 до 5 м				
Для мужчин	до 12 000	до 25 000	до 35 000	более 35000
Для женщин	до 7 500	до 15 000	до 25 000	более 25000
- при перемещении работником груза на расстояние более 5м				
Для мужчин	до 24 000	до 46 000	до 70 000	более 70000
Для женщин	до 14 000	до 28 000	до 40 000	более 40000

Таблица 17 - Стереотипные рабочие движения за рабочий день (смену)

Показатели тяжести трудового процесса, кг·м	Класс (подкласс) условий труда			
	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1	2	3.1	3.2
Количество стереотипных движений работника при локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук)				
Для мужчин	до 20 000	до 40 000	до 60 000	более 60 000
Для женщин	до 10 000	до 20 000	до 30 000	более 30 000

Таблица 18 - Рабочее положения тела работника смены в течение рабочего дня

Класс (подкласс) условий труда			
Оптимальный	Допустимый	Вредный	
1	2	3.1	3.2
Свободное удобное положение с возможностью смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в положении «стоя» до 40% времени рабочего дня	Периодическое, до 25% времени смены – нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении. Нахождение в положении «стоя» до 60 % рабочего дня (смены).	Периодическое, до 50 % времени смены – нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении; периодическое –до 25% рабочего времени пребывание в неудобном положении. Нахождение в положении «стоя» до	Периодическое, более 50 % времени смены – нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении; периодическое – более 25 % рабочего времени пребывание в неудобном положении. Нахождение в положении

(смены).		80 % рабочего дня (смены). Нахождение в положении «сидя» без перерывов от 60 до 80% времени рабочей смены.	«стоя» более 80 % рабочего дня (смены). Нахождение в положении «сидя» без перерывов более 80% времени рабочей смены.
----------	--	---	---

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда с учетом комплексного взаимодействия вредных и опасных факторов осуществляется на основании анализа отнесения данных факторов к тому или иному классу (подклассу) условий труда.

Итоговый класс (подкласс) условий труда на рабочем месте устанавливается по наиболее высокому классу (подклассу) вредных и (или) опасных факторов одного из имеющихся на рабочем месте вредных и (или) опасных факторов в соответствии с Приложением № 22 [36] (таблица 19).

В случае применения работниками, которые находятся на рабочем месте с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом, класс (подкласс) условий труда может быть снижен в порядке, установленном Федеральным законом от 28 декабря 2013 года № 426-ФЗ « О специальной оценке условий труда». Результаты проведения специальной оценки условий труда оформляются в виде отчета.

Таблица 19 - Итоговая оценка условий труда

Наименование фактора	Класс (подкласс) условий труда
Шум	2
Локальная вибрация	2
Неионизирующие излучения	2
Химический фактор	2
Тяжесть трудового процесса	2

Таким образом, данный разрабатываемый участок относится к

подклассу 2—к допустимым условиям труда, то есть к условиям труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы. После воздействия факторов данного типа измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, до следующей смены.

### **Техника безопасности**

При техническом обслуживании и текущем ремонте автомобилей возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: «движение автомобилей, открытые части производственного оборудования, высокая загазованность автомобильными газами, опасности получения повреждений при работе с инструментом и др.

Для обеспечения безопасности автослесарей, повышения качества и производительности работы все действия осуществляются на оборудованных постах, которые оснащены подъемниками со стопорами» [39] и другими устройствам. С целью обеспечения безопасности автомобиль должен устанавливаться без перекосов на подъемнике.

При работе на балансировочном стенде, «рабочая область станка, на котором проводят динамическую балансировку, имеется защитное ограждение, чтобы исключить возможность контакта человека с вращающимся ротором или частями привода» [13].

В «сварочном цехе на АТП применяют газовую, точечную и электродугую сварку. При сварочных работах основную опасность представляет видимое и инфракрасное излучение, повышенная температура, расплавленный металл и вредные газы. Сварочные работы выполняются по ГОСТ 12.3.003-86, а также на основании Правил» [2] техники безопасности и производственной санитарии «при электросварочных работах и других.

Сварочный цех окрашен в светло серый цвет краской с добавлением в нее окиси цинка или титана для поглощения ультрафиолетовых лучей. На рабочем месте сварщика есть стол и стул. Стол оборудован местным отсосом. Плита стола изготовлена из чугуна, а стул с сиденьем - из

диэлектрического материала, регулируемый по высоте. «Корпуса электросварочных установок и другие металлические нетоковедущие части оборудования заземляют.

Участок диагностики оборудуется специальными местными отсосами отработавших газов, так как все работы проводят с работающим двигателем. Кроме того, к рабочим местам электрика подводятся местные отсосы приточно-вытяжной вентиляции. Для охлаждения двигателя автомобиля дополнительно устанавливают передвижной электрический вентилятор» [38].

#### «Электробезопасность

Электрические установки, к которым можно отнести большую часть оборудования АТП,» [95] «представляет для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса стоек подъемников и прочего оборудования, оказавшегося под напряжением в результате пробоя изоляции не подают каких-либо сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает при протекании последнего через тело человека.

Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него сложное воздействие, вызывает термическое, электролитическое, механическое и биологическое действие. Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве тканей и биологических сред, что вызывает в них функциональные расстройства. Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, крови и проявляется в изменении их физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к разрыву мышечных тканей. Биологическое действие тока заключается в способности тока раздражать и возбуждать живые ткани организмы.

Любое из перечисленных воздействий тока может привести к

электрической травме, то есть к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги.

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [4] «проведены в изолированных кабель-каналах. Все технологические оборудования занулены через нулевую жилу питающего кабеля, при коротком замыкании происходит автоматическое отключение линии, питающую неисправное оборудование» [33].

«Запрещается эксплуатировать при неисправности штепсельного соединения; выключателя или другой коммутационной аппаратуры; при включении щеток; вытекании смазки; появлении дыма или запаха; наличии трещин на корпусе, рукоятке; при повышенном шуме, вибрации; хотя бы слабом воздействии электрического тока.

Корпуса электроинструментов, не имеющие двойной изоляции независимо от частоты при напряжении сети выше 42 В заземлены.

Периодический осмотр электроинструмента производится не реже 1 раза в 3 месяца с записью в журнале осмотров и проверок изоляции (мегаомметром).

На участке разрядные тока статического электричества чаще всего возникают при прикосновенье обслуживающего персонала к любому из элементов. Такие разряды не представляют опасности для человека. Для предупреждения поражения работающих электрическим током подъемники заземляют» [4].

Зануление нужно выполнять электрическим соединением металлических частей электроустановок с заземленной точкой источника питания электроэнергией с помощью нулевого защитного проводника. «Защитный эффект заключается в уменьшении продолжительности замыкания на корпус, итак, сокращение действия электротока на человека.» [25]

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части

электроустановок, «которые доступны для прикосновения человека и не имеют других видов защиты, которые обеспечивают электробезопасность.

#### **4.4 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях**

Пожарная безопасность

Уровень технического оснащения предприятия, который растет, осложнение производственных процессов сопровождается повышением энергоемкости производств, высокой концентрацией мощностей и материалов, использованием полимерных синтетических строительных материалов, увеличением площадей и этажей производственных зданий. При таких условиях отклонения от требований пожарной безопасности приводит к значительному экономическому ущербу и человеческие жертвы.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [40] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

- нарушение технологического режима работы оборудования;
- самовозгорание некоторых материалов и веществ;
- неисправность электропроводки и приборов;
- короткое замыкание электрической сети;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- разряд статического электричества.

Характеристика вещества и материалов тех, что находятся в

помещении - горючие и трудно горящие жидкости, твердые горючие и трудно горящие материалы,» [19] вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.

«Пожарная безопасность обеспечивается мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшение его последствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, которые обеспечивают успешную борьбу с возникающими или пожарами взрывоопасной ситуацией.» [30]

«Пожарная безопасность должна соответствовать всем нормам по пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91 что предполагает:

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011;
- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);
- максимально возможным» [20] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

Выводы по разделу:

В разделе Безопасность и экологичность технического «объекта» произведен анализ поста текущего ремонта по видам технических воздействий и типам операций. При этом были достигнуты следующие цели:

- 1) зафиксированы вредные производственные факторы, которые имеют место на ремонтном участке,
- 2) определены мероприятия по снижению вредных воздействий на окружающую среду и людей, а также мероприятия по созданию безопасных условий труда.

- 3) Определена категория пожароопасности – категория «Д», определено огнетушительное оборудование необходимое для производственного помещения,
- 4) Определены вредные воздействия на окружающую среду со стороны ремонтного производства и процесса эксплуатации устройства в составе оборудования,
- 5) Изучен вопрос по организации безопасности на производственном участке в случае возникновения ЧС или аварии» [5].

## 5 Расчет экономической эффективности подъемника для спортивного болида «Формула-Студент»

### 5.1 Определение себестоимости изготовления

Определение затрат на покупку сырья и материалов, выполняется по формуле (30):

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (30)$$

Для удобства сводим информацию по «затратам на покупку сырья и материалов в таблицу 20.

Таблица 20 – Информация по затратам на покупку сырья» [3]

Номенклатура сырья, материалов и услуг	Количество, единица измерения	Цена с НДС за единицу, руб.	Общая сумма, руб.	Условия поставки
1	2	3	4	5
Балка прямоугольного профиля с трубчатым сечением 100x60x4, СТЗ	14 м	850	11900	самовывоз
Двутавровая балка, СТЗ	53,3 кг	45,7	2435,81	самовывоз
Труба круглого сечения 1500x180x6, ст.20	34 кг	35,9	1220,6	самовывоз
Труба круглого сечения 1300x160x5, ст.20	28 кг	35,6	996,8	самовывоз
Краска	4 л	170	680	самовывоз
Листовой металл, СТЗ	15 кг	18,4	276	самовывоз
Грунтовка	5 л	86	430	самовывоз
Лента крепежная 2 класс прочности 100x0,9	10 м	192	1920	самовывоз
Итого:	–	–	7959,21	–
Транспортно-заготовительные расходы	–	–	557,14	–
Всего:	–	–	8874,51	–

«Для определения затрат на покупные изделия и полуфабрикаты» [41] воспользуемся формулой (31):

$$P_{II} = C_i \cdot \eta_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (31)$$

Для удобства сводим информацию по затратам на покупные изделия в таблицу 21.

Таблица 21 – Информация по затратам на покупные изделия

Номенклатура покупного изделия	Количество, единица измерения	Цена с НДС за единицу изделия, руб.	Общая сумма, руб.	Условия поставки
1	2	3	4	5
Платформа в сборе	1 шт.	5020	5020	самовывоз
Рама в сборе	1 шт.	2600	2600	самовывоз
Втулка	6 шт.	167	1002	самовывоз
Блок направляющий	1 шт.	268	268	самовывоз
Балка жесткости	2 шт.	1200	2400	самовывоз
Платформа	1 шт.	26500	26500	самовывоз
Гидроцилиндр	1 шт.	1520	1520	самовывоз
Подшипник 2510А	2 шт.	120	240	самовывоз
Болт М22	1 шт.	24	24	самовывоз
Болт М12х35	12 шт.	9,5	114	самовывоз
Болт М12х45	8 шт.	10	80	самовывоз
Болт М16х35	8 шт.	9	150	самовывоз
Болт М18х160	11 шт.	12,9	141,9	самовывоз
Гайка М12	20 шт.	2,8	56	самовывоз
Гайка М16	8 шт.	4,3	950	самовывоз
Гайка М18	11 шт.	6	950	самовывоз
Шайба плоская 12	20 шт.	2	950	самовывоз
Шайба плоская 16	8 шт.	2,4	950	самовывоз
«Итого:	–	–	44285,9	–
Транспортно-заготовительные расходы	–	–	3633,41	–
Всего:	–	–	47919,31	–

## 5.2 Определение затрат на выплату заработной платы

Для определения затрат на» [29] заработную плату воспользуемся формулой (32):

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (32)$$

Для удобства сводим информацию по «затратам на выплату основной заработной платы в таблицу 22.

Таблица 22 – Информация по затратам на выплату основной заработной платы» [12]

Наименование основной технологической операции	Разряд рабочего в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий «рабочих»	Затраты на производство единицы продукции (трудоемкость), чел-ч.	Должностной оклад, руб./час	Заработная плата, руб.
1 Заготовительная	3	15	52,8	792
2 Сварочная	5	16	61,2	979,2
3 Токарная	5	8	61,2	489,6
4 Фрезерная	5	10	61,2	612
5 Сверлильная	4	6	55,74	334,44
6 Слесарная	4	6	55,74	334,44
7 Сборочная	5	24	61,2	1468,8
8 Окрасочная	4	2	55,74	111,48
9 Испытательная	4	0,5	55,74	27,87
Итого:	–	–	–	5149,83
Выплата стимулирующего характера (ч. 1 ст. 129 ТК РФ):	–	–	–	1029,96
Основная заработная плата:	–	–	–	6179,79

Для определения затрат на выплату дополнительной заработной платы воспользуемся формулой (33):

$$Z_d = Z_o \cdot K_d, \quad (33)$$

где  $K_d$  [9] – «коэффициент доплат до часового фонда заработной платы,»

$$K_d = 1,1 [10].$$

$$\ll Z_d = 6179,79 \cdot 1,1 = 617,97 \text{ р.}$$

Для определения затрат на отчисления единого социального налога воспользуемся формулой (34):

$$O_C = (Z_O + Z_D) \cdot K_C, \quad (34)$$

где  $K_C$  – коэффициент доплат до часового фонда» [9] «заработной платы,

$$K_C = 0,26 \text{ [19].}$$

$$O_C = (6179,79 + 617,97) \cdot 0,26 = 1767,42 \text{ р.}$$

### 5.3 Определение» [1] затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Для определения затрат на содержание и эксплуатацию оборудования «воспользуемся формулой (35):

$$P_{\text{сод.об}} = Z_O \cdot K_{\text{об}}, \quad (35)$$

где  $K_{\text{об}}$  – коэффициент, учитывающий» [11] расходы на содержание и эксплуатацию оборудования,  $K_{\text{об}} = 1,04$  [20].

$$P_{\text{сод.об}} = 6179,79 \cdot 1,04 = 6426,98 \text{ р.}$$

«Для определения затрат на общепроизводственные нужды воспользуемся формулой (36):

$$P_{\text{онр}} = Z_O \cdot K_{\text{онр}}, \quad (36)$$

где  $K_{\text{онр}}$  – коэффициент распределения общепроизводственных расходов» [9],  $K_{\text{онр}} = 1,5$ .

$$P_{\text{онр}} = 6179,79 \cdot 1,5 = 9269,69 \text{ р.}$$

Для определения цеховой (внутрихозяйственной) себестоимости воспользуемся формулой (37):

$$C_{\text{ц}} = M + \Pi_{\text{ц}} + Z_O + Z_D + O_C + P_{\text{соб.об}} + P_{\text{онр}}. \quad (37)$$

$$C_{\text{ц}} = 8874,51 + 55539,31 + 6179,79 + 617,79 + 1767,42 + 6426,98 + 9269,69 = 88675,71 \text{ р.}$$

Для определения затрат на общехозяйственные (общезаводские) расходы воспользуемся формулой (38):

$$P_{\text{охр}} = Z_O \cdot K_{\text{охр}}, \quad (38)$$

где  $K_{охр}$  – коэффициент, учитывающий общехозяйственные расходы,

$$K_{охр} = 1,6.$$

$$P_{охр} = 6179,79 \cdot 1,6 = 9887,67 \text{ р.}$$

Для определения общих затрат воспользуемся формулой (39):

$$C_{ПП} = C_{Ц} + P_{охр}, \quad (39)$$

$$C_{ПП} = 88675,71 + 9887,67 = 98563,38 \text{ р.}$$

Для определения затрат на внепроизводственные нужды воспользуемся формулой (40):

$$P_{ВН} = C_{ПП} \cdot K_{внепр}, \quad (40)$$

где  $K_{внепр}$  – коэффициент, учитывающий внепроизводственные расходы,  $K_{внепр} = 0,05$ .

$$P_{ВН} = 98563,38 \cdot 0,05 = 4928,16 \text{ р.}$$

#### **5.4 Определение общей суммы затрат на изготовление конструкции**

##### **подъемника для спортивного болида**

Для «определения общих затрат на изготовление конструкции стапеля для сборочных работ спортивных болидов, покупку материалов, выплату денежных средств» [3] воспользуемся формулой (41):

$$C_{ОБЩ} = C_{ПП} + P_{ВН}, \quad (41)$$

$$C_{ОБЩ} = 28227,84 + 3928,16 = 32156 \text{ р.}$$

Ориентировочная стоимость изготовления спроектированного подъемника для спортивного болида «Формула-Студент» составляет 32156 р.

Вывод:

Проведенный обзор аналогичных конструкций подъемника для сборочных работ показал, что средняя стоимость представленных на рынке зарубежных и отечественных аналогов данного оборудования составляет 49700 р. Экономическая эффективность от внедрения разработанной

конструкции подъемника для сборочных работ спортивных болидов  
составляет 17544 р.

## Заключение

Представлена «выпускная квалификационная» [11] работа «дипломный проект на тему «Разработка передвижного подъемника для спортивного болида «Формула-Студент»»[2] В пояснительной записке, проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей, как производимых самостоятельно, так и закупочных.

Согласно технологическим и прочностным расчетам разработаны и оформлены конструкторские чертежи, которые представлены в настоящей работе. Выбор технологии и оборудования подкреплен экономическим эффектом, расчет которого приведен в специальной главе и, несомненно, соответствует требованиям безопасности и экологичности.

В работе, представлена усовершенствованная планировка платформы производственного отделения. В производственном помещении спланирована эксплуатационная зона для расположения механизированного устройства передвижного подъемника. Выполнены расчеты элементов конструкции механизированного передвижного подъемника. Самостоятельная разработка технологического оборудования проводится на основе «курсового проектирования. Применены знания проектирования и технической эксплуатации автомобилей, а также разработки технологий его обслуживания и ремонта.

Проведены исследования вопросов обеспечения безопасных технологических процессов при основных работах для проектируемого подъемника для спортивного болида.» [7]

В дипломном проекте, представлена усовершенствованная планировка платформы учебно-производственного отделения «Формула-Студент». В производственном помещении спланирована эксплуатационная зона для базирования передвижного подъемника для спортивного болида.

## Список используемых источников

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х томах. 7-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 1992.
2. Баженов, С. П. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов : учеб. для вузов / С. П. Баженов, Б. Н. Казьмин, С. В. Носов ; под ред. С. П. Баженова. - 4-е изд., стер. ; Гриф МО. - М. : Академия, 2010. - 328, [1] с.
3. Блюменштейн, В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 224 с. : ил.
4. Бондаренко Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" (профиль подготовки "Автомобили и автомобил. хоз-во") / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с. : ил.
5. Виноградов, В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учеб. пособие / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. - Москва : ИНФРА-М , 2016. - 346 с. : ил.
6. Виноградов В. М. Технологические процессы автоматизированных производств [Электронный ресурс] : учебник / В. М. Виноградов, В. В. Клепиков, А. А. Черепяхин. - Москва : КУРС : ИНФРА-М , 2017. - 272 с. : ил.
7. Волгин, В.В. Автосервис: Создание и компьютеризация: Практическое пособие [Текст] / В.В. Волгин. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2008. – 572 с.
8. Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Д. Ю. Воронов, А. В.

Щипанов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 140 с. : ил.

9. Головин С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 282 с.

10. Горина, Л.Н. Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта / Методические указания к дипломному проектированию [Текст] / – Тольятти: ТГУ, 2003. – 17с.

11. Гудцов, В. Н. Современный легковой автомобиль : Экология. Экономичность. Электроника. Эргономика : (тенденции и перспективы развития) : учеб. пособие для вузов / В. Н. Гудцов. - 2-е изд., стер. ; гриф УМО. - Москва : Кнорус, 2013. - 448 с.

12. Денисов А. С. Практикум по технической эксплуатации автомобилей : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" / А. С. Денисов, А. С. Гребенников. - 3-е изд., перераб. ; Гриф УМО. - Москва : Академия, 2016. - 240 с. : ил

13. Диагностирование автомобилей : практикум : учеб. пособие для вузов / А. Н. Карташевич [и др.] ; под ред. А. Н. Карташевича . - Минск : Новое знание, 2017 ; Москва : ИНФРА-М, 2017. - 207 с. : ил.

14. Епишкин, В.Е. Проектирование станций технического обслуживания автомобилей : учеб.-метод. пособие по выполнению курсового проектирования по дисциплине «Проектирование предприятий автомобильного транспорта» [Текст] / В.Е. Епишкин, А.П. Караченцев, В.Г. Остапец. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2012. - 195 с.

15. Запорожцев, А.В. Износ шин и работа автомобиля / А.В. Запорожцев, Е.В. Кленников. – М. : НИИ информации автомоб. промышленности, 1971. – 52 с.

16. Зотов А. В. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. В. Зотов, А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 87 с.

17. Иванов В. П. Оборудование и оснастка промышленного предприятия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Иванов, А. В. Крыленко. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2016. - 235 с. : ил.

18. Карташевич А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко ; Под ред. А. Н. Карташевича. - Минск : Новое знание, 2016 ; Москва : ИНФРА-М, 2016. - 421 с. : ил.

19. Карташевич А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко ; под ред. А. Н. Карташевича. - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 313 с. : ил.

20. Коваленко Н. А. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. А. Коваленко. - Минск : Новое знание, 2016 ; Москва : ИНФРА-М, 2016. - 229 с. : ил.

21. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Коммер. деятельность" / В. М. Круглик, Н. Г. Сычев. - Минск : Новое знание, 2015 ; Москва : ИНФРА-М, 2015. - 259 с. : ил.

22. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля / П.П. Лукин. - М.: Машиностроение, 1984. 376 с.

23. Малкин В. С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Малкин ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 451 с. : ил.

24. Основы расчета и проектирования систем автоматического управления в машиностроении: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / О. И. Драчев [и др.]. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 167 с. : ил.

28 Pia, G. Pistons and engine testing[Text]/G.Pia.-Springer Vieweg, 2016.– P. 295

25. Павлов Д. А. Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания : Раздел "Расчет элементов конструирования ДВС". Определение теплонапряженности поршня и граничных условий теплообмена на поверхности отдельных элементов поршня : учеб. пособие / Д. А. Павлов, В. В. Смоленский ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Энергетические машины и системы управления". - ТГУ. - Самара : СамНЦ РАН, 2016. - 76, [3] с. : ил.

26. Павлов Д. А. Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания : раздел "Кинематика и динамика ДВС" : учеб. пособие / Д. А. Павлов, В. В. Смоленский ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Энергетические машины и системы управления". - ТГУ. - Самара : СамНЦ РАН, 2016. - 50 с. : ил.

27. Ременцов А. Н. Типаж и эксплуатация технологического оборудования : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" / А. Н. Ременцов, Ю. Г. Сапронов, С. Г. Соловьев. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с. : ил.

28. Сафронов, В.А. Экономика предприятия: Учебник [Текст] / В.А. Сафронов. – М. : «Юрист», 2005.

29. Сярдова О. М. Основы логистики [Электронный ресурс] : практикум / О. М. Сярдова, С. Е. Васильева, С. Ю. Данилова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Менеджмент организации". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 92 с. : ил.

30. Сысоев С. К. Технология машиностроения : Проектирование технол. процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. - 349 с. : ил.

31. Тверитнев, М.В. Англо-русский и русско-английский автомобильный словарь / М.В. Тверитнев.-М. : РУССО, 2001. – 492 с.

32. Тотай А. В. Детали машин. Современные средства и прогрессивные методы обработки : учеб. для акад. бакалавриата / А. В. Тотай, М. Н. Нагоркин, В. П. Федоров ; под общ. ред. А. В. Тотая. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 286, [1] с. : ил.

33. Тракторы и автомобили : Конструкция : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям агроном. образования / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Гриф УМО. - Москва : КНОРУС, 2016. - 252 с. : ил.

34. Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с.

35. Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. А. Черепанов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 60 с. : ил.

36. Щепетов А. Г. Основы проектирования приборов и систем : учеб. и практикум для акад. бакалавриата / А. Г. Щепетов. - Гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 458 с. : ил.

37. Electric Vehicles: Perspectives and Challenges [Электронный ресурс] / Nicola Armaroli, Filippo Monti, Andrea Barbieri. - Электрон. журн. — Florence: Firenze University Press, 2019. - URL

38. Modelling the Effect of Driving Events on Electrical Vehicle Energy

Consumption Using Inertial Sensors in Smartphones [Электронный ресурс] / David Jiménez, Sara Hernández, Jesús Fraile-Ardanuy, и др. - Электрон. журн. - Switzerland: MDPI AG, 2018. – URL.

39. Regulations Hinder Development of Driverless Cars [Электронный ресурс]: новости The New York Times – URL

40. Nerush YM Transport logistics : textbook. for Acad. bachelor / Yu. M. Nerush, S. V. Sarkisov, 2016. - - URL.

41. Fleet Transition from Combustion to Electric Vehicles: A Case Study in a Portuguese Business Campus [Электронный ресурс] / Bruno Pinto, Filipe Barata, Constantino Soares, Carla Viveiros.. - Электрон. журн. - Switzerland: Energies, 2020.

# Приложение А

## Спецификация

Фармац. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>					
A1		21.ДП.ПЭА.134.6.100.000СБ	Сборочный чертеж		
A4		21.ДП.ПЭА.134.6.100.000ПЗ	Пояснительная записка		
<i>Сборочные единицы</i>					
Б4	1	21.ДП.ПЭА.134.6.101.000	Рама в сборе	1	
Б4	2	21.ДП.ПЭА.134.6.102.000	Платформа в сборе	1	
Б4	3	21.ДП.ПЭА.134.6.103.000	Стойка в сборе	8	
Б4	4	21.ДП.ПЭА.134.6.104.000	Гидроцилиндр в сборе	1	
Б4	5	21.ДП.ПЭА.134.6.105.000	Насос масляный в сборе	1	
Б4	6	21.ДП.ПЭА.134.6.106.000	Трубопровод в сборе	1	
Б4	7	21.ДП.ПЭА.134.6.107.000	Колесо неповоротное в сборе	2	
Б4	8	21.ДП.ПЭА.134.6.108.000	Стойка опорная в сборе	2	
<i>Детали</i>					
	11	21.ДП.ПЭА.134.6.100.011	Швеллер 80x60x1600	2	
	12	21.ДП.ПЭА.134.6.100.012	Труба 70x40x1000	1	
	13	21.ДП.ПЭА.134.6.100.013	Труба 70x40x960	1	
	14	21.ДП.ПЭА.134.6.100.014	Полоса 8x140x720	3	
	15	21.ДП.ПЭА.134.6.100.015	Полоса 8x50x680	4	
	16	21.ДП.ПЭА.134.6.100.016	Рукоять	1	
	17	21.ДП.ПЭА.134.6.100.017	Швеллер 80x60x1030	2	
	18	21.ДП.ПЭА.134.6.100.018	Швеллер 70x30x680	2	
21.ДП.ПЭА.134.6.100.000					
Изм./Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Моисеев			
Пров.		Турбин			
Н.контр.		Турбин			
Утв.		Бодраевский			
Подъемник передвижной				Лит.	Лист
				1	3
				ТГУ, ИМ	
				гр. АТС-1601а	
Копировал				Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на стеллаж механизированный

## Продолжение приложения А

Фирма/поз.	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		19	21.ДП.ПЭА.134.6100.019	Плита 10х1000х1320	1		
		20	21.ДП.ПЭА.134.6100.020	Стойка 15х50х1182	8		
		21	21.ДП.ПЭА.134.6100.021	Втулка стойки	24		
		22	21.ДП.ПЭА.134.6100.022	Кронштейн нижний	2		
		23	21.ДП.ПЭА.134.6100.023	Кронштейн верхний	2		
		24	21.ДП.ПЭА.134.6100.024	Кронштейн пружины верхний	1		
		25	21.ДП.ПЭА.134.6100.025	Кронштейн пружины нижний	1		
		26	21.ДП.ПЭА.134.6100.026	Крышка масляного бака	1		
		27	21.ДП.ПЭА.134.6100.027	Сапун	1		
		28	21.ДП.ПЭА.134.6100.028	Штуцер 8	3		
		29	21.ДП.ПЭА.134.6100.029	Труба 8	1		
		30	21.ДП.ПЭА.134.6100.030	Угол 35х45	6		
		31	20.ДП.ПЭА.14.96100.031	Труба 25	2		
		32	20.ДП.ПЭА.14.96100.032	Ось ролика верхнего	2		
		33	20.ДП.ПЭА.14.96100.033	Ось стойки верхней	2		
		34	20.ДП.ПЭА.14.96100.034	Подкладка	2		
		35	20.ДП.ПЭА.14.96100.035	Ось стоек	4		
		36	20.ДП.ПЭА.14.96100.036	Ролик опорный	4		
		37	20.ДП.ПЭА.14.96100.037	Ось толкателя	1		
		38	21.ДП.ПЭА.134.6100.038	Втулка дистанционная	2		
				<u>Стандартные изделия</u>			
		40		Гайка М20 ГОСТ 5927-70	9		
		41		Шайба 20 ГОСТ 11371-78	9		
		42		Шайба стопорная ГОСТ 5056-70	9		
		43		Болт М8х20 ГОСТ 15589-70	4		
		44		Гайка М8 ГОСТ 5927-70	4		
		45		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	4		
		46		Шайба стопорная 8 ГОСТ 5056-70	4		
Инв. № подл.	21.ДП.ПЭА.134.6100.000						Лист
							2
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата	Изм./лист	№ докум.	Подл.	Дата	

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на стеллаж механизированный

