

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 подъемного стапеля для сборки спортивного болида
«Формула-Студент»

Обучающийся

П.А. Ягутян

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук А.В. Бобровский

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

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

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

канд. экон. наук Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2025

Аннотация

В данной работе рассматривается процесс разработки подъёмного стапеля, предназначенного для сборки спортивного болида в рамках соревнований «Формула-Студент». Целью исследования является создание эффективного и безопасного инструмента, который обеспечит удобство и быстроту сборки различных компонентов болида, а также их последующий монтаж и демонтаж.

«Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников, включая иностранные.»[18]

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

В ходе работы проводился анализ существующих решений, выявлялись основные проблемы, связанные с манипуляциями с тяжёлыми компонентами, и разрабатывались технические требования к новому оборудованию. Описание конструкции подъёмного стапеля включает в себя выбор материалов, механических систем и механизмов подъёма, а также обеспечение эргономичности и безопасности при эксплуатации.

Результаты работы могут быть использованы не только в рамках команды «Формула-Студент», но и в других соревновательных проектах и учебных заведениях, занимающихся аналогичными разработками. Внедрение этого подъёмного стапеля для проводимых работ позволит значительно упростить процесс сборки болида и повысить его качественные характеристики.

Abstract

In this work, the process of developing an upsurge, designed to assemble a sports car as part of the Formula-Student competition, is considered. The purpose of the study is to create an effective and safe tool that will ensure the convenience and speed of assembly of various components of the car, as well as their subsequent installation and dismantling.

«The diploma project consists of the following sections: introduction, six chapters revealing the subject of the project, conclusion, a list of sources used, including foreign ones. »[18]

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

In the course of the work, an analysis of existing solutions was carried out, the main problems associated with manipulations with heavy components were identified, and technical requirements for new equipment were developed. The description of the construction of the lifting slipway includes the choice of materials, mechanical systems and lifting mechanisms, as well as ensuring ergonomics and safety during operation.

The results of the work can be used not only within the framework of the Formula Student team, but also in other competitive projects and educational institutions engaged in similar developments. The introduction of this lifting slipway for the work carried out will significantly simplify the process of assembling the car and improve its quality characteristics.

Содержание

Введение	6
1 Зарождение проекта «Формула студент»	9
1.1 Обзор проекта	9
1.2 Влияние на обучение и карьеру студентов	10
1.3 Развитие проекта «Формула-Студент»	12
2 Тягово-динамический расчет	14
2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета	14
2.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя	16
2.3 Определение передаточного числа главной передачи	18
2.4 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля	31
3 Конструкторская часть	34
3.1 Техническое задание на разработку стапеля	34
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции подъемника	36
3.3 Сравнительный анализ существующих аналогов стапелей	43
3.4 Подбор основных элементов конструкции	48
3.5 Разработка инструкции по работе с устройством для разборки/сборки элементов	53
4 Технологический процесс сборки устройства	55
4.1 Общие положения	55
5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки	57
5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования	57
5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования	60
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	62
5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки	64
5.5 Обеспечение экологической безопасности	66
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки	68

6.1 Описание участка и производимых работ	68
6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке	69
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления	70
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию	72
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала.....	75
Заключение	79
Список использованных источников	80
Приложение А. Спецификация.....	84

Введение

В современных инженерных проектах, особенно в области автомобилестроения и спортивного машиностроения, важное значение имеет эффективная организация производственного процесса и обеспечение высокой точности сборочных операций. Проектирование и изготовление спортивного болида «Формула Студент» требует не только инновационных технических решений, но и создания специализированного оборудования, способствующего облегчению и ускорению сборочных работ.

Одним из ключевых элементов производственного процесса является подъемный стапель — устройство, предназначенное для надежной фиксации и подъема различных частей болида во время сборки и ремонта. Разработка такого стапеля позволяет обеспечить удобство работы, повысить безопасность персонала и минимизировать риск повреждения компонентов автомобиля.

Настоящая работа посвящена разработке подъемного стапеля, адаптированного под специфические требования спортивного болида «Формула Студент». В ходе исследования будут рассмотрены технические характеристики болида, анализ существующих решений, а также предложены конструктивные и технологические решения для создания эффективного и надежного подъемного устройства. Результаты работы направлены на оптимизацию сборочного процесса и повышение качества конечного продукта. [11]

Современное производство и ремонтные работы в различных отраслях промышленности требуют применения надежных и эффективных подъемных устройств. Одним из таких устройств является подъемный стапель ножничного типа с гидравлическим подъемным механизмом, который широко используется благодаря своей компактности, высокой грузоподъемности и удобству эксплуатации.

Соревнования "Формула Студент" представляют собой престижный инженерный конкурс, в котором студенческие команды разрабатывают, проектируют, строят и испытывают гоночный болид. Успех команды в

значительной степени зависит от качества сборки и точности изготовления всех компонентов болида. Процесс сборки спортивного болида "Формула Студент" является сложным и трудоемким, требующим высокой точности и эргономичности рабочего места. Неудобное положение при сборке, ограниченный доступ к различным узлам и деталям, а также отсутствие специализированного оборудования могут негативно сказаться на качестве сборки, времени, затраченном на процесс, и, как следствие, на конечных результатах команды. [8]

Объектом исследования является стапель для сборки спортивного болида "Формула Студент".

Предметом исследования являются конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики подъемного стапеля, обеспечивающие удобство и эффективность процесса сборки болида.

Методы исследования: В работе используются методы теоретического анализа, конечно-элементного моделирования, расчета прочности, а также методы инженерного проектирования и эргономического анализа. [3]

Современные технологии в области автомобилестроения и спортивного машиностроения требуют постоянного совершенствования производственных процессов и оборудования, используемого для сборки и обслуживания высокотехнологичных транспортных средств. Особенно это актуально для проектов, связанных с разработкой и изготовлением спортивных болидов, таких как автомобили категории «Формула Студент», где точность, безопасность и оперативность сборочных операций играют ключевую роль. В таких условиях важное значение приобретает специализированное подъемно-сборочное оборудование, способное обеспечить удобство работы, высокую надежность и мобильность.

Одним из эффективных решений в данной области является разработка передвижного стапеля с ножничным подъемным механизмом. Ножничный механизм, благодаря своей конструктивной простоте и надежности, обеспечивает плавный и устойчивый подъем грузов на заданную высоту, что

особенно важно при сборке сложных и точных компонентов спортивного болида. Передвижной стапель, в свою очередь, позволяет легко перемещать сборочную платформу по территории производственного цеха или испытательной базы, что значительно повышает гибкость и адаптивность производственного процесса. [36]

Актуальность разработки такого оборудования обусловлена необходимостью оптимизации технологических операций при сборке болидов, где каждая деталь требует аккуратного и безопасного обращения. Традиционные неподвижные или громоздкие подъемные устройства зачастую ограничивают пространство и создают неудобства для сборщиков, что может приводить к снижению производительности и увеличению времени сборки. Передвижной стапель с ножничным механизмом способен устранить эти недостатки, обеспечивая мобильность, удобный доступ к узлам автомобиля и возможность точной фиксации на нужной высоте. [10]

Целью настоящего исследования является разработка конструкции передвижного стапеля с ножничным подъемным механизмом, адаптированной под специфические требования сборки спортивных болидов.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной конструкции подъемного стапеля для повышения эффективности и качества сборки спортивного болида «Формула Студент». Разработанный стапель может быть использован студенческими командами для оптимизации процесса сборки и улучшения результатов на соревнованиях.

1 Зарождение проекта «Formula Student»

1.1 Обзор проекта

Проект «Formula Student» (или «Formula SAE» в США) – это международный инженерный конкурс, который ставит перед студенческими командами сложную и увлекательную задачу: спроектировать, построить, испытать и представить рынку прототип гоночного автомобиля в стиле Формулы 1. Этот уникальный проект стал мощным инструментом для подготовки высококвалифицированных инженеров, способных решать сложные задачи в условиях реального мира. [27]

Актуальность изучения истории зарождения и развития проекта «Formula Student» обусловлена необходимостью понимания истоков этого движения, его целей, принципов и эволюции. Анализ прошлого позволяет лучше понять современное состояние проекта, его сильные и слабые стороны, а также определить направления дальнейшего развития. Кроме того, изучение истории проекта может служить вдохновением для новых команд и помочь им избежать ошибок, допущенных предшественниками. Понимание философии проекта, заложенной его основателями, является ключом к успешному участию в соревнованиях.

Целью данной работы является исследование истории зарождения и развития проекта «Formula Student», выявление ключевых факторов, способствовавших его успеху, и анализ его влияния на инженерное образование.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить историю создания проекта «Formula SAE» в США, его цели и задачи;
- Проанализировать процесс распространения проекта в другие страны, включая Европу и Азию, и трансформацию в «Formula Student»;

- Выявить ключевые факторы, способствовавшие успеху и популярности проекта среди студентов и университетов;
- Рассмотреть эволюцию правил и технических требований проекта на протяжении его истории;
- Оценить влияние проекта «Formula Student» на инженерное образование и карьерные перспективы выпускников;
- Проанализировать вклад проекта в развитие автомобильной промышленности и инновационных технологий.

Объектом исследования является международный инженерный конкурс «Formula Student». Предметом исследования является история зарождения, развития и влияние проекта «Formula Student» на инженерное образование и автомобильную промышленность. [30]

Методы исследования: В работе используются методы сравнительного анализа, контент-анализа публикаций, а также анализ официальных документов и регламентов соревнований.

В нашей стране, «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. Первый гоночный болид этой команды представлен на рисунке 2. »[1]

1.2 Влияние на обучение и карьеру студентов

Развитие проекта сопровождалось расширением географии соревнований. Практическая значимость работы заключается в предоставлении ценной информации об истории и развитии проекта «Formula Student», которая может быть использована для повышения эффективности участия в соревнованиях, для привлечения новых участников и спонсоров, а также для совершенствования инженерного образования. Результаты

исследования могут быть полезны студентам, преподавателям, организаторам соревнований и представителям автомобильной промышленности.[23]

В Тольяттинском Государственном Университете проект поддержали в 2007 году, вслед за москвичами. «Была создана первая команда ТГУ «SPC Formula», что можно считать началом истории развития проекта «Формула студент» в ТГУ. Тольяттинская команда была третьей Российской командой, принявшей участие в создании оригинального болида, »[1] когда студенческая команда ТГУ впервые заявила в 2008 году на участие в международных соревнованиях «Formula Student» как создатели гоночных автомобилей.



Рисунок 1 - Первый Российский болид Формула Студент команды МАДИ



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.»[1] «Благодаря победам студенческой команды в конкурсных номинациях соревнований российских этапов, был засвидетельствован сравнительно высокий профессиональный уровень выполненных работ» [3].



Рисунок 3 - Первый болид проекта «формула-студент» команды ТГУ

1.3 Развитие проекта «Формула-Студент»

Особое значение в развитии «Формулы-Студент» приобрели партнерские отношения с промышленными предприятиями и научно-исследовательскими организациями. Компании предоставляют спонсорскую поддержку, технические консультации и возможность стажировок для студентов, что способствует формированию кадрового резерва и внедрению передовых технологий в производство. Университеты, в свою очередь, интегрируют участие в проекте в учебные программы, что повышает качество подготовки специалистов и стимулирует развитие научных исследований в области автомобилестроения. [15]

Таким образом, проект «Формула-Студент» прошел значительный путь от локального студенческого конкурса до международного инженерного движения, оказывающего существенное влияние на образование и промышленность. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью оптимизации процесса сборки спортивного болида «Формула Студент» путем разработки и внедрения специализированного подъемного стапеля.

Целью данной работы является разработка конструкции подъемного стапеля, предназначенного для сборки спортивного болида «Формула Студент», обеспечивающего удобство, точность и эффективность процесса сборки. [31]

Вывод:

Использование универсального стапельного оборудования не всегда позволяет обеспечить необходимую точность и удобство сборки, в то время как спроектированный под конкретный болид стапель позволит значительно повысить эффективность и качество процесса. [7] Разработка такого стапеля поможет команде сократить время сборки, повысить точность монтажа компонентов и улучшить эргономику рабочего места, что в конечном итоге положительно скажется на результатах команды на соревнованиях.

2 «Тягово-динамический расчет»

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «FormulaStudent» сведем в таблицу 1. Расчет производился в соответствии с методикой описанной в источнике [3]

Таблица 1 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

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

2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n + m_{\text{б}} \cdot n, \quad (1)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

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

n – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$ – вес багажа.

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

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (2)$$

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

$$G_a = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ Н} \text{ » [4]}$$

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

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: » [4]

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

«Вес, приходящийся на ведомые колеса:

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

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (3)$$

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

$$K = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206 \text{ » [4]}$$

«Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H , \quad (4)$$

где: B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

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

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

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

где: d – посадочный диаметр шины, дюйм;

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

H – высота профиля шины. »[4]

$$r_k = 0,5 \cdot 0,33 + 0,85 \cdot 0,12 = 0,267 \text{ м}$$

2.2 «Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной принятой скорости движения:

$$N_V = N_{\max} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3) , \quad (6)$$

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

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

$$N_V = 43011 \cdot (1,14 + 1,14^2 - 1,14^3) = 41206,95 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле: »[4]

$$\llcorner N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] , \quad (7)$$

где: ω_e – текущее значение угловой скорости коленвала, рад/с;

ω_N – угловая скорость коленвала при максимальной мощности, рад/с (733,04рад/с).

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

Для построения кривой эффективного момента M_e (Н · м) применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (8)$$

Рассчитываем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчетов сводим в таблицу (см. табл.2) и представляем в виде графика на рисунке 4.

Таблица 2 – Результаты расчетов

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , кВт	$M_{e[3]}$, Н · м
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

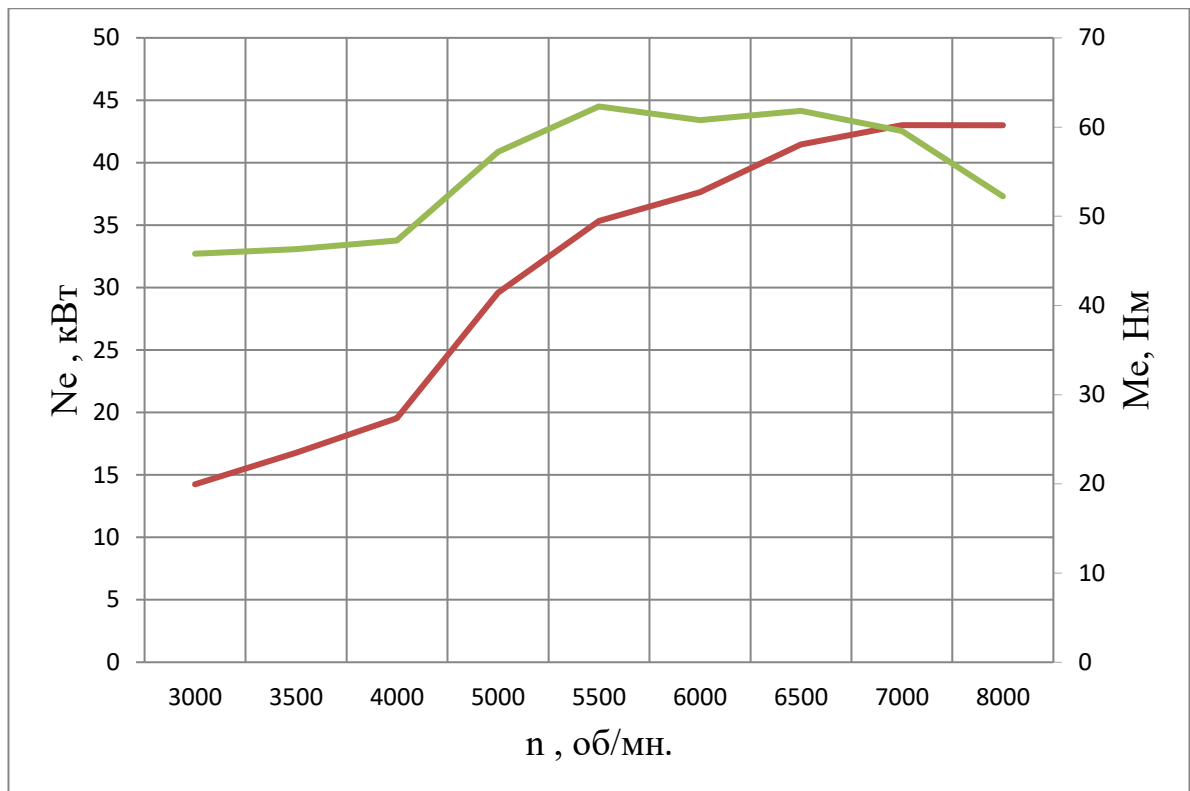


Рисунок 4 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

2.3 «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; »[1]

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

«Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи принятой в задании на курсовой проект $U_0=3,46$.

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

2.3.1 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_d + F_v + F_{\text{и}}, \quad (10)$$

где: F_T – сила тяги ведущих колес, Н;

F_d – сила дорожного сопротивления, Н;

F_v – сила сопротивления воздуха, Н;

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

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{Ti} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k}, \quad (11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

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

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_d = G_a \cdot f, \quad (13)$$

»[3]

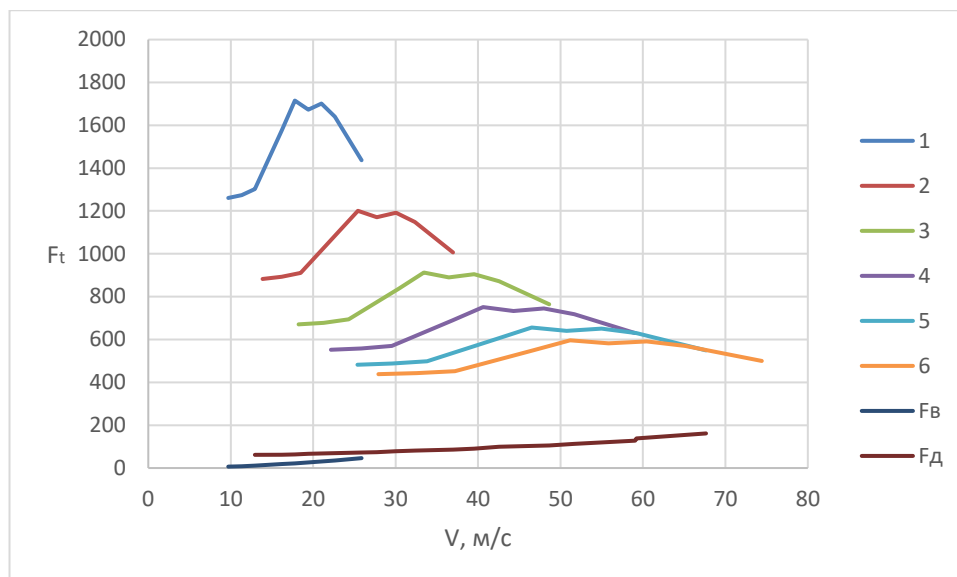
«где: $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$ – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения автомобиля.

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

Результаты расчетов занесем в таблицу 3 и представляем на рисунке 5.

Таблица 3– Результаты расчетов баланса

ω_e »[3]		«314,1 6	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
1 передача	V	9,70	11,32	12,93	16,17	17,78	19,40	21,02	22,64	25,87
	F_T	1260,8	1274,7	1301,9	1575,6	1715,3	1672,7	1701,8	1639,5	1437,5
	f	0,020	0,021	0,022	0,023	0,023	0,024	0,024	0,025	0,027
	F_B	6,5	8,84	11,55	18,04	21,83	25,98	30,5	35,37	46,19
	F_D	61,63	62,63	63,78	66,55	68,17	69,94	71,86	73,94	78,55
2 передача	V	13,86	16,17	18,48	23,10	25,41	27,72	30,03	32,34	36,96
	F_T	882,58	892,27	911,34	1102,94	1200,70	1170,86	1191,25	1147,68	1006,25
	f	0,022	0,023	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,030	0,034
	F_B	13,26	18,04	23,57	36,83	44,56	53,03	62,23	72,18	94,27
	F_D	64,51	66,55	68,91	74,56	77,86	81,47	85,39	89,63	99,05»[4]
3 передача	V	18,23	21,27	24,31	30,39	33,43	36,47	39,51	42,55	48,63
	F_T	670,72	678,13	693,62	838,23	912,53	889,86	905,35	872,24	764,75
	f	0,023	0,025	0,026	0,029	0,031	0,033	0,036	0,038	0,044
	F_B	22,95	31,24	40,80	63,76	77,14	91,81	107,75	124,96	163,21
	F_D	68,64	72,18	76,26	86,04	91,75	98,00	104,80	112,14	128,45
4 передача	V	22,15	25,84	29,53	36,91	40,60	44,30	47,99	51,68	59,06»[3]
	F_T	552,21	558,31	570,24	690,12	751,30	732,63	745,38	718,12	629,63
	f	0,025	0,027	0,029	0,034	0,036	0,040	0,043	0,047	0,055
	F_B	33,86	46,09	60,20	94,06	113,81	135,44	158,96	184,35	240,79
	F_D	«73,30	78,51	84,52	98,96	107,38	116,61	126,63	137,46	161,52
5 передача	V	25,37	29,60	33,82	42,28	46,51	50,74	54,96	59,19	67,65
	F_T	482,11	487,43	497,85	602,52	655,93	639,63	650,76	629,96	549,70
	f	0,026	0,029	0,031	0,038	0,041	0,046	0,050	0,055	0,066
	F_B	44,42	60,46	78,97	123,40	149,31	177,69	208,54	241,86	315,90
	F_D	77,80	84,64	92,53	111,47	122,52	134,62	147,77	161,98	193,54
6 передача	V	27,91	32,56	37,21	46,51	51,16	55,82	60,47	65,12	74,42
	F_T	438,24	443,08	452,55	547,69	596,23	581,42	591,54	569,91	499,68
	f	0,028	0,031	0,034	0,042	0,046	0,051	0,057	0,062	0,075
	F_B	53,76	73,18	95,58	149,34	180,70	215,05	252,39	292,71	382,32
	F_D	81,78	90,06	99,61	122,53	135,90	150,55	166,46	183,66	221»[3]



«Рисунок 5 – Тяговый баланс автомобиля

2.3.2 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_t - F_B}{G_a}, \quad (14)$$

«По этой формуле и данным силового баланса рассчитываем и строим динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля.

Данные расчета заносим в таблицу 4 и представляем графически на рисунке 6. »[4]

«Чтобы учесть влияние буксования ведущих колес, определяем динамический фактор по сцеплению: »[4]

$$D_{\text{сц}} \approx \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{1471,5 \cdot 0,8}{2943} = 0,4.$$

Таблица 4 - Данные расчета «динамической характеристики»

ω_e , рад/с	Динамический фактор D					
	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

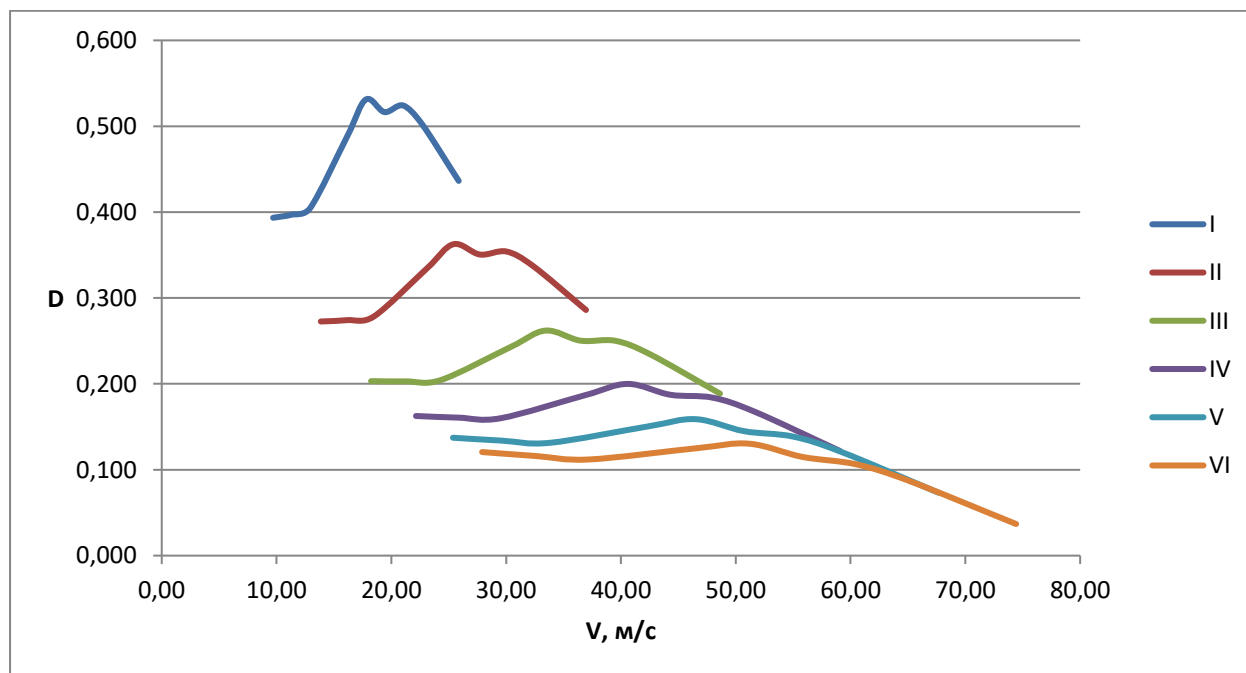


Рисунок 6 – Динамическая характеристика»[1] «автомобиля

2.3.3 Разгон автомобиля

Ускорение во время разгона определяем для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при »[4] «максимальном использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущих колес. Ускорение находим из выражения: [16]

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

где: $\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2)$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности»[4] «по формулам:

$$\delta_{вр1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,5^2) = 1,3625$$

$$\delta_{вр2} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,75^2) = 1,2031$$

$$\delta_{вр3} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,33^2) = 1,1384$$

$$\delta_{вр4} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 1,095^2) = 1,1099$$

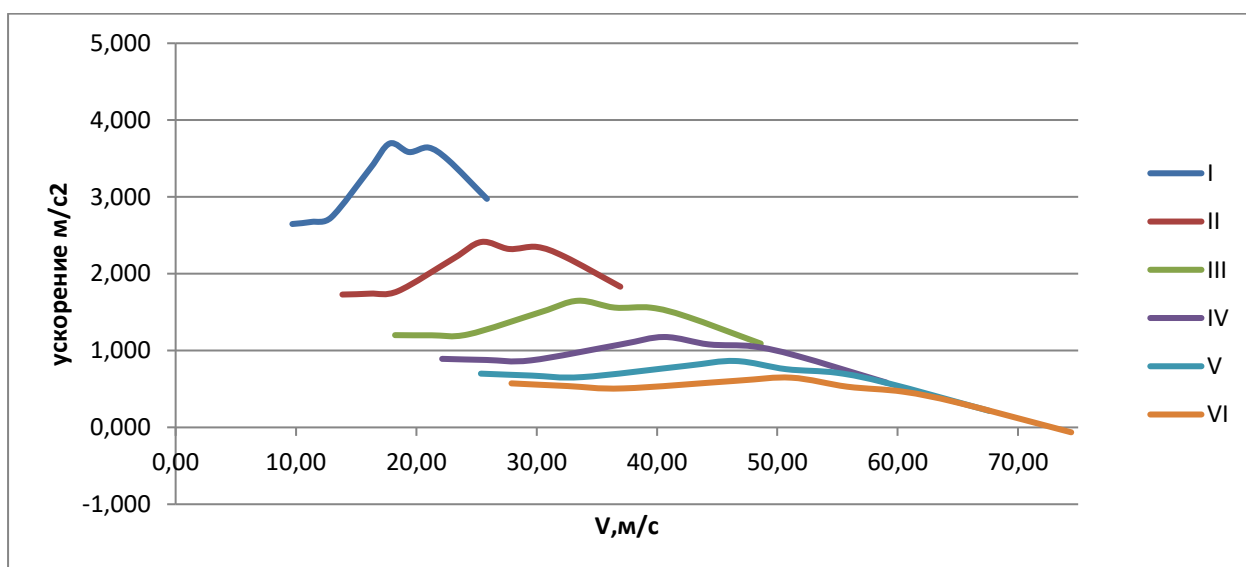
$$\delta_{вр5} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,956^2) = 1,0957$$

$$\delta_{вр6} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,869^2) = 1,0877$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 5 и строим график зависимости $j = f(V)$ на рисунке 7.

Таблица 5 – Значения ускорение разгона»[1

ω_e , рад/с	Ускорение j , м/с ²					
	I	II	III	IV	V	VI»[9]
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 7 – Ускорения автомобиля

Затем определяем значения обратных ускорений ($1/j$) и заносим их в таблицу 6 и график на рисунке 8. Поскольку при скоростях V , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$.

Таблица 6 – Значения обратных ускорений

$\omega_e, »[1]$ «рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j, c^2/m$					
	I	II	III	IV	V	VI
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»[3]

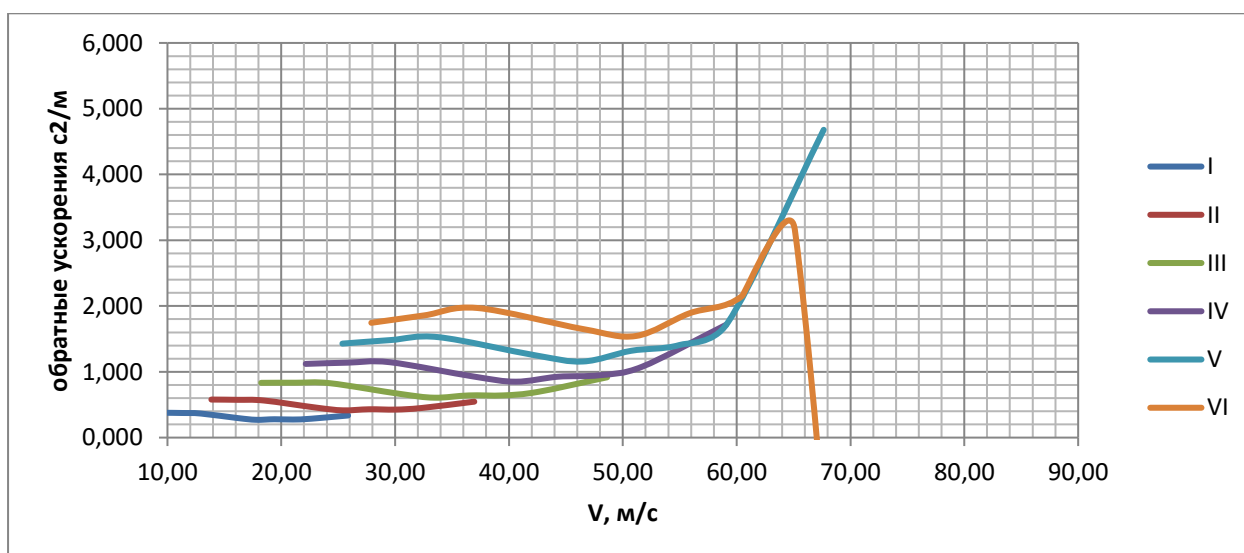


Рисунок 8 - Обратные ускорения автомобиля

2.3.4 «Время и путь разгона

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:

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

Для этого кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j = \text{const}$, которому соответствуют значения $(1/j) = \text{const}$. Эти величины можно определить следующим образом:

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

где: k – порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k$, переходим к приближенному интегрированию:

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

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

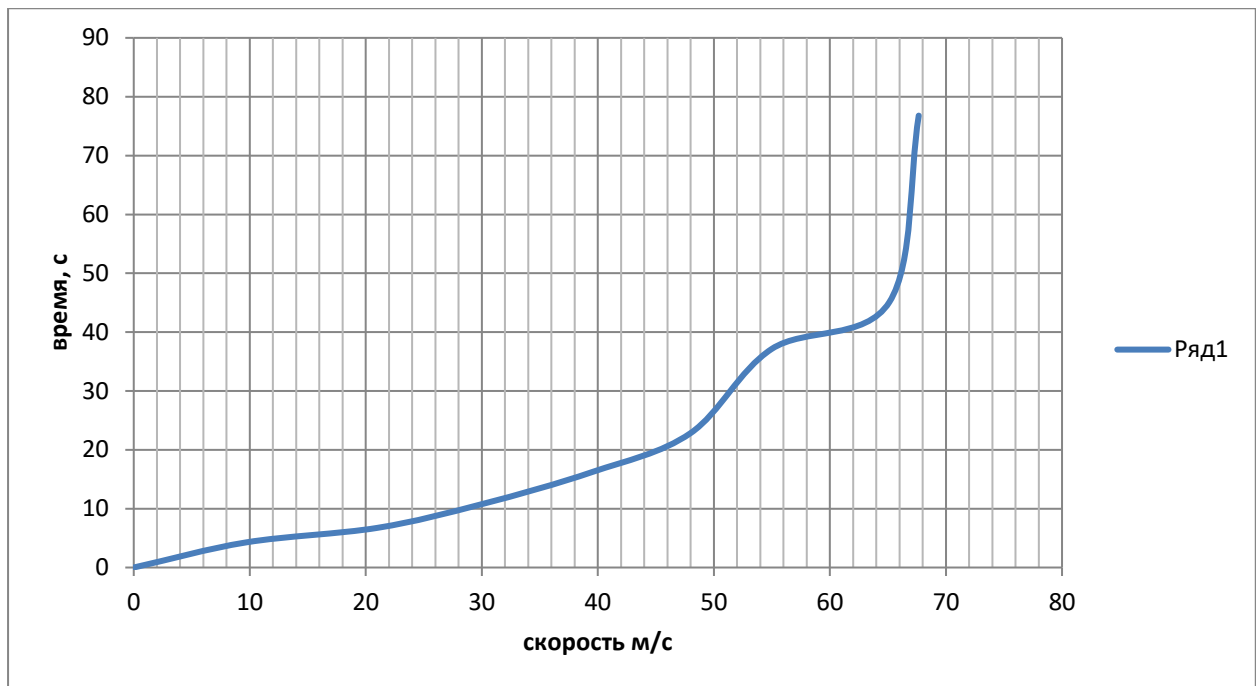
где: t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

t_2 – время разгона до скорости V_2 . »[21]

Результаты расчета сводим в таблицу 7 и график на рисунке 9.

Таблица 7 – Значения скорости и времени

« 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»[1]



«Рисунок 9 - Время разгона автомобиля

Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t=f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля.

В данном случае кривая $t=f(V)$ разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения V_{cpk} .

Площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k есть путь, который проходит автомобиль от отметки t_{k-1} до отметки t_k , двигаясь с постоянной скоростью V_{cpk} .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

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

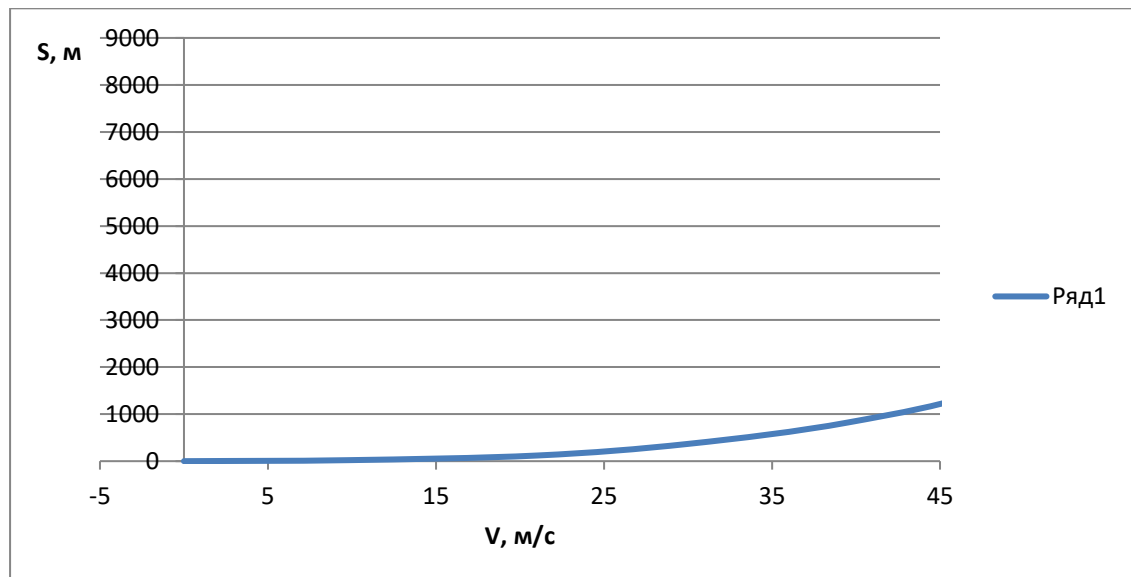
где: $k=1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m=n$). »[4]

«Путь разгона 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 : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Все результаты расчета заносим в таблицу 8 и строим график на рисунке 10.

Таблица 8 – Значения пути разгона и скорости»[

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
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»[1]
67,65	7723,40



«Рисунок 10 – Путь разгона автомобиля

2.3.5 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_v + N_d, \quad (20)$$

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

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

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

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

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

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

$N_D = F_i \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ($N_B = 0$), Вт.

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 9 и строим графики на рисунке 11.

Вверх от кривой N_f откладываем значения мощности сопротивления воздуха N_B .

Таблица 9 – Рассчитанные значения мощностного баланса

$n_e, \text{рад/с}$ [4]		«3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Вт		14,24 7	16,78 4	19,53 6	29,59 1	35,33 2	37,63 3	41,45 7	43,01 1	43,00 0
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 передача	$V, \text{м/с}$	9,7	11,32	12,93	16,17	17,78	19,4	21,02	22,64	25,87
	$N_T, \text{кВт}$	12,23 0	14,43 0	16,83 4	25,47 7	30,49 8	32,45 0	35,77 2	37,11 8	37,19 6
	$N_B, \text{кВт}$	0,063	0,095	0,149	0,292	0,388	0,504	0,641	0,801	1,195
	$N_D, \text{кВт}$	0,598	0,709	0,825	1,076	1,212	1,357	1,507	1,674	2,032
2 передача	$V, \text{м/с}$	13,86	16,17	18,48	23,10	25,41	27,72	30,03	32,34	36,96
	$N_T, \text{кВт}$	12,23 3	14,42 8	16,84 2	25,47 8	30,51 0	32,45 6	35,77 3	37,11 6	37,19 1
	$N_B, \text{кВт}$	0,184	0,292	0,436	0,851	1,132	1,470	1,869	2,334	3,484
	$N_D, \text{кВт}$	0,894	1,076	1,273	1,722	1,978	2,258	2,564	2,899	3,661

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3 передача	V, м/с	18,23	21,27	24,31	30,39	33,43	36,47	39,51	42,55	48,63
	N _т , кВт	12,22 7	14,42 4	16,86 2	25,47 4	30,50 6	32,45 3	35,77 0	37,11 4	37,19 0
	N _в , кВт	0,418	0,664	0,992	1,938	2,579	3,348	4,257	5,317	7,937
	N _д , кВт	1,251	1,535	1,854	2,615	3,067	3,574	4,141	4,772	6,247
4 передача	V, м/с	22,15	25,84	29,53	36,91	40,60	44,30	47,99	51,68	59,06
	N _т , кВт	12,23 1	14,42 7	16,83 9	25,47 2	30,50 3	32,45 6	35,77 1	37,11 2	37,18 6
	N _в , кВт	0,750	1,191	1,778	3,472	4,621	6,000	7,628	9,527	14,22 1
	N _д , кВт	1,624	2,029	2,496	3,653	4,360	5,166	6,077	7,104	9,539
5 передача	V, м/с	25,37	29,60	33,82	42,28	46,51	50,74	54,96	59,19	67,65
	N _т , кВт	12,23 1	14,42 8	16,83 7	25,47 5	30,50 7	32,45 5	35,76 6	37,28 7	37,18 7
	N _в , кВт	1,127	1,790	2,671	5,217	6,944	9,016	11,46 1	14,31 6	21,37 1
	N _д , кВт	1,974	2,505	3,129	4,713	5,698	6,831	8,121	9,588	13,09 3
6 передача	V, м/с	27,91	32,56	37,21	46,51	51,16	55,82	60,47	65,12	74,42
	N _т , кВт	12,231	14,427	16,839	25,473	30,503	32,455	35,770	37,113	37,186
	N _в , кВт	1,500	2,383	3,557	6,946	9,245	12,004	15,262	19,061	28,452
	N _д , кВт	2,282	2,932	3,706	5,699	6,953	8,404	10,066	11,960	16,5»1

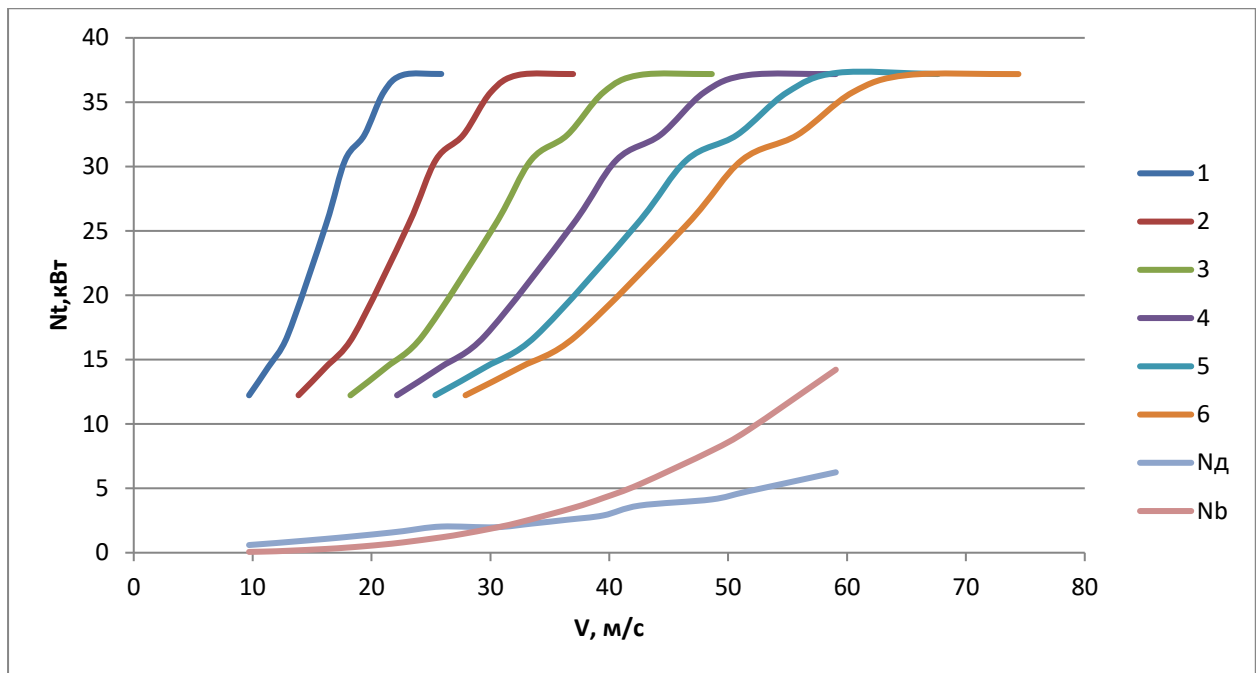


Рисунок 11 – Мощностной баланс

2.4 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:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{emin} \cdot K_{И} \cdot K_E \cdot (N_d + N_b)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}, \quad (21)$$

где: $g_{emin} = 240$ г/(кВт · ч) – минимальный удельный эффективный расход топлива;

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

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

$$И = \frac{N_d + N_B}{N_T};$$

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

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}, \quad (22)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 10 и строим графики и на рисунке 12.

Таблица 10 – Результаты расчета топливно-экономических характеристик автомобиля

ω_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

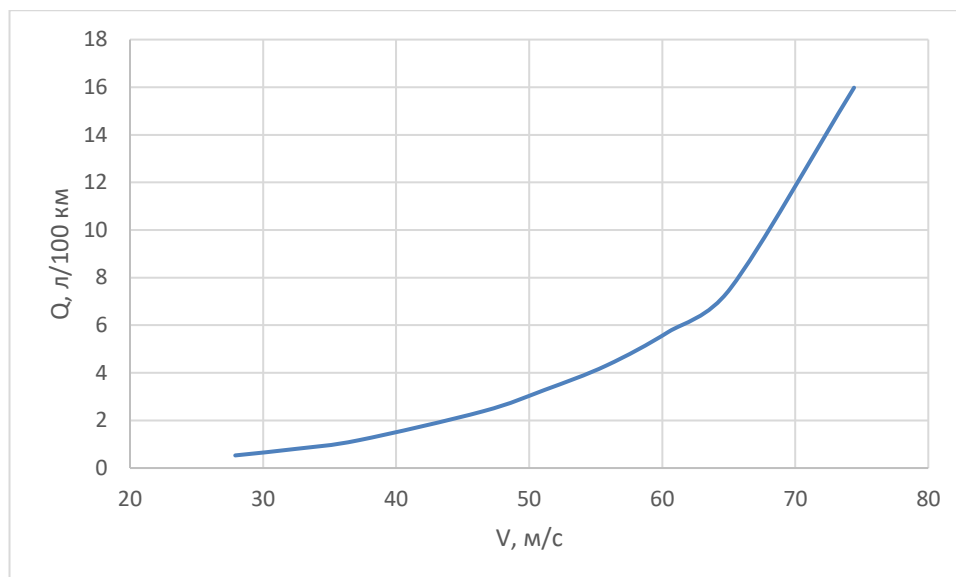


Рисунок 12 – Путевой расход топлива»[1]

Вывод:

В ходе анализа было установлено, что динамический радиус колеса требует комплексного подхода к измерению и моделированию, включающего экспериментальные методы и математическое моделирование деформации шины. Динамический радиус колеса – это важная характеристика, определяющая взаимосвязь между угловой скоростью вращения колеса и скоростью движения транспортного средства. В отличие от статического радиуса, который представляет собой геометрический радиус колеса в неподвижном состоянии, динамический радиус учитывает деформацию шины под нагрузкой и влияние скорости движения. Правильное определение динамического радиуса колеса критически важно для точной работы различных систем автомобиля, таких как спидометр, одометр, антиблокировочная система, система стабилизации и системы управления двигателем. Данный обзор рассматривает факторы, влияющие на динамический радиус, методы его определения и применение в автомобильной технике.[11]

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку стапеля

3.1.1 Назначение стапеля и область применения

Ножничные подъемные столы — это широко распространенное подъемное оборудование, используемое в различных отраслях промышленности, логистики, строительстве и автосервисе.[9] Проектирование и изготовление спортивного болида «Формула Студент» требует не только инновационных технических решений, но и создания специализированного оборудования, способствующего облегчению и ускорению сборочных работ.

Одним из ключевых элементов производственного процесса является подъемный стапель — устройство, предназначенное для надежной фиксации и подъема различных частей болида во время сборки и ремонта. Разработка такого стапеля позволяет обеспечить удобство работы, повысить безопасность персонала и минимизировать риск повреждения компонентов автомобиля.

Настоящая работа посвящена разработке подъемного стапеля, адаптированного под специфические требования спортивного болида «Формула Студент». В ходе исследования будут рассмотрены технические характеристики болида, анализ существующих решений, а также предложены конструктивные и технологические решения для создания эффективного и надежного подъемного устройства. Результаты работы направлены на оптимизацию сборочного процесса и повышение качества конечного продукта. [28]

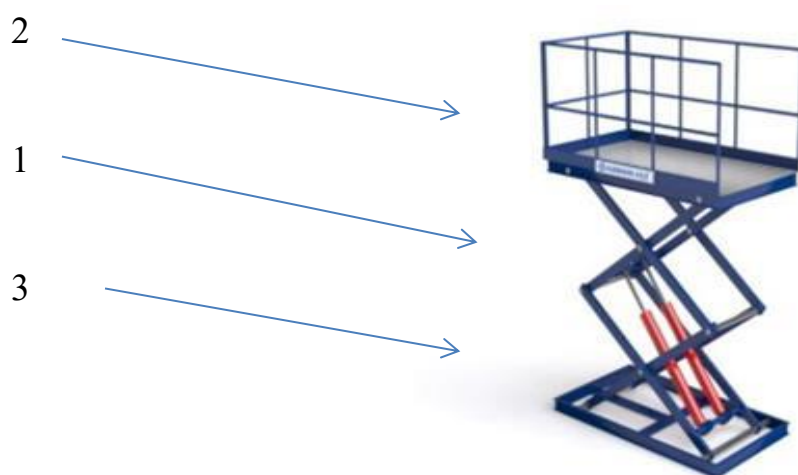
Передвижной подъемный стапель — это специализированное оборудование, предназначенное для ремонта, технического обслуживания и сборки различных транспортных средств и крупногабаритных конструкций. В данном обзоре рассмотрим назначение этого устройства, его конструктивные особенности и основные области применения.

3.1.2 Основание для разработки

Актуальность разработки передвижного подъемного стапеля обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, рост масштабов и сложности ремонтируемых и обслуживаемых объектов требует оборудования с увеличенной грузоподъемностью и возможностью работы в ограниченном пространстве. Во-вторых, необходимость сокращения времени на техническое обслуживание и ремонт диктует требования к мобильности и скорости разворачивания оборудования. В-третьих, повышение требований к безопасности и эргономике рабочих процессов требует внедрения современных технических решений, обеспечивающих надежную фиксацию грузов и удобство управления подъемным механизмом. [40]

3.1.3 Характеристики передвижного подъемника ножничного типа

В этих условиях особое значение приобретает использование универсального, надежного и мобильного оборудования, способного обеспечивать подъем и фиксацию грузов на необходимой высоте, позволяя выполнять работы с максимальной точностью и безопасностью. Пример устройства представлен на рисунке 13.



1 – стойки, 2 – платформа 3 - основание

Рисунок 13 – Схема напольного подъемника

болидов проекта Формула-Студент, представлены в»[33] «таблице 11.

Таблица 11 - Основные технические характеристики»[18] «проектируемого подъемника

Технические характеристики	Значения
Ход штока, мм	300
Усилие сжатия, кг	850
Максимальный диаметр амортизационной стойки, мм	200
Максимальная высота стенда, мм	888
Максимальная высота стойки, мм	600
Максимальная ширина стенда, мм	700.»[4]
Максимальная длина стенда, мм	700
Привод силового механизма	ручной механический»[8]

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции подъемника

В соответствии с заданием «Техническое задание, выданное кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» на разработку конструкторской документации по производству стапеля» [13] для разборки/сборки автомобилей- болидов проекта Формула-Студент.

Области применения

Передвижные подъемники ножничного типа находят применение в различных сферах:

- Строительство: Для выполнения работ на высоте, таких как установка окон, монтаж кровли и отделочные работы;
- Складская логистика: Используются для хранения и подъема грузов на стеллажи высокой вместимости;
- Обслуживание и ремонт: Идеальны для технического обслуживания систем освещения, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- События и выставки: Применяются для установки сценического оборудования и декораций, обеспечивая доступ к высоко расположенным элементам.

«На сегодняшний день для разборки/сборки применяются стенды

различных конструкций. Поэтому для выбора более рациональной конструкции собственного стенда проведем анализ представленных на рынке технологического оборудования стендов. При анализе» [1] будем исходить из того, что «конструкция должна отвечать наиболее полно заявленным требованиям. Проведение такой работы обеспечивает выбор рационального компоновочного решения, что позволяет выполнить разработку перспективного варианта. Применение такого стенда обеспечивает эффективное и безопасное проведение работ.

«На сегодняшний день среди множества видов конструкций оборудования применяемого для разборки наибольшее распространение получили стенды с механическим и гидравлическим приводом. Также »[2] «встречаются устройства с компрессором, электроприводом, и другими приспособлениями для облегчения работ. В большинстве случаев такие стенды имеют достаточно дорогие комплектующие, поэтому разработку такой конструкции нецелесообразно. Простейшая конструкция такого устройства для разборки»[8] «состоит из трех элементов:

Прежде чем начать разработку конструкции собственного стенда был выполнен анализ предлагаемых на рынке стендов подобного предназначения наиболее полно отвечающий заявленным требованиям. Это позволяет оценить различные варианты компоновочных решений оборудования и рассмотреть положительные и отрицательные черты известных конструкций, что обеспечит возможность рационального выбора конструкции стенда и предложить вариант конструкции стенда. Рассмотрим различные типы конструкции стендов и выберем более рациональный вариант для проектируемого стенда:

Для удержания крупногабаритных агрегатов»[2] «от грузовиков и автобусов используется двухстоечное оборудование, на котором»[11] он крепится с «двух сторон. Это обеспечивает более надёжное удержание массивного»[1] «узла и предупреждает опрокидывание оснастки. Наличие второй стойки обеспечивают более высокую стационарную стойкость стенда.

В нашем случае все коробки передач составляет около 35 кг.»[21] «При ремонте легковых машин достаточно использования более простых по конструкции одностоечных стенов, в которых двигатель закрепляется лишь с одной стороны – фронтальной»[16]. «Поэтому в нашем случае применение конструкции с одной стойки обеспечит стойкость конструкции без потери эксплуатационных качеств. Это снизит металлоемкость, а значит и себестоимость стенов.

Большинство представленных стенов оснащаются устройством для закрепления коробки передач и механизмом вращения. Это обеспечивает легкость вращения. На многих стенов установлен червячный редуктор, который считается дорогостоящим узлом. Учтываем, что для поворота»[2] «коробки передач легкового автомобиля не требуется больших усилий, то установка такого редуктора не целесообразна. Поэтому выбираем менее дорогую и более простую конструкцию обеспечивающую возможность вращения. [20]

Некоторые стенов изготавливаются из достаточно металлоемких элементов, что приводит к увеличению стоимости и утяжелению стенов. В качестве основных несущих элементов проектируемой конструкции будет использоваться конструкция, состоящая из труб квадратной формы. Применение такого материала приведет к существенному снижению металлоемкости разрабатываемой конструкции без потери ее жесткости.

Изделие разрабатывается на основании аналога, которым выступает стенд Nordberg N30057. Применение универсальных адаптеров позволяет легко закрепить коробку передач любого типа. Невысокая масса конструкции позволяет легко перемещать стенов вместе с коробкой передач по участку, а при необходимости колеса могут быть заблокированы. Поворотный рычаг обеспечивает возможность поворота конструкции в любое удобное положение, что обеспечивает возможность качественного проведения ремонтных работ. Общий вид предлагаемой для выполнения работ по обслуживанию и ремонту коробок передач легкового автомобиля Lada Vesta представлен на рисунке 7.

Основой предлагаемой конструкции является рама квадратной формы, на которую устанавливается стойка. Для выполнения вращения на стойку крепится вал с рычагом, обеспечивающим вращение коробки передачи на 360° с возможностью фиксации в любом положении специальным винта. К достоинствам стенда относятся простота конструкции.

После проведения всех необходимых работ, отремонтированный агрегат снимается со стенда. Рама стенда должна иметь жесткую конструкцию и не иметь трещин, погнутых стоек, сорванной или смятой резьбы и обеспечивать надежное крепление ремонтируемого агрегата.

В механических устройствах упор с гайкой или резьбой при»[2] «закручивании приближается к упору, сохраняющему статическое положение,»[4] «что приводит к сжатию пружины. Достоинством такой конструкция является простота самой конструкции и минимальные требования при обслуживании.

Альтернативным вариантов стержня с резьбой в конструкции для разборки стоек может быть»[2] «система с телескопическим или гидравлическим цилиндром. Гидравлический тип цилиндра используется преимущественно в стяжках профессионального уровня,»[5] «поскольку такая конструкция более дорогая и требует более сложных операции при техническом обслуживании.

Для сжатия пружины необходимо приложить усилие на крайние витки пружины, которое можно создать следующими способами:

- механический – такие устройства осуществляют сжатие пружины с помощью винтового механизма или при движении каретки, оснащенной шестереночным редуктором, по зубчатой планке. Устройство такой конструкции не требует особых затрат при обслуживании и имеет относительно невысокую цену. В качестве недостатка таких устройств можно ответить необходимость приложения небольших физических усилий;
- гидравлический – такие устройства осуществляют сжатие под действием гидроцилиндра. Насос приводится в действие либо ручным рычагом, либо

ножной педалью, либо электроприводом. Такое приспособление позволяет сжимать пружины без приложения физических усилий, что позволяет выполнять работу даже с большими пружинами с большими сопротивлениями. Отрицательным моментам таких устройств является необходимость проведения своевременно обслуживания и достаточно высокая стоимость;

- пневмогидравлический – особенностью таких устройств является то, что для их работы требуется компрессор. Такие устройства подходят для крупных предприятия и позволяют проводить работ без приложения физических усилий, но обладают высокой стоимостью.

Устройства для выполнения работ по разборке сборки стоек можно»[8] разделить на 2 категории:

- «Стационарными – предназначены для станций технического обслуживания.
- Переносными – используются обычными пользователями.»[56]

«Первые предназначены для работы непосредственно на автомобиле. С их помощью можно сжать пружину не снимая стойку с шасси. Вторые – необходимы для работы с амортизатором после его полного демонтажа с машины. Переносные устройства обеспечивают свободу действий и неограниченный радиус работы. Стационарные стенды обеспечивают безопасные и комфортные условия труда. [37]

В качестве целесообразного варианта привода конструкции выбираем механический которые не требуют больших усилий сжатий.

Предлагаемый стенд (рисунок 14) обязан обеспечивать безопасный, а также надежный процесс сборки и разборки автомобилей болидов проекта Формула-Студент и иных транспортных средств со схожим устройством передней подвески. Стенд (рисунок 15) предполагается использовать в таксопарках.

Первый вариант компоновки предполагает применение одной горизонтальной несущей балки, на которой располагается портал

вертикального перемещения. Балка перемещается по направляющим при помощи бесконечных цепей, приводимых в движение мотор-редуктором. Для исключения перекоса при движении и заклинивания портала применяется синхронизирующий вал.

В качестве механизма давления был выбран винт в результате вращения которого передвигается ходовая гайка, которая крепится к захвату. В результате передвижения гайки изменяется положение захвата, что обеспечивает сжатие пружины. Такой подход обеспечивает плавное сжатие пружины амортизационной стойки и фиксацию ее в любом положении. Для возможности увеличения высоты ремонтируемой амортизационной стойки на стойке стенда предусмотрены специальные регулировочные отверстие.»[25] «Крепление нижнего захвата посредством этих отверстий обеспечивает возможность изменения высоты ремонтируемой амортизационной стойки. Углубления в захвате обеспечивают надежную фиксацию стойки на стенде, что гарантирует удобство работы и стабильное положение ремонтируемой детали. Разработанный механизм позволяет достаточно быстро осуществлять сжатие и фиксацию пружины амортизаторной стойки, что в свою очередь значительно сокращает время проведения работ.



Рисунок 14 – Подъемник ножничный "Xilin-1-01"



Рисунок 15 – Подъемник ТР-12 »[17]

«Существующие подъемно-транспортные устройства классифицируют по следующим признакам:

- 1) по способу подъема груза;
- 2) по типу механизма подъема;
- 3) по типу привода;
- 4) по месту установки привода;
- 5) по количеству рабочих органов. »[34]

«Проведем анализ вариантов устройств, типов привода подъемной и ходовой частей подъемников»[1] (рисунок 16).



Рисунок 16 – Подъемник ПЕ-10

«В состав подъемника входят: стойка, нижний захват, нижняя опора винта, верхний захват, верхняя опора винта, ходовая гайка, рукоятка, винт.

Простота и надёжность конструкции, независимость от дополнительных источников энергии (сжатого воздуха и электроэнергии), небольшой вес позволяет применять разработанный стенд в любой удобной точки ремонтного предприятия. [39]

3.3 Сравнительный анализ существующих аналогов стапелей»[8]

«Проведем сравнительную оценку качества выбранного технологического оборудования, с учетом необходимых показателей на основе формализованного процесса оценки. Все рассматриваемые единичные показатели качества P_i выражены количественно, поэтому мы можем их уровень соотнести с базовым показателем P_{i0} . Если увеличение абсолютного значение единичного показателя качество приводит к улучшению качества, то уровень качества определяем соотношением» [20]:

«В случае, когда увеличение приводит к ухудшению качества оборудования, то уровень качества определяем соотношением» [20]:

«В состав технологического оборудования входят станки, приборы, стенды, приспособления передвижного или стационарного.

Подбор технологического оборудования по списку проводится согласно таблицю оборудования, а также по прайсам, по каталогам, учитывая виды технического ремонта и обслуживания, по количеству сотрудников на максимально загруженную смену. Что касается крупных предприятий, в которых отмечается однотипный подвижной состав, то там нужно иметь специальное, высокопроизводительное оборудование, вместе со смешанным автопарком. Для средних и малых ПАТ используется универсальное оборудование. Преимущественно технологическое оборудование выбирается на основании технологической потребности. В то же время оборудование задействуется периодически, имеет малую нагрузку в течение рабочей смены.

Если техническое обслуживание поставлено на поток, то нужно использовать конвейеры, которые имеют прямоочную канаву осмотра узкого

типа или же эстакад с подъемниками на первых, а также на последних постах. Прочие зоны технического ремонта и обслуживания оснащаются преимущественно канавами и разными подъемниками.»[20] «Для выбора устройства стенда для разборки/сборки рассмотрим продукцию, следующих производителей:»[20] EQFS, Nordberg, AE&T.

«Движением гидроцилиндра, на котором располагается рабочая поверхность стола, управляет специальный электрогидравлический сервоклапан. Сервоклапан – это устройство, которое преобразовывает командный электрический сигнал от системы управления в возвратно-поступательное движение гидроцилиндра. Сервоклапан регулирует давление и расход рабочего масла пропорционально командному электрическому сигналу. Гидроаккумуляторы запасают в себе гидравлическую энергию и обеспечивают надежность и плавность подачи гидравлического масла в гидроцилиндр. Гидравлический подшипник позволяет устранить поперечные составляющие вибрации и повысить максимальный опрокидывающий момент при испытаниях.»[20]

3.3.1 Подъемник пневмогидравлический 11MTOR

«Ручные гидравлические тележки являются наиболее востребованным, надежным и маневренным видом техники для логистических комплексов и»[1] «складских помещений. Прочная металлическая конструкция гарантирует устойчивость стенда к нагрузкам, а также способствует его долгому сроку службы. Передние колеса легко поворачиваются, что обеспечивает мобильность модели (рисунок 17).. Оснащен 4-мя регулируемыми кронштейнами для удобства вывешивания и обслуживания агрегатов.



Рисунок 17 – Схема передвижного подъемника

3.3.2 Складной подъемный ножничный механизм с гидравлическим приводом «ПНК-1-01»

Стенд NORDBERG N3009 (рисунок 18) предназначен для облегчения процесса разборки и сборки агрегатов автомобиля во время ремонтных работ. Оснащен 4-мя регулируемыми кронштейнами для удобства вывешивания и обслуживания двигателей. Вращения и позиционирования в пределах 360°.[20] «Мобильность и маневренность модели придают передние поворотные колеса. Прочная металлическая конструкция устойчива и долговечна.



Рисунок 18 – Подъемник NORDBERG N3009 [17].

Выбранное по представленной методике оборудование обеспечивает возможность создание наиболее рациональной конструкции стенда.

3.3.3 Подъемник «5В-500» Производитель: «Корд»

Гидравлическая стяжка KWell KRWSCS значительно облегчает работу при проведении операции снятия и установки на стойках автомобилей. Принцип действия основан на вертикальном перемещении штока гидроцилиндра соединенного с подвижной опорой, на которую устанавливается стойка (рисунок 19). »[20]



Рисунок 19 – «Подъемник TOR PTS800

Для удобства анализа вариантов конструкций, сравнение характеристик подъемно-транспортных устройств проведем в таблице 12.

Таблица 12 – Значения единичных показателей выбранного оборудования

Характеристика»[12]	«KWell	11MTOR	XILIN SB500	TOR PTS800
1. Ход штока, мм	360	220	250	360
2. Усилие, кН	1000	1000	950	990
3. Вес, кг	40	24,5	35	31
4. Высота подъема, мм	570	570	450	570
5. Площадь, м ²	0,059	0,133	0,180	0,126
6. Максимальный диаметр сжимаемой пружины, мм	4000	165	200	400
7. Стоимость, руб.	22370	15910	23100	21978»[18]

«Стенд имеет прочную металлическую конструкцию устойчивую к износу. Гидропривод значительно снижает усилие оператора, тем самым

повышает эффективность в работе. Устойчивость всей конструкции обеспечивают отверстия для крепления к полу. Это предотвращает опрокидывание и обеспечивает дополнительную безопасность во время эксплуатации. Конструктивные и функциональные особенности гидравлической стяжки пружин KWell KRWSCS: [6]

- регулируемая высота верхней опоры;
- регулируемые крюковые захваты верхней опоры;
- «ножной привод подъема и опускания нижней опоры (2 педали);
- плавное опускание нижней опоры предотвращает выскакивание пружины;
- стационарная конструкция с креплением к полу.

Для оценки качества устройств для узлов и агрегатов автомобилей выбираем показатели, представленные в таблице 13.» [24].

Таблица 13»[2] – Рассчитанные значения уровня качества выбранного оборудования

Характеристика	XILIN SB500	11MTOR	TOR PTS800	ПЕ-10
1. Хот штока, мм	1,6	1,0	1,1	1,6
2. Усилие, кН	1,0	1,0	1,0	1,0
3. Вес, кг	0,6	1,0	0,7	0,8
4. Высота сжимаемой пружины, мм	1,0	1,0	0,8	1,0
5. Площадь, м ²	2,3	1,0	0,7	1,1
6. Максимальный диаметр сжимаемой пружины, мм	2,4	1,0	1,2	2,4
7. Стоимость, руб.	0,7	1,0	0,7	0,7
Уровень качества	9,6	7,0	6,2	8,6

«На основе полученных результатов расчета по всем анализируемым показателям составим циклограмму (рисунок 20) технического уровня стендов для разборки/сборки.

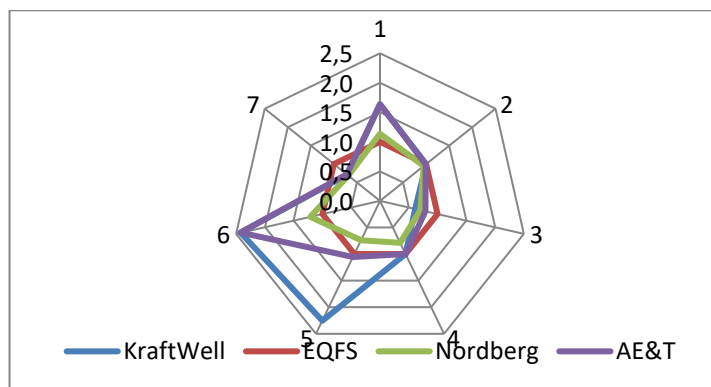


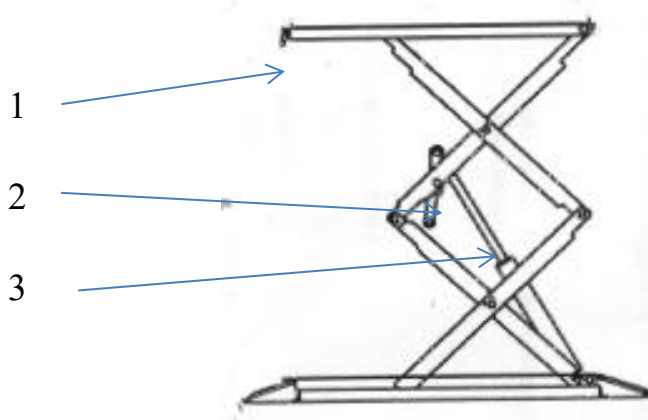
Рисунок 20 – Циклограмма»[32] технического уровня качества станда

«Проведена сравнительная оценка качества выбранного технологического оборудования, с учетом необходимых показателей на основе формализованного процесса оценки.»[12] Из построенной циклограммы видно, уровень качества станда для разборки/сборки имеет «большую общую площадь циклограммы. Следовательно, технический уровень этого станда выше остальных, поэтому для нашего предприятия мы выбираем его»[1] в качестве аналога для разработки

3.4 Подбор основных элементов конструкции»[1]

3.4.1 Расчет диаметра поршня и штока силового гидроцилиндра

«Расчетная схема подъемника представлена в соответствии с рисунком 21.



1 – платформа; 2 – стойка; 3 – гидроцилиндр

Рисунок 21 – Расчетная схема подъемника гидравлического

Усилие подъема:

$$F_{\Pi} = \frac{G_A \cdot K_H \cdot m_{\Pi}}{n_{\Pi}} = \frac{2500 \cdot 1,2 \cdot 2,5}{1} = 7500 \text{ Н} \quad (23)$$

где $G_A = 2500 \text{ Н}$ - грузоподъемность подъемника;

$m_{\Pi} = 2,5$ - передаточное отношение подъемника;

$K_H = 1,2$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки ;

n_{Π} - число плунжеров.

Принимается рабочее давление жидкости равным 10 МПа.

Диаметр поршня гидроцилиндра: »[1]

$$D_{\Pi} = \sqrt{\frac{F_{\Pi} \cdot 4}{P \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{7500 \cdot 4}{1 \cdot 10^6 \cdot 3,14}} = 0,052 \text{ м} \quad (24)$$

где P – давление жидкости;

«Полученное значение рабочего диаметра поршня округляется до ближайшего большего значения из нормального ряда в соответствии с ГОСТ 6540-68 равного 60 мм. »[34]

3.4.2 Расчет прочности стойки

«Произведём расчёт прочности стойки стенда от силы сжатия пружины, изготовленной из стали 25. Схема действия сил на стойку в результате действия нагрузки от пружины представлена на рисунке 22. Для проведения расчетов стойки Расчёты производятся для рейки на изгиб, а для втулки рейки – на смятие. [43]

Согласно технологическому заданию грузоподъёмность стенда стационарного стенда должна быть 150 кг. Данную грузоподъёмность выбираем исходя из того, что стенд предназначен для разборки-сборки КПП легковых автомобилей, масса которых не превышает 150 кг. Силы действующие на стенд при установки коробки передач изображены на рисунке 22.

Определим нагрузку, воздействующую на раму установки. Расчет начинаем с расчета неподвижной рамы, на которой крепится вся конструкция. Рассмотрим схему нагружения рамы. Наибольшая нагрузка приходится на середину балки портала, следовательно расчет проводится для этого положения. Вес портала вместе со щеточным узлом принимаем 5000 Н. Как видно из эпюры, максимальный изгибающий момент составит 5000 Н*м, действия крутящего момента рама не испытывает. Проверочный расчет рамы производится ниже, при подборе геометрических размеров частей установки. Предполагается использование двутавра, вертикальные стойки предполагается изготавливать из сваренных между собой швеллеров. »[20]

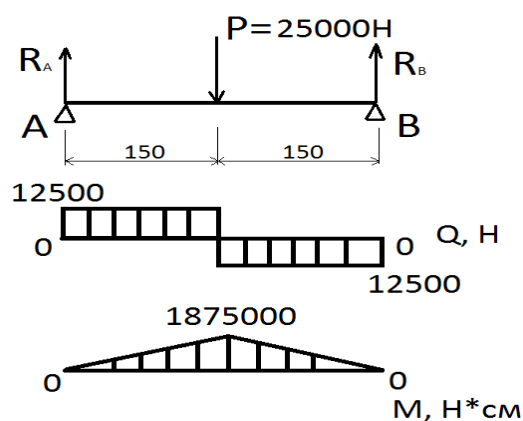


Рисунок 22 – Эпюра нагружения рамы

Определяем площадь поперченного сечения:

$$A = a_1^2 - a_2^2. \quad (25)$$

где a_1 – «площадь внешнего контура;
 a_2 – площадь внутреннего контура.

Проведенный расчет показывает, что критическая сжимающая сила $P_{кр} = 8,74$ кН больше требуемой, которая составляет $P_{тр} = 1,0$ кН. Таким образом, стойка отвечает требованиям прочности и устойчивости. [29]

3.4.3 Расчет винтовой передачи

Выбираем ходовую гайку из серого чугуна СЧ 10 без термообработки по ГОСТ 1412-85 с следующими характеристиками: $\sigma_B = 100$ МПа и $\sigma_H = 280$ МПа, HB=143-229. Для винта принимаем закаленную в масле сталь 40X по

ГОСТ 4543-71 со следующими характеристиками: $\sigma_T = 140\text{МПа}$, HRC=34-42.

Составим схему, действующих на ходовую гайку сил. При работе стенда гайка находится под воздействием вращающего момента T_p и осевой силы F_a . Исходя из этого составим расчетную схему ходовой гайки (рис. 10).

Для проведения расчетов раздели конструкцию на три расчетные части. 1. Расчёт неподвижного плеча (верхней балки). Схема сил действующих на верхнюю балку представлена на рисунке 23.

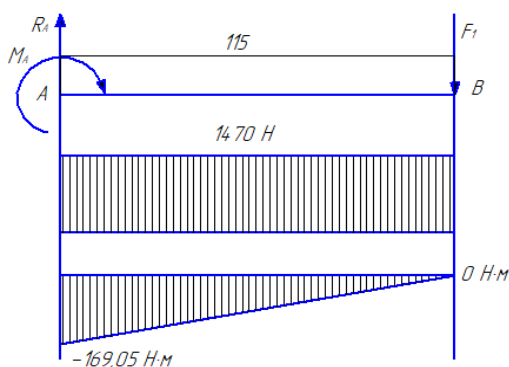


Рисунок 23 - Эпюра неподвижного плеча (верхней балки)

Как видно из эпюры, максимальный изгибающий момент составит 2400 Н*м, действия крутящего момента рама не испытывает. Проверочный расчет рамы производится ниже, при подборе геометрических размеров частей установки. Предполагается использование двутавра.

Определяем напряжение нижней балки. Опасным будет сечение, в котором изгибающий момент M имеет максимальное значение. В данном случае максимальный момент составляет $M_{MAX} = 176,99 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Нижняя балка изготавливается из квадратной стальной трубы по ГОСТ 8639-82 со стороной 80 мм и толщиной стенки 4 мм из стали 25.

Следовательно, условие обеспечения прочности нижней балки в данном сечении выполняется. Выполним проектировочный расчет и определим параметры ходовой гайки.

Высоту гайки определяем по формуле: »[1]

$$H_r = \psi_H \cdot d_2 \quad (26)$$

$$H_r = 1,5 \cdot 21,5 = 32,25 \text{ мм.}$$

«Для исключения повреждений резьбы резьбовых соединений и соблюдения их прочности при затяжке болтом не принимать специальных приспособлений. Достаточно затяжки усилием рук.

Рабочую высоту профиля резьбы определяем по формуле:

$$h = \psi_h \cdot P. \quad (27)$$

Число витков в гайке определяем по формуле:

$$z = \frac{H_r}{P}. \quad (28)$$

Наружный диаметр гайки определяем по формуле: »[12]

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_p}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d_{отв}^2}. \quad (29)$$

где F_p – расчетная сила с учетом действия растяжения и кручения, Н;
 $d_{отв}$ – наружный диаметр резьбы, $d_{отв} = D_4 = 26,5$;
 $[\sigma_p]$ – «допустимое напряжение растяжения, для чугуна
 $[\sigma_p] = 20 \dots 24 \text{ МПа.}$

«Произведем расчет на прочность двутавра рамы, исходя из рассчитанной величины изгибающего момента.

Балка рамы – швеллер № 12Б2, $W = 53,0 \cdot 10^{-6}$

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W \quad (30)$$

$$\sigma_{\max} = 5000 / 53,0 \cdot 10^{-6} = 94 \text{ МПа} < [\sigma_T] = 200 \text{ МПа}$$

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.

Произведем расчет на прочность двутавра поперечной балки, исходя из рассчитанной величины изгибающего момента.

Балка рамы – швеллер № 10Б1, $W = 34,2 \cdot 10^{-6}$

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W \quad (31)$$

$$\sigma_{\max} = 2400 / 34,2 \cdot 10^{-6} = 70,18 \text{ МПа} < [\sigma_T] = 200 \text{ МПа}$$

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.

где $[\sigma_{\text{см}}]$ – «допустимое напряжение смятия, $[\sigma_{\text{см}}] = 42 \dots 55 \text{ МПа}$ ».

Примем $D_L = 30 \text{ мм}$.

Проверка тела винта показывает, что при выбранных условиях работ винт будет находиться в устойчивом положении. »[2]

3.5 Разработка инструкции по работе с устройством для разборки/сборки элементов

3.5.1 Назначение изделия

«Комплект поставки стенда представлен в таблице 14. При осуществлении правильного ухода и эксплуатации согласно предъявляемым требованиям гарантируется безаварийная и надежная работа стенда, представленного в данной инструкции.

Таблица 14 – Комплект поставки

Количество	Количество, шт.
Основные части	
1 Стойка	1
2 Нижний захват	1
3 Опора винта нижняя	1
4 Верхний захват	1
5 Верхняя направляющая	1
6. Рукоятка	1
7 Направляющий винт	1

3.5.2 Транспортировка и распаковка

Транспортировку стенда можно осуществлять вручную при этом следует соблюдать правила техники безопасности»[18]. «Для распаковки установки необходимо снять металлические скрепки из картона, а затем аккуратно»[57] «извлечь её из коробки. В коробке находятся детали и

принадлежности для»[57] сборки. «Избегать падения и утери деталей при распаковке. »[57] «После сборки стенд может быть легко перемещен в любую часть помещения.

Вывод:

Актуальность разработки передвижного подъемного стапеля обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, рост масштабов и сложности ремонтируемых и обслуживаемых объектов требует оборудования с увеличенной грузоподъемностью и возможностью работы в ограниченном пространстве. Во-вторых, необходимость сокращения времени на техническое обслуживание и ремонт диктует требования к мобильности и скорости разворачивания оборудования. В-третьих, повышение требований к безопасности и эргономике рабочих процессов требует внедрения современных технических решений, обеспечивающих надежную фиксацию грузов и удобство управления подъемным механизмом. [19]

Несмотря на некоторые недостатки, такие как зависимость от ровной поверхности и высокие первоначальные затраты, их преимущества перевешивают слабые стороны, что делает ножничные подъемники популярным выбором для профессионалов, работающих в условиях, требующих безопасного и эффективного доступа к высоте.

4. Технологический процесс сборки устройства

4.1 Общие положения

«Стенды предназначены для вывешивания болида с целью проведения работ по его сборке или ремонту, что существенно улучшает удобство проведения работ за счет возможности подъема болида в удобное положение.

Технологическая карта сборки и перемещения рамы болида представлена в таблице 15. »[8] Перечень элементов устройства представлен в приложении А в спецификации на рисунках А.1, А.2 и А.3.

Таблица 15 - Технологическая карта сборки и перемещения рамы

№ п/п	Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость, мин.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Подготовка передвижного подъемника к работе					
1.1	.Проверить надежность креплений стоек к раме и платформе. Убедиться в надежном закреплении всех болтовых соединений, крепления гидроцилиндра, штуцеров гидравлической системы привода подъемника	Произв. корпус	Слесарь 2 р.	Упоры ограничительные	2,5	-
1.2	Тележку стапеля поставить на ровную площадку. Передний и задний упоры должны быть установлены на поверхности пола в вертикальном положении и закреплены при помощи барашковых гаек	то же	то же	Подъемник, домкрат	2,5	Момент страгивания 20-25 Нм
1.3	Трубы каркаса рамы спортивного болида должны быть надежно закреплены на стапеле при помощи болтовых соединений					

Продолжение таблицы 15

2	Подъем рамы спортивного болида на платформе					
2.1	Убедиться, что перепускной клапан гидравлического насоса закрыт, при необходимости затянуть винт клапана до упора. С помощью рычага насоса произвести подъем платформы подъемного устройства до необходимой высоты. Установить страховочные упоры под платформу подъемника	то же	то же	Прицеп,	2,5	-»[1]
3	Перемещение рамы спортивного болида					
3.1	Поднять передний и задний упоры тележки и откатить передвижной стапель с рамой спортивного болида на платформе в требуемое место. Транспортировка передвижного стапеля к месту назначения производится вручную, с приложением усилия на рукоять	то же	то же	Ремни крепежные	6,0	-
3.2	После установки тележки стапеля на ровной площадке, опустить передний и задний упоры тележки и закрепить барашковыми гайками	о же	то же	Ключ гаечный 10Ключ гаечный 13	1,5	Момент страгивания 65-70 Нм
4	Снятие рамы спортивного болида с подъемника					
2.4	Зафиксировать сцепное устройство прицепа на фаркопе тягача. Установить дополнительные страховочные карабины в отверстия кронштейна сцепного устройства тягача	то же	то же	Ключ гаечный 13	2,5	-

«Выводы по разделу:

Наиболее целесообразным для разработки представляется вариант конструкции № 1 устройства. Двойной ножничный подъемный механизм оснащен ручным гидравлическим приводом. Кинематика подъемного механизма позволяет при относительно» малом»[20] рабочем ходе штока гидроцилиндра, обеспечить быстрый подъем рабочей платформы. »[34]

5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования стенда. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в «рамках дипломного проекта. [17]

Рассмотрим особенности разрабатываемой конструкции. Изделие представляет собой сложный технический объект, доработанный и модернизированный в рамках дипломного проекта. »[3] Изделие выполнено преимущественно из стали конструкционной, обрабатываемой и свариваемой на оборудовании, не требующем применения специальных материалов и сред. В конструкции изделия применяются комбинированные материалы и их сочетания, например металл-полимер и композитные материалы, механическая обработка которых требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ).

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки узлов транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному

производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п. [42]

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

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

«В таблице 16 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПП.

Таблица 16 – Общие технические характеристики участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	C0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 400В»[23]
Выделенная мощность, кВА	40

«В таблице 17 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 17 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Должность работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительные операции	Резка металла, раскрой профтрубы	Слесарь 5-го разряда	Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320»[18]	Сталь конструкционная в ассортименте
Операции механической обработки	Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка	Слесарь 6-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300	Сталь конструкционная в ассортименте
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик 6-го разряда	Аргондуговой сварочный инвертор Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	Сталь конструкционная в ассортименте
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-механик 6-го разряда	Пост сборки узлов и агрегатов	-
Подготовка к окраске	Шпатлевка, зачистка, шлифовка	Маляр 6-го разряда	Шлифовальная машина, круги шлифовальные различной зернистости	Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные
Окраска изделия	Нанесение лакокрасочного покрытия	Маляр 6-го разряда	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Нитроэмаль быстросохнущая

Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.

5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

Идентификация профессиональных рисков на участке механической сборки включает в себя систематический анализ всех потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников. Этот процесс должен учитывать специфику выполняемых работ, используемое оборудование, материалы и рабочую среду. [22]

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

В таблице 18 приведены «профессиональные риски для участка механической сборки».

Таблица 18 – Профессиональные риски для участка механической сборки

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Повышенный уровень шума,	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPRON FVV-210 38301300
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры»[18]
	Статическая нагрузка	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая

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

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

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение профессиональных рисков на участке механической сборки – это комплекс мер, направленных на минимизацию вероятности возникновения опасных ситуаций и уменьшение тяжести последствий в случае их возникновения. Выбор методов и средств зависит от конкретных выявленных рисков. [45]

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

- Инженерно-технические методы и средства, к которым относятся автоматизация процессов с заменой ручного труда на механизированный и автоматизированный, выбор инструмента, минимизирующего физическую нагрузку на работника, оптимизация последовательности операций, использование более безопасных методов сборки, внедрение технологий, уменьшающих выделение вредных веществ и т.д.;
- Организационные методы и средства, к которым относятся разработка инструкций по охране труда, обучение и инструктаж работников, контроль за соблюдением правил охраны труда, регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования, проверка систем безопасности, оценка рисков при внедрении новых технологий, оборудования или изменении технологических процессов и т.д.;
- Средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся респираторы, маски для защиты от пыли, газов и паров, защита органов зрения, защита органов слуха, защита рук, защита ног и т.д.;
- Медико-профилактические мероприятия, к которым относятся предварительные и периодические медицинские осмотры.

Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 19

Таблица 19 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
«Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно»[23]

Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования. Необходимо регулярно проводить оценку рисков, контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости. [14]

5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

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

«В таблице 20 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 20 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

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

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных, обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 21 указаны эффективные

организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 21 – «Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня»[23]

Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

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

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов»[41] и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;
- размещение планов эвакуации на видных местах;

- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования. [41]

5.5 Обеспечение экологической безопасности

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

«В таблице 22 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [19]

Таблица 22 – Идентификация негативных экологических факторов

«Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Агрегат транспортного средства	Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродукт ов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель »[23] производства

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия

труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа предприятия и его конкурентоспособности.

Вывод по разделу :

В данном разделе разработаны мероприятия обеспечения безопасности на участке механической сборки автомобильных агрегатов, относящихся к опытно-промышленному производству и предназначенному для сборки установочной партии автомобильных агрегатов, разработанных в ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта. [32]

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, пожарной безопасности и экологической безопасности проектируемого участка механической сборки. В результате анализа профессиональных рисков были выявлены потенциальные опасности, связанные с работой на станках, использованием ручного инструмента и перемещением грузов. Для снижения этих рисков предусмотрены установка защитных ограждений на станках, использование средств индивидуальной защиты, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды. [43]

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта. [26]

Благодаря своей компактной конструкции и высокой грузоподъемности, ножничные подъемные столы являются незаменимым инструментом для выполнения широкого спектра задач, от погрузочно-разгрузочных работ до обслуживания оборудования и проведения ремонтных работ на высоте. . Они обеспечивают удобный и безопасный подъем грузов и людей на необходимую высоту [18]

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

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

специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

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

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

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

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики. [46]

6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке

К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 23.

Таблица 23 – Расходные материалы сборочного участка

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

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (32)$$

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

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

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько

методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования. [18]

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

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

«Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 24.

Таблица 24 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб»[29]
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500
Станок фрезерный	VISPROМ FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC	95 000	2	10,0	19 000

	PULSE Mosfet				
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка	$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Ha}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$				60 000
ИТОГО					2 978 550

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться. Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации. [44]

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию

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

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

Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по «формуле

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (33)$$

где M_i – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

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

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

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

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

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

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

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат»[4] на электроэнергию приводится в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49
Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29
Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO	6,5	2	0,7	24 701,04

	INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet				
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_{г} \cdot K_n \cdot C_{э}}{\eta} \quad (34)$$

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

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{л} + \mathcal{E}_{св} \quad (35)$$

$$\mathcal{E} = 70\,903,77 + 111\,337,2 = 182240,97 \text{ руб}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. «При планировании бюджета учитывается возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение технологий энергосбережения позволяет снизить затраты на электроэнергию.» [29]

«Выполненные расчеты демонстрируют базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы, которые необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

Анализ существующих конструкций, выявление их преимуществ и недостатков, а также изучение новых материалов и компонентов позволяет разрабатывать более надежные, безопасные и эффективные ножничные подъемные столы, отвечающие современным требованиям промышленности. Улучшение конструкции также способствует снижению затрат на производство и эксплуатацию, что делает ножничные подъемные столы более доступными для широкого круга потребителей.

В современных инженерных проектах, особенно в области автомобилестроения и спортивного машиностроения, важное значение имеет эффективная организация производственного процесса и обеспечение высокой точности сборочных операций. [19]

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

Вид персонала	Численность персонала, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь-механик 5-го разряда	12	350	1840	9 660 000,00

Слесарь-механик 6-го разряда	8	385,5	1840	7 093 200,00
Сварщик 6-го разряда	2	410	1810	1 855 250,00
Мастер участка	2	470	1840	2 162 000,00
Маляр	2	410	1810	1 855 250,00
ИТОГО				22 625 700,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (36)$$

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

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

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

$$\text{О}_{\text{ФМС}} = (\text{Озп} + \text{Дзп}) \cdot \text{Ксоц} \quad (37)$$

где «Ксоц – норма отчислений на страховые взносы, Ксоц = 0,3.» [18]

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

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы. [42]

$$O_{\text{т}} = O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}} + O_{\text{фмс}}, \quad (38)$$

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

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 27.

Таблица 27 – Затраты на участке сборки

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

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (39)$$

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

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

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

Вывод:

В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. «На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта. »[3]

Заключение

«В дипломном проекте на основании исходных данных проведена разработка стапеля для болидов проекта Формула-Студент» [4] при условии осуществления деятельности при 3 категории эксплуатации в умеренных климатических условиях.»[4]

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы «проведен расчет подъемного устройства, по результатам которого были определены размеры, форма конструкции, разработано планировочное место размещения оборудования в производственном корпусе. Для выполнения работ по ремонту автомобилей болидов проекта Формула-Студент выполнен расчет зоны технического обслуживания. »[3]

Одним из ключевых элементов производственного процесса является подъемный стапель — устройство, предназначенное для надежной фиксации и подъема различных частей болида во время сборки и ремонта. Разработка такого стапеля позволяет обеспечить удобство работы, повысить безопасность персонала и минимизировать риск повреждения компонентов автомобиля.

Настоящая работа посвящена разработке подъемного стапеля, адаптированного под специфические требования спортивного болида «Формула Студент». В ходе исследования рассмотрены технические характеристики болида, анализ существующих решений, а также предложены конструктивные и технологические решения для создания эффективного и надежного подъемного устройства. Результаты работы направлены на оптимизацию сборочного процесса и повышение качества конечного продукта. [35]

Проектирование и изготовление спортивного болида «Формула Студент» требует не только инновационных технических решений, но и создания специализированного оборудования, способствующего облегчению и ускорению сборочных работ.

Список использованных источников

- 1 Аригин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аригин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 2 Ануриев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
- 3 Баранов Н.Н. Конструктивные особенности приводов колес с блокировкой. // Вестник автомобильной промышленности, 2021.
- 4 Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
- 5 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 6 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 7 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 8 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 9 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 10 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 11 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89

12 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.

13 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

14 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

15 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.

16 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. – М. Транспорт. 1970.

17 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

18 ГОСТ Р 51074-2003. Автомобили легковые. Методы испытаний трансмиссий.

19 ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Устойчивость и управляемость. Технические требования. Методы испытания. – М. : Изд-во стандартов, 2005.

20 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

21 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

22 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

23 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

24 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

25 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.

26 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.

27 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

28 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

29 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

30 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.

31 Журнал «Автомобильный инженер», №5, 2023. – Аналитическая статья по блокировкам дифференциалов.

32 Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.

33 Лысов М.И. «Рулевые управления автомобилей» – М.: «Машиностроение», 1972 г.

34 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

35 Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

36 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New - York - London, 1974.

37 Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.

38 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

39 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

40 Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Методика поверки М 020.000.00.00-01. - Жигулевск, 2005. – с. 11.

41 Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Руководство по эксплуатации М 220.000.00.00. - Жигулевск, 2005. – с. 49.

42 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.

43 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

44 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.

45 Феодосьев В.И. «Сопротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.

46 Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с

Спецификация

Рисунок А.1 – Спецификация на ступень передвижной

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19	25.ДППЭА.14.0.6.100.019	Плита 10х1000х1320	1	
		20	25.ДППЭА.14.0.6.100.020	Стойка 15х50х1182	8	
		21	25.ДППЭА.14.0.6.100.021	Втулка стойки	24	
		22	25.ДППЭА.14.0.6.100.022	Кронштейн нижний	2	
		23	25.ДППЭА.14.0.6.100.023	Кронштейн верхний	2	
		24	25.ДППЭА.14.0.6.100.024	Кронштейн пружины верхний	1	
		25	25.ДППЭА.14.0.6.100.025	Кронштейн пружины нижний	1	
		26	25.ДППЭА.14.0.6.100.026	Крышка масляного бака	1	
		27	25.ДППЭА.14.0.6.100.027	Сапун	1	
		28	25.ДППЭА.14.0.6.100.028	Штуцер 8	3	
		29	25.ДППЭА.14.0.6.100.029	Труба 8	1	
		30	22.БР.ПЭА.183.6.100.030	Узел 35х45	6	
		31	25.ДППЭА.14.0.6.100.031	Труба 25	2	
		32	25.ДППЭА.14.0.6.100.032	Ось ролика верхнего	2	
		33	25.ДППЭА.14.0.6.100.033	Ось стойки верхней	2	
		34	25.ДППЭА.14.0.6.100.034	Подкладка	2	
		35	25.ДППЭА.14.0.6.100.035	Ось стоек	4	
		36	25.ДППЭА.14.0.6.100.036	Ролик опорный	4	
		37	25.ДППЭА.14.0.6.100.037	Ось толкателя	1	
		38	25.ДППЭА.14.0.6.100.038	Втулка дистанционная	2	
				Стандартные изделия		
		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.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	25.ДППЭА.14.0.6.100.000	
					Лист 2	
Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата		
Копировал					Формат А4	

Рисунок А.2 – Спецификация на ступень передвижной

Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.3 – Спецификация на ступень передвижной