

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему Разработка передвижного подъемника для проекта «Формула-Студент»

Студент

Д.В. Маханек

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

Тольятти 2022

Аннотация

Название дипломной работы: «Разработка передвижного подъемника для проекта «Формула-Студент».

Выпускная работа состоит из введения, шести глав, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 10 листах формата А1.

Ключевым вопросом дипломной работы является разработка болидов проекта «Формула-Студент» [4] при условии осуществления деятельности при 3 категории эксплуатации в умеренных климатических условиях.

Целью дипломной работы является разработка проекта подъемника болидов проекта «Формула-Студент», предназначенного для разборки/сборки кузовных элементов.

Дипломная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: технологический расчет подъемного устройства, по результатам которого были определены размеры, форма конструкции; разработка планировочного места для размещения оборудования в производственном корпусе, предназначенного для выполнения работ по сборке и ремонту болидов проекта «Формула-Студент»; расчет зоны технического обслуживания.

В конструкторской части выполнен проект подъемника для разборки/сборки кузовных элементов болидов проекта «Формула-Студент».

В конце исследования проведен анализ вредных и опасных производственных факторов, определен перечень мероприятий по [1] минимизации издержек производства. Рассмотрены вопросы техники безопасности по осуществлению действий законодательства в сфере охраны труда и здоровья персонала.

Подводя итоги, необходимо подчеркнуть, что подобные технологические и конструктивные решения могут быть применены на участке зоны технического обслуживания и ремонта.

Abstract

The title of the thesis is "Development of a mobile lift for the Formula Student project".

The final work consists of an introduction, six chapters, a conclusion, tables, a list of references, including foreign sources, and a graphic part on 10 sheets of A1 format.

The key issue of the thesis is the development of Formula-Student project cars [4], provided that activities are carried out under 3 categories of operation in moderate climatic conditions.

The purpose of the thesis is to develop a project for a car lift of the Formula Student project, designed for disassembly /assembly of body elements.

The thesis can be divided into the following logically interrelated parts:

1. Technological calculation of the lifting device, according to the results of which the dimensions and shape of the structure are determined.
2. Development of a planning place for the placement of equipment in the production building intended for the assembly and repair of cars of the Formula-Student project.
3. Calculation of the maintenance area.

In the design part, a lift project is carried out for disassembling/assembling the body elements of the Formula Student project cars.

At the end of the study, we analyze harmful and dangerous production factors, make a list of measures for [1] minimizing production costs. We also consider the issues of safety measures for the implementation of legislation in the field of occupational safety and health of personnel.

Summing up, it should be emphasized that such technological and constructive solutions can be applied on the site of the maintenance and repair zone.

.Содержание

Введение	6
1 Основание и развитие проекта «Формула студент ТГУ»	8
1.1 Инжиниринговый проект «Formula-Student».....	8
1.2 Основы разработки и конструирования спортивных болидов	10
2 Тягово-динамический расчет	13
2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета	13
2.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя	15
2.3 Определение передаточного числа главной передачи	17
2.4 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля	29
3 Конструкторская часть	31
3.1 Техническое задание на разработку подъемника	31
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции подъемника	34
3.3 Сравнительный анализ существующих аналогов оборудования ...	40
3.4 Подбор основных элементов конструкции	46
3.5 Разработка инструкции по работе с устройством для разборки/сборки элементов	51
4 Безопасность и экологичность технического объекта	54
4.1 Конструктивная и технологическая характеристика объекта	54
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	54
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	56
4.4 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях	59
5 Расчет экономической эффективности подъемника	64
5.1 Определение себестоимости изготовления	64
5.2 Определение затрат на выплату заработной платы.....	65

5.3 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования	68
5.4 Определение общей суммы затрат на изготовление конструкции подъемника для спортивного болида.....	69
Заключение	70
Список используемых источников.	71
Приложение А Спецификация	75

Введение

Для существования и жизни всего мира промышленности, огромное значение имеет автотранспорт, а именно его очень эффективная работа. Из всех направлений развития мировой экономики автомобилестроение, как отрасль является ведущей. Вся мировая промышленность развивается очень быстро и для этого очень большое значение имеет появление новых технологий и разработок и инноваций, технических решений. Для ускорения развития промышленности автомобилей необходимо уменьшение трудоемкости техобслуживания, а также уменьшение расхода масла и топлива, все это необходимо для дальнейшего развития технического состояния автомобилей и является основным направлением. А также улучшение и повышение безопасности автомобилей и их надежности, уменьшение токсичности газов выхлопных, уменьшение шумности автомобиля, и уменьшение стоимости материалов на производство автомашин.

В современном обществе трудно себе представить жизнь без автомобилей, без транспорта в целом. В России автомобильный транспорт выступает в качестве главного компонента всей транспортной системы. Пожалуй, нет такой хозяйственной отрасли, которая бы могла функционировать без использования автомобилей. Ведущая роль принадлежит автомобильному транспорту в формировании технической, материальной базы России. Существенный рост промышленности, бытовых культурных потребностей в рамках рыночной экономики предусматривает, что будут перемещаться многочисленные грузы, пассажиры.

Высокая степень проходимости, отменная маневренность для работы в разных условиях – все это делает автомобильный транспорт главным средством перевозки пассажиров и грузов. На автомобильный транспорт отведено порядка 80% объема грузоперевозок, а также 90% - пассажирских перевозок. Кроме прочего, массовое использование автомобилей можно

объяснить тем, что транспортировка пассажиров или грузов осуществляется «от точки до точки» - без пересадок, перегрузок.

В качестве объекта дипломной работы рассматривается зона технического обслуживания. Основой парка являются автомобили болидов проекта Формула-Студент, особенности конструкции были учтены при выполнении работы.

Аэродинамика кузова автомобиля, и его массу это влечет за собой уменьшение расхода топлива. Еще также возможно повсеместно переводить автомобили на газ метан или дизельное топливо, а также устанавливать более современные двигатели. Чтобы автомобили могли работать в более оптимальных режимах, необходимы электронные технологии, их широкое применение в конструкциях автомобиля это позволит достичь этого. Высокоточности проектов можно достичь с помощью пространственного моделирования всех деталей, это позволит в перспективе на долго уменьшить трудоемкость конструкторской работы инженеров автомобилестроителей.

В данной работе осуществляется расчет и проектирование. Применение специализированного оборудования повышает качество выполнения работ и снижает ее себестоимость.

Основным преимуществом и отличием гидравлических стендов от других стендов является их особое применение. Гидравлика позволяет проводить испытания образцов с большими массами в низком диапазоне частот.

Рассмотрим принцип работы: В зависимости от требуемых параметров, на вибростоле с объектом испытаний воспроизводится необходимая частота и амплитуда перемещений. В свою очередь, гидроцилиндр, гидроаккумулятор, подшипник и другие составные элементы стенда располагаются на опорной поверхности, которая стоит на пневмоопорах, таким образом достигается виброизоляция стенда и происходит снижение колебаний, передаваемых на пол.

1 Основание и развитие проекта «Формула студент ТГУ»

1.1 Инжиниринговый проект «Formula-Student»

Зарождением проекта считается 1981 год, когда инициативная группа «американских инженеров – автомобилистов из Хьюстонского университета начала свою работу. Немного ранее, стали проводиться спонтанные развлекательные соревнования студентов Техаса, которые выступали на газонокосилках, модернизированных в багги еще в 1978 году. Этот импульс приобрел международный масштаб и завоевал огромную популярность у современных студентов высших учебных заведений. В основе задач инженерного сообщества студентов – сборка оригинальных болидов по собственным проектам участие в соревнованиях в группе автомобилей конкретного типа. »[44]

«Автомобиль должен быть собран по собственной технологии, которую команда будущих инженеров должна самостоятельно разработать. Также должна быть изготовлена техническая и конструкторская проектные документации для своего автомобиля, подобраны все узловые элементы и детали, проведена сборка, и все это должно соответствовать регламенту соревновательного международного проекта. »[1]

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»[1] 2.

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,»[35] 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.»[12] Благодаря победам студенческой команды в конкурсных номинациях соревнований российских этапов, был засвидетельствован сравнительно высокий профессиональный уровень выполненных работ[37].



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

1.2 Основы разработки и конструирования спортивных болидов

«Опыт, приобретенный во время разработки и создания болидов, является уникальным и дает будущим инженерам большое преимущество на рынке труда. Многие технические корпорации и более мелкие фирмы стремятся приобрести таких специалистов и даже вырастить их, оказывая всестороннюю поддержку в экономическом, информационном и техническом плане.

Инициаторами спортивно-технических соревнований выступили студенты Техасского университета и сформировали из отдельных любителей гонок на»[19] «болидах организованные сообщества. Первые 6 команд состязались в технических и спортивных достижениях в 1981 году. В настоящее время состязания проводят для различных серий гоночных автомобилей. В основном, это три класса болидов:

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

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

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

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

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

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

Российские соревнования «Formula Student» имеют достаточный авторитет и признание во всем мире, и потому собирают большое количество команд из университетов стран Запада и Востока. Международные соревнования способствуют тесному общению студентов из различных вузов мира, обмену опытом и знаниями, а значит содействуют совершенствованию

их технических проектов и всестороннему развитию их личности. Работа над проектом болида никак не входит в состав основного учебного процесса и занимает много»[31] «времени. Несмотря на это, работа в команде над созданием гоночного автомобиля захватывает учащихся настолько, что становится главным увлечением жизни, практикой креативного направления.

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

Конструирование и технология сборки стапеля для спортивного болида является основной технико- исследовательской темой настоящей выпускной квалификационной работы. Болид – это легкий каркасный автомобиль, предназначенный для гонок по пересеченной местности. Именно каркас болида является его основой, которая несет основную нагрузку. Конструкционная прочность каркаса обеспечивается сочетанием различных механических свойств, таких как прочность, вязкость, выносливость, упругость и др. Подбирая материалы для конструкций и деталей, способы их соединения и крепления, нужно учитывать необходимость комбинирования достаточной легкости автомобиля с его надежностью, прочностью и устойчивостью. Технология сборки болида должна соответствовать регламенту соревнований и обеспечивать точность и высокую скорость работ. Важно учесть все нюансы технологи сборки еще на стадии конструктивной разработки. Опыт показал, что применение сборного стапеля делает процесс сборки болида более точным и, соответственно, способствует повышению качества всей технической системы, что позволит добиться команде более высоких результатов на соревнованиях «Формула-студент». »[14].

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

2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_ч \cdot n + m_6 \cdot n, \quad (1)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

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

n – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$ – вес багажа.

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

Полный вес автомобиля:

$$G_{\text{а}} = m_{\text{а}} \cdot g, \quad (2)$$

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

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

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

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

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

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

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

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 .

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

«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. »[34]

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

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]

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

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 2 и представляем в виде графика на рисунке 4.

Таблица 2 – Результаты расчетов

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , кВт	$M_{e\text{»[3]}}$, 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

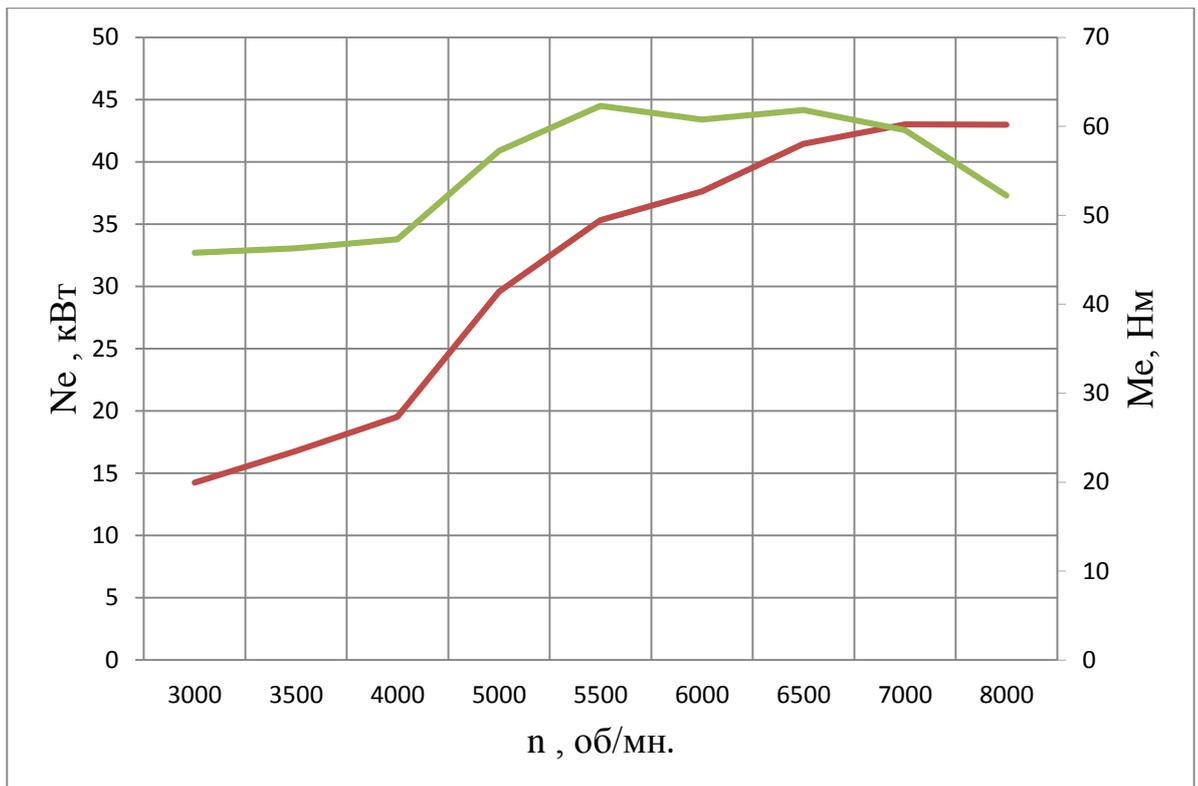


Рисунок 4 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

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:

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

где: F_T – сила тяги ведущих колес, Н;

F_d – сила дорожного сопротивления, Н;

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

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

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

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

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

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

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

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

»[23]

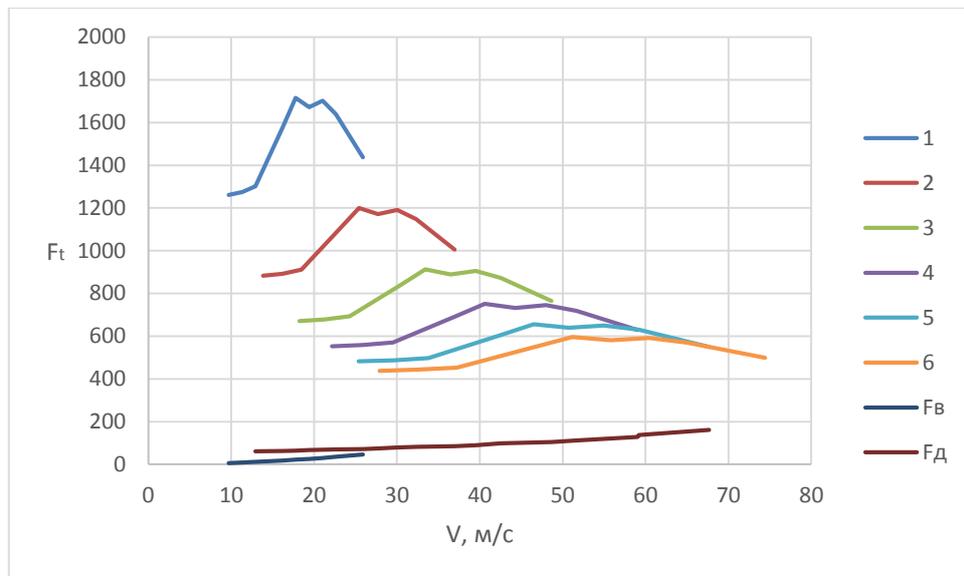
«где: $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$ – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения автомобиля.

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

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

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

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

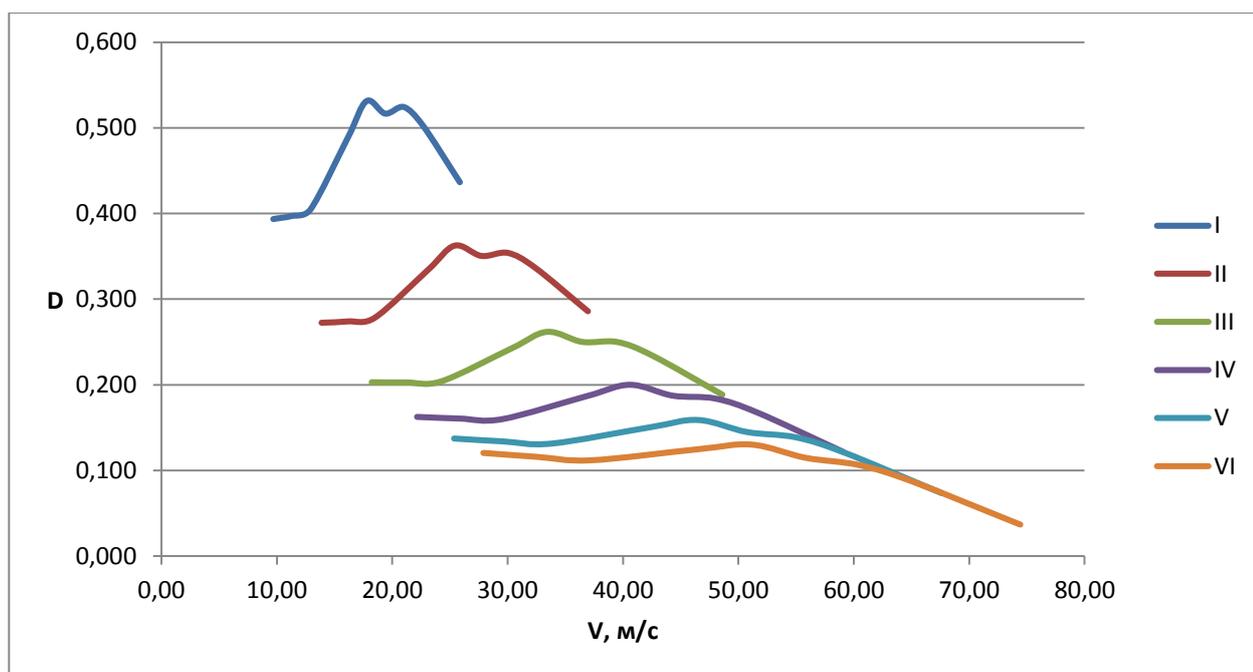


Рисунок 6 – Динамическая характеристика»[18] «автомобиля

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:

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

где: $\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2)$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности»[42] «по формулам:

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

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

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

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

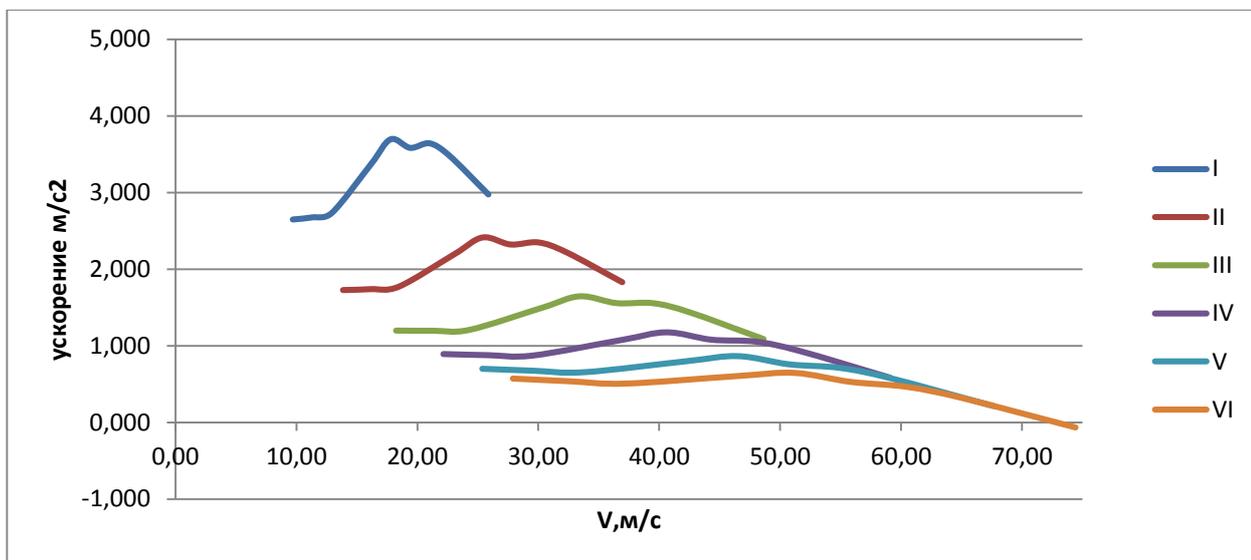
$$\delta_{вр5} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 0,956^2) = 1,0957$$

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

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

Таблица 5 – Значения ускорение разгона

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

$\omega_e, \text{ »[1]}$ «рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j, \text{ с}^2/\text{м}$					
	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]

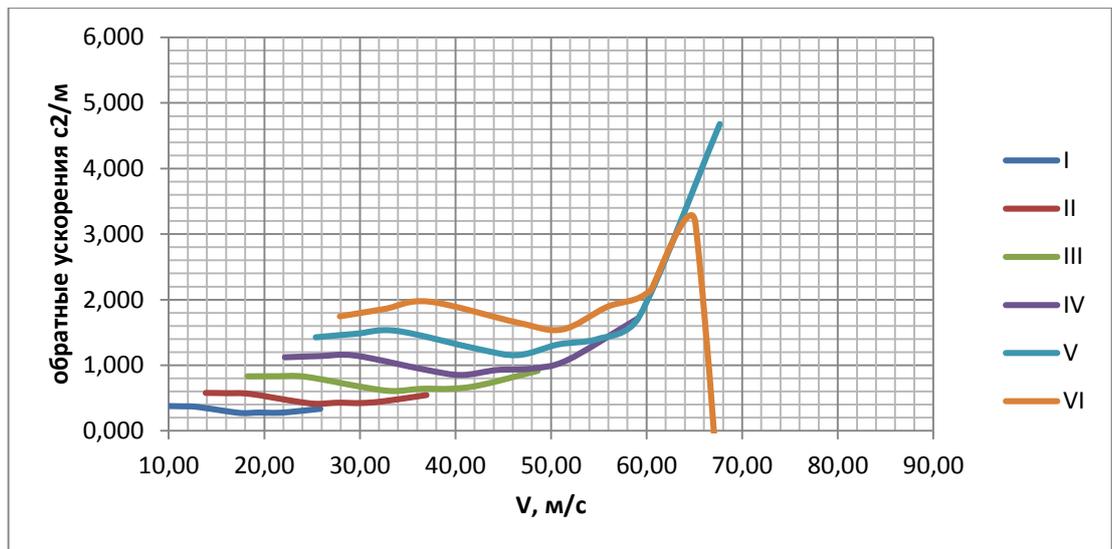


Рисунок 8 - Обратные ускорения автомобиля

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:

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

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 $\left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k$, переходим к приближенному интегрированию:

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

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

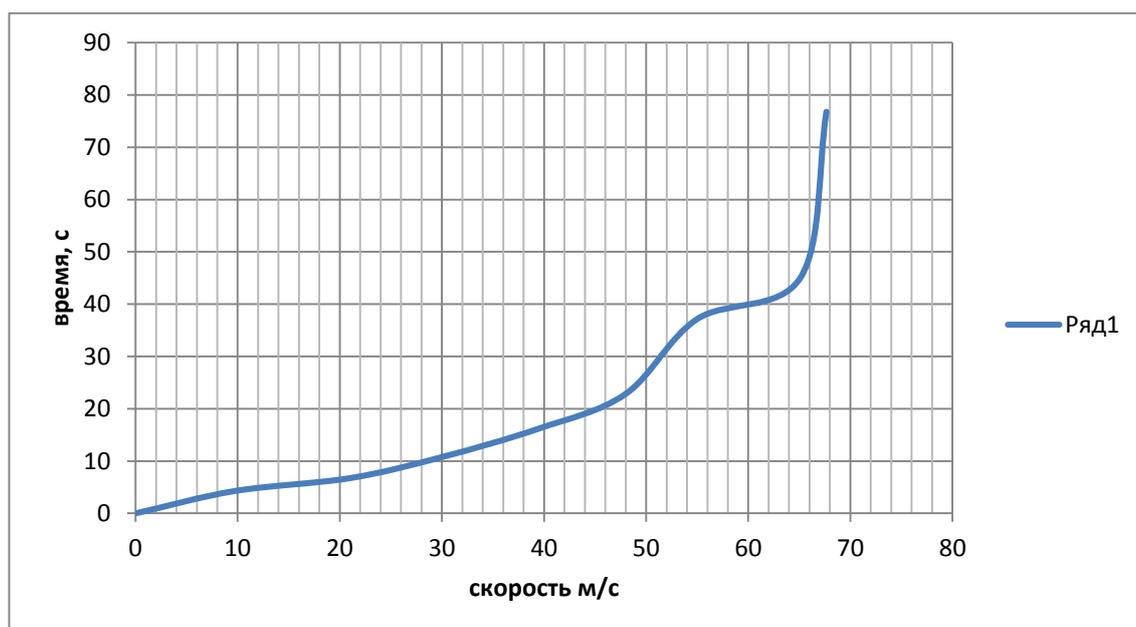
где: t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

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



«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 $V_{\text{срк}}$.

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 $V_{\text{срк}}$.

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

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

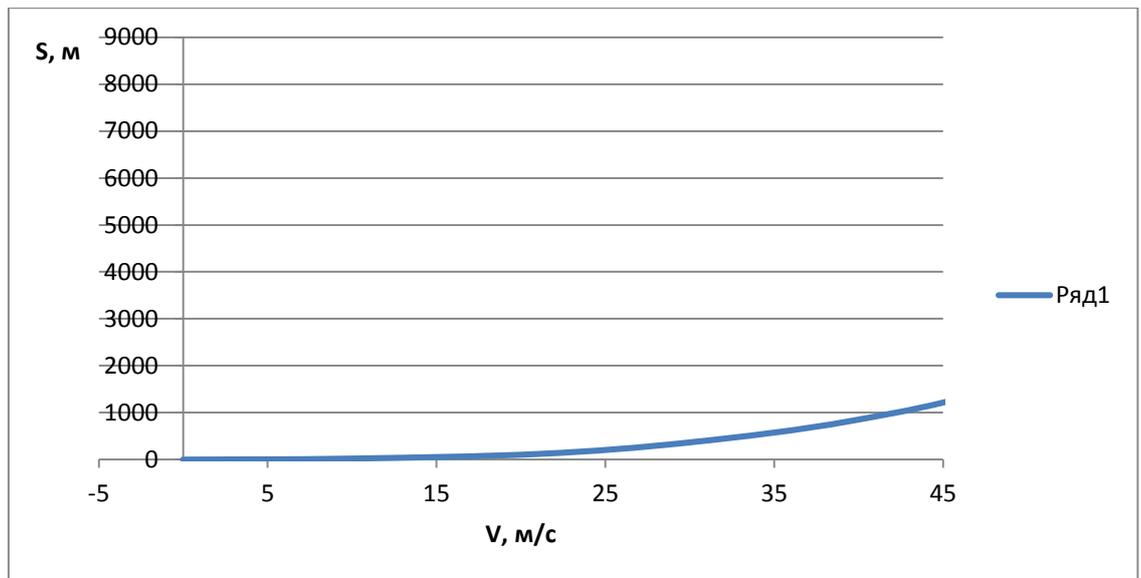
где: $k=1\dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m=n$).»[4]

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



«Рисунок 10 – Путь разгона автомобиля»

2.3.5 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

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

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

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

$N_{тр}$ – 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;

$N_D = F_{и} \cdot V$ – 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 , рад/с»[4]		«3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Вт		14,247	16,784	19,536	29,591	35,332	37,633	41,457	43,011	43,000
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 передача	V , м/с	9,7	11,32	12,93	16,17	17,78	19,4	21,02	22,64	25,87
	N_T , кВт	12,230	14,430	16,834	25,477	30,498	32,450	35,772	37,118	37,196
	N_b , кВт	0,063	0,095	0,149	0,292	0,388	0,504	0,641	0,801	1,195
	N_d , кВт	0,598	0,709	0,825	1,076	1,212	1,357	1,507	1,674	2,032

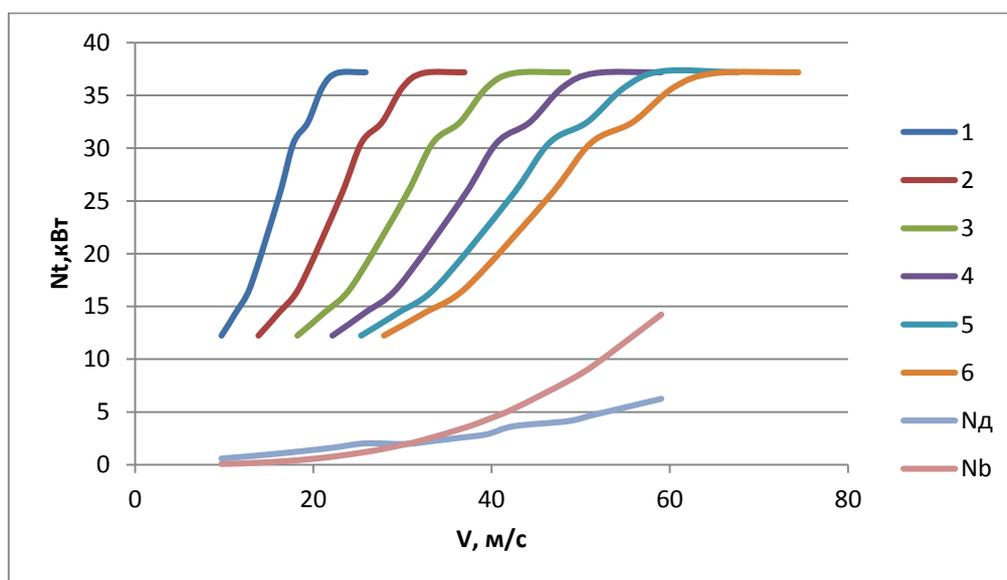


Рисунок 11 – Мощностной баланс

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 [17] от минимально устойчивой до максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

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

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

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

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

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

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от ω_e [29] « 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-экономической характеристики 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

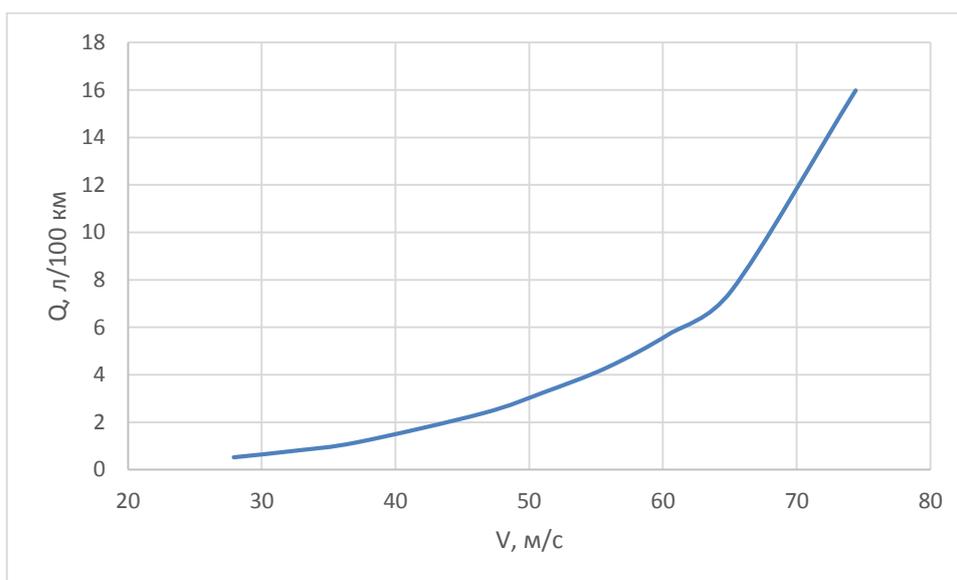


Рисунок 12 – Путевой расход топлива»[41]

Вывод: Расчеты позволяют определить меры по улучшению и повышению безопасности автомобилей и их надежности. Уменьшить токсичность газов выхлопных, уменьшить шумность автомобиля, и уменьшить стоимость материалов на производство автомашин.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку подъемника

3.1.1 Назначение стенда и область применения

Подъемник - передвижной. «Предназначен для «подъема болидов проекта «Формула-Студент» при работах, связанных с установкой – снятием колес, тормозных барабанов на ремонтном участке.»[38] «Подъемник представляет собой рамную конструкцию, например ножничного типа для поднятия грузов при проведении работ по установке – снятию агрегатов и узлов в кузовном отделении, зоне.»[12] технического обслуживания и ремонта автомобилей «и в других отделениях. Стенд предназначен для применения в закрытых помещениях»[34] с температурой окружающего воздуха в диапазоне 15 - 40°С и влажностью воздуха не более 80%. Для обеспечения возможности работы он устанавливается на твердое покрытие пола. Такое оборудование является универсальным приспособлением, подходящим для разборки и сборки. Он может быть адаптирован практически для всех современных автомобилей. «Стенд может применяться на станциях технического обслуживания и авторемонтных предприятиях для технического обслуживания и ремонта ходовой части автомобилей. »[12]

«Целью разработки конструкции для разборки/сборки элементов автомобилей болидов проекта Формула-Студент является изменение конструкции аналога за счет уменьшения количества деталей, упрощения конструкции отдельных узлов повышения технологичности при изготовлении. »[18] Конструкция стенда должна быть разработана из стандартных деталей для обеспечения возможности тиражирования и совершенствования элементов конструкции. Должен быть предусмотрен адаптивный механизма крепления и возможность вертикального вращения коробки передач.

Проектируемый стенд должен отвечать следующим техническим требованиям:

- Универсальность, обеспечивающая возможность ремонта»[6]
различных коробок переключения передач;

- Простота и надежность крепления коробки передач, а также удобство ее обслуживания с различных сторон. [4]

«Назначением разработки данной конструкции является разработка пакета конструкторской документации, на основании которого будет разрабатываться рабочая документация, по результатам которой в дальнейшем будет изготовлен опытный образец тележки для»[45] разборки автомобилей- болидов проекта Формула-Студент.

Подъемник для зоны обслуживания предназначен для применения в закрытых помещениях с температурой окружающего воздуха в диапазоне - 40°С и влажностью воздуха не более 80%. Для обеспечения эффективности работы стенд должен быть установлен на верстак или другую удобную ровную поверхность. При этом для обеспечения работы наличие источников электроэнергии рядом не требуется.

3.1.2 Основание для разработки

«Конструкция подъемника разрабатывается по заданию кафедры «ПЭА» ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет». Разработка конструкции для разборки автомобилей болидов проекта Формула-Студент. проводится на основании технического описания существующих аналогов.

3.1.3 Источники информации

При разработке данной конструкции тележки»[10] «для разборки автомобилей болидов проекта Формула-Студент. использовались следующие источники информации:

- Оборудование для ремонта автомобилей. Под ред. Шахнеса М. М. Изд-во «Транспорт», »[22] 1971 г.

- Инструкция по применению СТ-G0108U.

3.1.4 Технические требования к проектируемому стенду

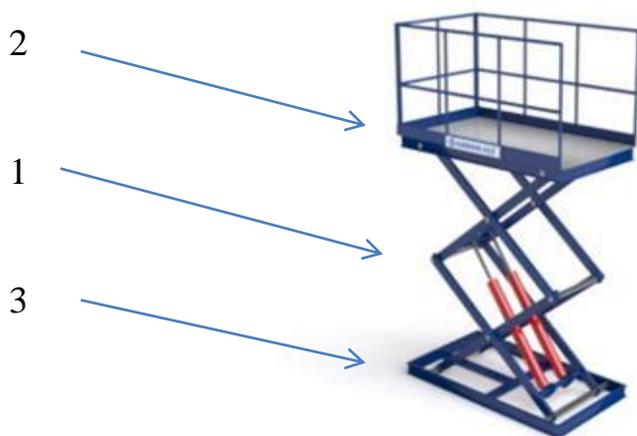
Тележки для разборки автомобилей болидов проекта Формула-

Студент. должны отвечать следующим требованиям:

- надежность и экономичность;
- высокий уровень безотказности при эксплуатации;
- хорошая ремонтпригодность;
- производственная технологичность;
- хорошая сохраняемость;
- пожаробезопасность.

При проектировании устройства необходимо применять детали требования, к которым регламентируются национальными стандартами. В «разработанной конструкции стенда должны быть предусмотрены возможности модернизации конструкции (рисунок 13).»[43]

Предполагается поставка потребителю установки в разобранном виде:



1 – стойки, 2 – платформа 3 - основание

Рисунок 13 – Схема напольного подъемника

«Технические характеристики стенда для разборки/сборки автомобилей- болидов проекта Формула-Студент, представлены в»[33] таблице 11.

Таблица 11 - Основные технические характеристики»[16] 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
Максимальная длина стенда, мм	700
Привод силового механизма	ручной механический

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 стенда»[13] для разборки/сборки автомобилей- болидов проекта Формула-Студент.

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 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 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 «состоит из трех элементов:»[36]

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 «от грузовиков и автобусов используется двухстоечное оборудование, на котором»[11] он крепится с «двух сторон. Это обеспечивает более надёжное удержание массивного»[40] узла и предупреждает опрокидывание оснастки. Наличие второй стойки обеспечивают более высокую стационарную стойкость стенда. В нашем случае все коробки передач составляет около 35 кг. «При ремонте легковых машин достаточно использования более простых по конструкции одностоечных стендов, 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 стенда.

- Большинство представленных стендов оснащаются устройством для закрепления коробки передач и механизмом вращения. Это обеспечивает легкость вращения. На многих стендах установлен червячный редуктор, который считается дорогостоящим узлом. Учитываем, что для поворота 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.

- Некоторые стенды изготавливаются из достаточно металлоемких элементов, что приводит к увеличению стоимости и утяжелению стенда. 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 передачи любого типа. Невысокая масса конструкции позволяет легко перемещать стенда 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 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 «закручивании приближается к упору, сохраняющему статическое положение, »[15] 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 «система с телескопическим или гидравлическим цилиндром. Гидравлический тип цилиндра используется преимущественно в стяжках профессионального уровня,»[56] 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 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.

В качестве целесообразного варианта привода конструкции выбираем механический,»[25] 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 отверстия. 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:

- по способу подъема груза;
- по типу механизма подъема;
- по типу привода;
- по месту установки привода;
- 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.

3.3 Сравнительный анализ существующих аналогов оборудования

«Проведем сравнительную оценку качества выбранного технологического оборудования, с учетом необходимых показателей на основе формализованного процесса оценки. Все рассматриваемые единичные показатели качества P_1 выражены количественно, поэтому мы можем их уровень соотнести с базовым показателем P_{10} . Если увеличение абсолютного значение единичного показателя качество приводит к улучшению качества, то уровень качества определяем соотношением» [2]:

«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 табелю 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 прямоточную 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. «Для выбора устройства стенда для разборки/сборки рассмотрим продукцию, следующих производителей:»[28] 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.

3.3.1 Подъемник пневмогидравлический 11MTOR

«Ручные гидравлические тележки являются наиболее востребованным, надежным и маневренным видом техники для логистических комплексов и»[9] «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°. 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).



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»[17]	KWell	11MTOR	XILIN SB500	TOR PTS800
1. Хот 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

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. Технические характеристики стяжки представлены в таблице 15.

Конструктивные и функциональные особенности гидравлической стяжки пружин KWell KRWSCS:

- 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.» [26].

Таблица 13 – Рассчитанные значения уровня качества выбранного оборудования

Характеристика	KraftWell	ПП-2	ПНК-1-01	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 стенов для разборки/сборки.

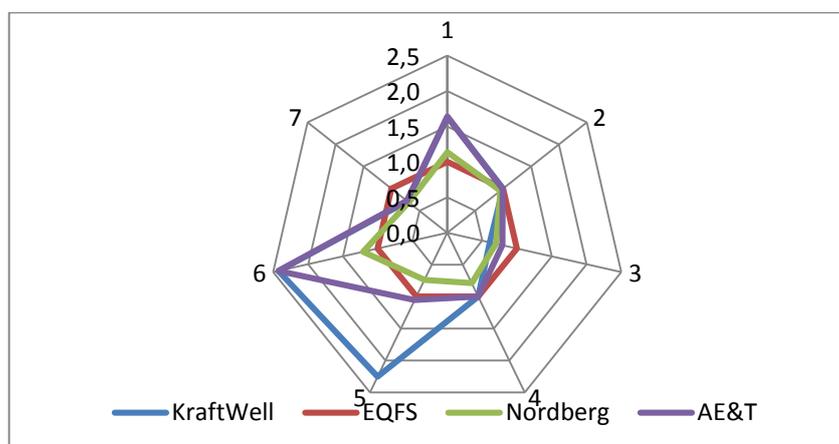


Рисунок 20 – Циклограмма»[32] технического уровня качества стенов

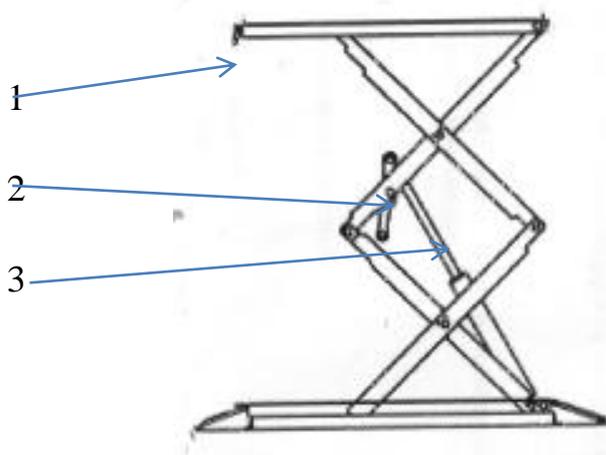
«Проведена сравнительная оценка качества выбранного технологического оборудования, с учетом необходимых показателей на основе формализованного процесса оценки.»[32] Из построенной циклограммы видно, уровень качества стенов для разборки/сборки имеет «большую общую площадь циклограммы. Следовательно, технический

уровень этого стенда выше остальных, поэтому для нашего предприятия мы выбираем его»[1] в качестве аналога для разработки

3.4 Подбор основных элементов конструкции

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

G – нагрузка на подъемник; B – межосевое расстояние опор;
 $H_{\text{п}}$ – ход плунжера гидроцилиндра; L_{Γ} – высота гидроцилиндра

Рисунок 21 – Расчетная схема подъемника гидравлического

Усилие подъема:

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

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

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

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

$n_{\text{п}}$ - число плунжеров.

Принимается рабочее давление жидкости равным 10 МПа.

Диаметр поршня гидроцилиндра: »[1]

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

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.

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.

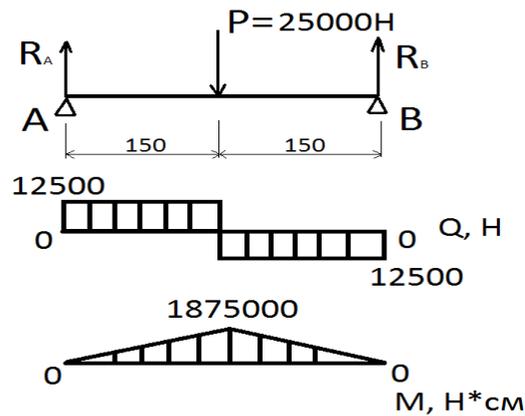


Рисунок 22 – Эпюра нагружения рамы

При сжатии пружины возникает продольная изгибающая сила. Выполним расчет для определения прочностей стержня

Определяем площадь поперечного 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.

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: $\sigma_T = 140$ МПа, HRC=34-42.

Составим схему, действующих на ходовую гайку сил. При работе станда 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.

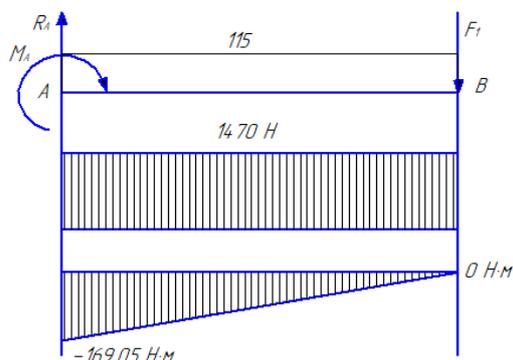


Рисунок 23 - Эпюра неподвижного плеча (верхней балки)

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.

Выполним проектировочный расчет и определим параметры ходовой гайки.

Высоту гайки определяем по формуле:

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

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

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:

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

где F_p – расчетная сила с учетом действия растяжения и кручения, Н;

$d_{отв}$ – наружный диаметр резьбы, диаметр $d = 26,5$ мм, для чугуна $[\sigma_p] = 20 \dots 24$ 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 $[\sigma_{см}]$ – «допустимое напряжение смятия, $[\sigma_{см}] = 42 \dots 55$ МПа».

Примем $D_L = 30$ мм.

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

3.5 Разработка инструкции по работе с устройством разборки/сборки

3.5.1 Назначение изделия

В данном руководстве по эксплуатации представлены основные принципы работы со станком для разборки/сборки элементов. Знание этих принципов необходимо для обеспечения правильной и безопасной эксплуатации станка. Комплект поставки станка представлен в таблице 14. При осуществлении правильного ухода и эксплуатации согласно предъявляемым требованиям гарантируется безаварийная и надежная работа станка, представленного в данной инструкции. Основным назначением устройства является сборка и разборка кузовных элементов автомобилей болидов проекта Формула-Студент путем посредствам стяжки. Также описываемый станок может применяться для ремонта автомобилей, имеющих схожую конструкцию.

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. Ходовая гайка	1
7. Рукоятка	1
8. Направляющий винт	1
Техническая документация	
Паспорт	1
Руководство по эксплуатации	1
Лист упаковочный	1

3.5.2 Транспортировка и распаковка

Транспортировку станка можно осуществлять вручную при этом следует соблюдать правила техники безопасности. «Для распаковки установки необходимо снять металлические скрепки из картона, а затем аккуратно»[8] «извлечь её из коробки. В коробке находятся детали и

принадлежности для»[27] сборки. «Избегать падения и утери деталей при распаковке. »[30] После сборки стенд может быть легко перемещен в любую часть помещения.

3.5.3 Основные принципы работы стенда

Для фиксации и закрепления стойки используются захваты. Закрепление стойки осуществляется прижатием верхним захватом. Это достигается путем вращения рукоятки. В результате этого верхний захват опускается и прижимается стойке. На этапе закрепления стойки необходимо ее придерживать до полного закрепления. При необходимости можно отрегулировать величину расстояния между захватами. Для этого необходимо снять болт регулировки высоты. После этого нижний захват перемещается на нужную высоту, что позволяет использовать оборудование для ремонта стоек различных размеров. Для более надежной фиксации стоек на захвате оборудованы бортики, которые не позволяют стойке соскочить при работе с пружиной до установки на стенд.

После установки верхней стойки необходимо сжать пружину, чтобы снять усилие с чашки верхней опоры, действующее со стороны пружины. После выполнения этой операции снять опору, открутив винт крепления.

При сборке все операции выполняются в обратном порядке. После сборки платформа устанавливается на прежнее место. После этого устанавливается верхняя опора на шток подъемника и закручивается соответствующая гайка. После того, как элемент собран, необходимо отпустить сжатую пружину и снять со стенда.

3.5.4 Требования при эксплуатации

В процессе эксплуатации следует производить внешний осмотр конструктивных элементов стенда, производить контроль затяжки резьбовых соединений. Для эффективности работы стенда необходимо смазывать винт и гайку смазкой Литол 24. »[39]

Для обеспечения безопасной работы на стенде должны выполняться следующие условия:

Рассматриваемое оборудование применяют для обслуживания и ремонта различных коробок переключения передач в автомастерских массой не более 150 кг.

Стенды предназначены для вывешивания коробки передач с целью проведения работ по его диагностике и ремонту, что существенно улучшает удобство проведения работ за счет возможности поворота коробки передач в удобное положение. Поскольку от удобства, безопасности и комфортности использования стенда зависит производительность труда оператора и всего предприятия, то их применение существенно повышает эффективность технологического процесса выполнения технических операций.

Для осуществления гарантийных обязательств изделие следует предоставить в чистом виде в сопровождении документов, подтверждающих дату продажи. «Гарантия распространяется на поломки, вызванные заводским браком или дефектом материала.»[3]

«Вывод: Наиболее целесообразным для разработки представляется вариант конструкции № 1 устройства. Данный механизм состоит из тележки, представляющей собой раму, установленную на поворотных колесах. 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]

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

В процессе выполнения работ на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы, в том числе: отравление токсическими веществами, «загазованность помещения и рабочей зоны; пожар; взрыв; падение человека и предметов с высоты.» [29]

Источники возникновения этих факторов:

- неисправность газового оборудования автомобиля или неправильная его эксплуатация;
- неисправный или не по назначению примененный инструмент,» [27]

4.2 Конструктивно-технологическая характеристика объекта»

Подъемник передвижной с гидравлическим приводом подъема состоит из рамы, оснащенной опорными неповоротными колесами. Рама состоит из корпуса, кронштейнов, опорных направляющих площадок. К раме шарнирно крепятся опорные стойки. К кронштейну рамы и стоек шарнирно крепится гидроцилиндр. Устройство подъема «ножничного» типа, сверху к стойкам крепится грузоподъемная платформа. Подъем платформы осуществляется с помощью ручного привода гидравлического насоса. Стойки разгружают шток гидроцилиндра от действия изгибающих нагрузок, под действием массы груза. Передние концы стоек перемещаются на опорных роликах по направляющим рамы и платформы, при этом обеспечивается горизонтальное положение стола платформы за счет работы параллелограммного механизма.

Рама подъемника передвижного снабжена механизмами стопорения, приводимые в действие с помощью винтовых рычагов.

При расположении оборудования в помещении были учтены

требования по безопасности. Такой подход с одной стороны обеспечивает не только эффективность соблюдения технологического процесса, но также обеспечивает безопасность выполнения технологических работ на участке. Также это обеспечивает защиту сотрудников от получения травм. Современное» [8] предприятие в «своем составе имеет большое количество технических и энергетических систем, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека. Это сложные технические системы, имеющие в своем составе количество подвижных и режущих частей, которые обладают высоким уровнем загазованности и пылеобразования» [20].

Опасные и вредные производственные факторы на рабочем посту

Физические факторы можно разделить на следующие:

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

– повышенную яркость света.

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на производстве (таблица 15).

Таблица 15 - Вредные и опасные производственные факторы на участке

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

Для обеспечения свободного доступа естественного света на участке предусмотрено окно.

4.3 Мероприятия по снижению опасных факторов

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

Разработанный комплекс мероприятий обеспечивает существенно снижение отрицательного воздействия имеющихся на предприятии вредных факторов, которые оказывает значительное влияние на состояние здоровья рабочих. Условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности. Регулярное проведение технического обслуживания и ремонта оборудования, проведение сертификации инструмента и оборудования на пожарную безопасность, проведение инструктажа.

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии

виброакустических факторов [9] (таблица.16).

Таблица 16 - Воздействие виброакустических факторов на условия труда

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Класс (подкласс) условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ 80	>80	>85	>95	>105	>115
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень виброускорения, дБ	≤126	>126-129	>129-132	>132-135	>135-138	>138

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

Таблица 17 - Отнесение условий труда при воздействии неионизирующих факторов

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

Условия труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии химического фактора относятся в соответствии с Приложением № 1 [30] (таблица 18).

Таблица 18 - Отнесение условий труда при воздействии химических факторов

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

Условия труда по классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса «относятся в соответствии с Приложением № 20 (таблицы)» [29] 7-9).

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

Итоговый класс (подкласс) условий труда на рабочем месте устанавливаются по наиболее высокому классу (подклассу) вредных и (или) опасных факторов одного из имеющихся на рабочем месте вредных и (или) опасных факторов в соответствии с Приложением № 22 [32] (таблица 3.8).

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

«Таким образом, данный разрабатываемый участок относится к подклассу 2–к допустимым условиям труда, то есть к условиям»[4] труда,

при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы. После воздействия факторов данного типа измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, до следующей смены.

Техника безопасности

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

Для обеспечения безопасности автослесарей, повышения качества и производительности работы все действия осуществляются на оборудованных постах, которые оснащены подъемниками со стопорами».[2] Принятые средства обеспечивают защиту от возможных случаев пожара, что существенно увеличивает безопасность выполняемых работ. Эффективность этих принятых средств определяется комплексом возможных для устранения пожар мероприятий.

4.4 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях

4.4.1 Пожарная безопасность

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [14] условиями их обработки.

По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

- нарушение технологического режима работы оборудования;

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

Характеристика вещества и материалов тех, что находятся в помещении - горючие и трудно горящие жидкости, твердые горючие и трудно горящие материалы,» [2] вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.» [19]

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

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011;
- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);
- максимально возможным» [34] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

4.4.2 Экологическая безопасность технического объекта

Таблица 19 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Снятие-установка направляющих колес	Мойка колес с применением моющих химических средств	Выбросы в атмосферу химических веществ	Загрязнение сточных вод моющими средствами, ГСМ и СОЖ	Попадание в почву моющих средств, ГСМ и СОЖ
Отворачивание – заворачивание гаек колес	Мойка барабанов с применением моющих химических средств	Пыль ингредиентов и образующиеся при вулканизации газообразные вещества в составе вентиляционных выбросов попадают в окружающую среду	Попадание в сточные воды газообразных веществ, образующихся в процессе вулканизации	Осаживание газообразных выбросов и пыли

Таблица 20 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Изготовление специального технологического оборудования
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Для снижения вредного воздействия АТП на окружающую среду необходимо правильно организовать вентиляцию помещений. Для защиты атмосферы от загрязнения пылью и туманами используют пыле- и туманоулавливающие аппараты и системы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	<p>Для очистки сточных вод применяют механические, биологические, химические, физико-химические и термические способы. Из очистных установок наиболее часто используют установки работающие на принципе простого отстаивания и фильтрации, бензомасленных уловителей, гидроэлеваторы с гидроциклонами. Из маслоуловителей масло сливают в бак и отправляют на перерабатывающие предприятия. Для предотвращения сильно загрязненной воды в канализацию сточные воды необходимо предварительно очистить. Первоначальная стадия очистки стоков является процеживание. Оно предназначено для выделения из сточной воды крупных не растворимых примесей, а также мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе длительной обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования.</p> <p>При отстаивании одновременно удаляют маслосодержащие примеси с помощью специальных маслоуловителей. После отстаивания механические примеси удаляют в гидроциклонах. После очистки часть сточных вод повторно используют для мойки автомобилей. Сточные воды после очистки подвергаются периодическому контролю.</p>
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Главным источником загрязнений почвы являются технические отходы. Основными направлениями ликвидации и переработки твердых отходов (кроме металлолома) является вывоз и захоронение на полигонах, сжигание, складирование и хранение на территории предприятия до появления новых технологий переработки их в полезный продукт. Лом перерабатывают и вновь используют как сырье. В настоящее время широко используют захоронение отходов в специально подготовленных местах, но при этом занимают большие площади, и может произойти загрязнение грунтовых вод.

Выводы по разделу

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

- зафиксированы вредные производственные факторы, которые имеют место на ремонтном участке;

- определены мероприятия по снижению вредных воздействий на окружающую среду и людей, а также мероприятия по созданию безопасных условий труда;

- определена категория пожароопасности – категория «Д», определено огнетушительное оборудование необходимое для производственного помещения;

- определены вредные воздействия на окружающую среду со стороны ремонтного производства и процесса эксплуатации устройства в составе оборудования;

- изучен вопрос по организации безопасности на производственном участке в случае возникновения ЧС или аварии»[6];

- разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте,;

- идентифицированы экологические факторы (таблица 19) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 20).

5 Расчет экономической эффективности подъемника

5.1 Определение себестоимости изготовления

«Проведем расчет калькуляции себестоимости изготовления проектируемого изделия. Расчет расходов на сырье и основные материалы производится по формуле»[14]:

$$M = C_m \cdot Q_m \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right), \quad (32)$$

где C_m – «стоимость материала, руб. »[14];

Q_m – «количество материал»[14];

$K_{ТЗ}$ – «коэффициент расходов на заготовку и транспортировку, принимаем»[14].

«Расчет расходов на сырье и основные материалы представлен в таблице 21»[14].

Таблица 21 – Себестоимость изготовления проектируемого изделия

Наименование материала	Количество	Заготовительная цена, руб.	Стоимость, руб.
Труба квадратная, пог.м.	3	180	540
Труба круглая, пог.м.	0,5	150	75
Эмаль, кг	1,0	70	70
Круг горячекатаный, «пог.м.	0,5	30	15
Уголок	0,5	40	20
Иное	-	-	500
ИТОГО:			2044,7
Расходы на заготовку и транспортировку:			143,13
Возвратимые отходы:			92,01»[17]
ВСЕГО:			2279,84

«Расчет затрат на готовые покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые для комплектования изделий производится по формуле»[14]:

$$P_{и} = C_{i} \cdot n_{i} \cdot \left(1 + \frac{K_{пи}}{100}\right), \quad (33)$$

где C_i – «стоимость изделия, руб.» [14];

n_i – «необходимое количество изделий» [14];

$K_{тз}$ – коэффициент расходов на покупные изделия.

«Расчет затрат на готовые покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, представлен в таблице 22» [14].

Таблица 22 – «Затраты на покупные комплектующие»

Наименование комплектующих	Количество	Заготовительная цена, руб.	Стоимость, руб.
Болт М14х140 ГОСТ 7805-70	10	4,5	45
Гайка М14 ГОСТ 5929-70	10	1,5	15
Шайба 10 ГОСТ 11371-78	10	0,5	5
Болт М14х20 ГОСТ 7805-70	8	3,0	24
Гайка М14 ГОСТ 5929-70	8	1,5	12
Шайба 10 ГОСТ 11371-78	8	0,5	4
Иное			100
ИТОГО:			205
Расходы на заготовку и транспортировку:			14,35» [34]
ВСЕГО:			219,35

5.2 Определение затрат на выплату заработной платы

«Расчет затрат на выплату основной заработной платы производится по формуле» [14]:

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left(1 + \frac{K_{пд}}{100}\right), \quad (34)$$

где C_p – часовая тарифная ставка, руб.

T – «трудоемкость, чел.-ч.» [14];

$K_{пд}$ – «коэффициент доплат, принимаем» [14].

«Расчет затрат на выплату основной заработной платы представлен в таблице 23»[14].

Таблица 23 – «Затраты на выплату основной заработной платы»[14]

«Вид операции	Квалификационн ый разряд работы	Трудоемкос ть, человек/час	Тарифная часовая ставка	Тарифная заработная плата
Заготовительная	3	0,5	150	75
Сварочная	3	0,5	150	75
Токарная	3	0,5	150	75
Сверлильная	3	0,1	150	75
Слесарная	3	0,5	150	75
Сборочная	3	1,0	150	75
Окрасочная	3	0,5	150	75
Испытательная	3	0,5	150	75
ИТОГО:				1537,76
Доплата премии:				307,55»[1]
Заработная плата основная:				1845,32

«Расчет затрат на выплату дополнительной заработной платы производится по формуле»[14]:

$$З_d = З_o \cdot \frac{K_d}{100}, \quad (35)$$

где K_d – «коэффициент дополнительной заработной платы, принимаем $K_d = 10\%$ »[14].

«В результате подстановки значение получим расчетный уровень дополнительной ЗП»[14]:

$$З_d = 660 \cdot \frac{10}{100} = 66 \text{ руб.}$$

«Расчет затрат на отчисления единого социального налога производится по формуле»[14]:

$$O_c = (З_o + З_d) \cdot \frac{K_d}{100}, \quad (36)$$

где K_c – «коэффициент социальных выплат»[14].

«В результате подстановки значений показателей получим расчетное значение единого социального налога»[14]:

$$O_c = (600 + 66) \cdot \frac{30}{100} = 217,8 \text{ руб.}$$

«Расчет расходов на ремонт, содержание и эксплуатацию промышленного оборудования производится по формуле»[14]:

$$P_{\text{сод.об.}} = Z_o \cdot \frac{K_{\text{об}}}{100}, \quad (37)$$

где $K_{\text{об}}$ – «коэффициент затрат на содержание оборудования»[14].

«В результате подстановки значений показателей получим расчетный уровень расходов на ремонт, содержание и эксплуатацию промышленного оборудования»[14]:.

$$P_{\text{сод.об.}} = 660 \cdot \frac{5}{100} = 33 \text{ руб.}$$

«Расчет затрат общепроизводственного характера производится по формуле»[14]:

$$P_{\text{опр.}} = Z_o \cdot \frac{K_{\text{опр}}}{100}, \quad (38)$$

где $K_{\text{об}}$ – «коэффициент общепроизводственных затрат»[14].

«В результате подстановки значений показателей получим расчетный уровень затрат общепроизводственного характера»[14]:

$$P_{\text{опр.}} = 660 \cdot \frac{15}{100} = 99 \text{ руб.}$$

«Расчет цеховой себестоимости производится по формуле»[14]:

5.3 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

$$C_{ц} = M + \Pi_{и} + Z_o + Z_d + O_c + P_{\text{сод.об.}} + P_{\text{опр.}} \quad (39)$$

«В результате подстановки значений показателей получим расчетный уровень цеховой себестоимости»[14]:

$$C_{ц} = 1366,4 + 219,35 + 660 + 66 + 217,8 + 33 + 99 = 2661,55 \text{ руб.}$$

«Расчет затрат на общехозяйственные расходы производится по формуле»[14]:

$$P_{\text{общ.хоз.р}} = Z_o \cdot \frac{K_{\text{общ.хоз.р}}}{100}, \quad (40)$$

где $K_{\text{общ.хоз.р}}$ – «коэффициент затрат на общее хозяйство»[14].

«В результате подстановки значений показателей получим затраты на общехозяйственные расходы»[14]:

$$P_{\text{общ.хоз.р}} = 660 \cdot \frac{30}{100} = 198 \text{ руб.}$$

«Расчет производственной себестоимости производится по формуле»[14]:

$$C_{\text{пр}} = C_{ц} + P_{\text{общ.хоз.р}} \quad (41)$$

«В результате подстановки значений показателей получим производственную себестоимость»[14]:

$$C_{\text{пр}} = 2661,55 + 198 = 2859,55 \text{ руб.}$$

«Расчет затрат на внепроизводственные расходы производится по формуле»[14]:

$$P_{\text{внепр.}} = C_{\text{пр}} \cdot \frac{K_{\text{внепр}}}{100}, \quad (42)$$

где $K_{\text{внепр}}$ – «коэффициент внепроизводственных расходов»[14]

5.4 Определение общей суммы затрат на изготовление конструкции подъемника для спортивного болида

«В результате подстановки значений показателей получим затраты на внепроизводственные расходы»[14]:

$$P_{\text{внепр.}} = 2859,55 \cdot \frac{5}{100} = 142,98 \text{ руб.}$$

«Для определения общих затрат на производство станда, приобретения материалов и затрат связанных с выплатой денежных средств воспользуемся формулой»[14]:

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{пр}} + P_{\text{внепр.}} \quad (43)$$

«Подставляем ранее вычисленные значения в формулу и получаем»[14]:

$$C_{\text{общ}} = 2859,55 + 142,98 = 3002,53 \text{ руб.}$$

Вывод по разделу:

«В разделе выполнена оценка экономической эффективности изготовления станда. Анализ отечественного рынка показал, что средняя стоимость приобретения станда для ремонта коробки передач около 15000 руб. На основании этого можно сделать вывод, что изготовление конструкции разработанного станда является экономически целесообразным»[14].

Заключение

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

Целью дипломной работы является разработка проекта подъемника болидов проекта «Формула-Студент» с проектированием устройства для разборки/сборки кузовных элементов.

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.

В конструкторской части разработан проект подъемника для разборки/сборки элементов. Предлагаемое устройство имеет простоту и надёжную конструкцию, которая не зависит от дополнительных источников энергии и имеет небольшой вес, что позволяет расположить стенд в любой удобной точке ремонтного предприятия.

Для выбора аналога устройства для разборки/сборки были рассмотрены стенды наиболее соответствующие техническому заданию и выбрана продукция следующих производителей: KraftWell, EQFS, Nordberg, AE&T. На основе формализованного процесса была выполнена сравнительная оценка качества выбранного оборудования.

Проанализированы операции по транспортировке и погрузке подъемника, производство погрузочно-разгрузочных работ. руководствуясь правилами по технике безопасности. Технико-экономическая оценка проекта показала, что себестоимость одного нормо-часа на участке технического обслуживания не превышает заданную.

Список используемых источников

- 1 Аринин И.Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 2 Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
- 3 Беляев В.М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 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 Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей. – М. Транспорт. 1970.

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

17 Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

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

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

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

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

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

23 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.

- 24 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.
- 25 Димов Н.Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.
- 26 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А.А. Хачатуров [и др.]; под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
- 27 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.
- 28 Енаев А.А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.
- 29 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.
- 30 Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.
- 31 Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.
- 32 Лысов М.И. «Рулевые управления автомобилей» – М.: «Машиностроение», 1972 г.
- 33 Ниргер И.А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
- 34 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.
- 35 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

- 36 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
- 37 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
- 38 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
- 39 Феодосьев В.И. «Сопrotивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
- 40 Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
- 41 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.
- 42 Johnson M. Statistics and experiment planning in engineering and science/ M. Johnson, F.M. Lyon. – Mir, 1981. – 610 p.
- 43 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
- 44 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.
- 45 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

