

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)

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Стенд-опрокидыватель для обслуживания спортивного болида
класса Формула-Студент

Студент

Д.С. Букаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

старший преподаватель В.Г. Доронкин

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

Консультант

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

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускная квалификационная работа бакалавра на тему «Стендопрокидыватель для обслуживания спортивного болида класса Формула-Студент» включает в себя разработку гаражного оборудования, предназначенного для осуществления для подъема и удержания обслуживаемого транспортного средства, а именно гоночного болида, которое позволит усовершенствовать имеющуюся конструкцию опрокидывателя, в первую очередь за счет механизации операции подъема. Предполагается проведение разработки на основе имеющихся конструкций средств механизации, с учетом специфики и габаритов транспортного средства.

«Современные методы производства, применяемые на автомобильном транспорте требуют не только высокого уровня технического оснащения производства, но и специалистов, обладающих комплексом знаний, включающим практическую и теоретическую подготовку. Данный подход обусловлен прежде всего тем, что автомобили становятся все более и более сложными с инженерной и конструкторской точки зрения, поэтому при проведении ремонтных и эксплуатационных работ необходимо иметь значительный набор знаний и умений, позволяющих применить их на практике.» [1]

Выполнен обзор имеющихся конструкций опрокидывателей, применяемых для обслуживания легковых автомобилей и микроавтобусов, включая транспортные средства специального назначения полной массой не более 3,5 тонн. Произведен расчет силовых и прочностных параметров отдельных узлов и деталей конструкции, а именно отдельных узлов и деталей механизма подъема и опрокидывания. Произведен расчет сил и моментов, возникающих при работе опрокидывателя.

Произведен расчет конструкции электромеханического опрокидывателя для болида «Формула Студент» на уровне технического

проекта. При расчете учитывались особенности эксплуатации транспортного средства. Произведен подбор необходимого для обслуживания технологического оборудования, разработана технологическая схема обслуживания транспортного средства, сформирована технологическая карта.

Проведен анализ безопасности и охраны труда при проведении испытаний автомобилей, включая гоночные автомобили.

Содержание

Введение	6
1 Техничко-экономическое обоснование объекта работы бакалавра	9
1.1 Описание существующих конструкций опрокидывателя автомобиля ...	9
1.2 Описание конструкции опрокидывателя автомобиля, принятой к разработке	14
2 Конструкторский расчет проектируемого стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент»	17
2.1 Техническое задание на разработку стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент»	17
2.2 Техническое предложение на изготовление стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент»	18
2.3 Расчет основных элементов конструкции	22
3 Технология проведения ремонтных и сборочных работ разработанной конструкции стенда-кантователя	27
3.1 Анализ конструктивных особенностей и условий работы ремонтируемого объекта	27
3.2 Возможные дефекты объекта, возникающие в условиях его эксплуатации	28
3.3 Описание объекта, принятого для ремонта	29
3.4 Разработка технологии ремонтных работ	30
4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования объекта выпускной квалификационной работы	32
4.1 Аспекты безопасности водителя и пассажиров для транспортного средства	32
4.1.1 Активная безопасность	32
4.1.2 Пассивная безопасность	33
4.2 Проверка эффективности системы пассивной безопасности	35
4.3 Стандарты проведения краш-тестов	37

Заключение	40
Список используемых источников	43
Приложение А. Спецификация	48

Введение

Целью бакалаврской работы, как заключительного этапа обучения студента в высшем учебном заведении, является определение степени подготовки студента к самостоятельной работе, а также, способен ли он применить полученные в процессе обучения знания при решении конкретных производственных, технических, технологических, научных и экономических задач в условиях современного производства.

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной, соответствующей современному состоянию и перспективам развития науки и техники, направленной на решение приоритетных задач автомобилестроения.

Темой данной дипломной работы является «Стенд–опрокидыватель для обслуживания спортивного болида класса Формула-Студент». В данной работе была произведена разработка конструкции опрокидывателя с электромеханическим приводом, в соответствии с техническими условиями на проектирование конструкций подобного вида.

«На современном этапе автомобилестроение является одной из важнейших отраслей в промышленности как развитых, так и развивающихся стран. Состояние рынка легковых автомобилей является одним из самых ярких индикаторов уровня экономического развития государства, инновационного потенциала экономики, а также состояние его потребительского сегмента. Автомобиль представляет собой высокотехнологичный и инновационный продукт, аккумулирующий новейшие достижения науки и техники и стимулирующий их развитие через целевые научно-технические исследования.» [1]

«Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что в настоящее время автомобилестроению принадлежит самая ведущая роль в развитии и машиностроения вообще, и транспортного машиностроения в частности. Автомобильная промышленность мира - это емкий и весьма значительный сектор мировой экономики и международного бизнеса, ведь

это не только собственно автомобили, но и разнообразные товары по обслуживанию автомобиля, а также, в значительной мере, рынок производства и продажи автозапчастей. Рынок автомобилей имеет ряд смежных рынков и отраслей: от наиболее тесно прилегающих (рынка деталей и блоков автомобилей и нефтедобывающей промышленности) до менее очевидных (строительство дорог, производство аксессуаров для автомобилей и т.п.). Автомобиль обеспечивает высокую мобильность человека, эффективность труда, определяет современный образ жизни общества. Он является показателем уровня обеспеченности материальными средствами как отдельного человека (его владельца), так и общества или государства в целом (в данном случае речь идет об автообеспеченности населения страны).» [3]

Актуальность темы обусловлена тенденцией к расширению функционала оборудования, применяемого при проведении работ по техническому воздействию. Одним из методов является создание дополнительных устройств, существенно расширяющих функциональные возможности. Одним из таких устройств будет являться устройство станда-опрокидывателя, который будет выполнен в виде мобильного устройства, подкатываемого под болид для его подъема. В соответствии со спецификой применения данного транспортного средства, а также учитывая особенности конструкции самого транспортного средства, требуется внести изменения в трансмиссию, для того, чтобы конструкция максимально соответствовала условиям эксплуатации.

Разрабатываемая конструкция опрокидывателя транспортного средства на базе серийно производимых узлов и агрегатов предполагается к использованию на специальном автомобиле, предназначенном для эксплуатации в условиях гоночной спецтрассы. Конструкция устройства, рассматриваемая в рамках выпускной квалификационной работы, конструируется на базе стандартных комплектующих, используемых при производстве подъемного и транспортного оборудования и систем на их основе, что, безусловно, будет являться технологичным решением,

упрощающим производство разрабатываемого устройства. По сути проводимых работ, выполняемые действия больше соответствуют глубокой модернизации существующей конструкции автомобильного опрокидывателя, используемой при проведении операций по техническому воздействию на узлы и агрегаты легковых автомобилей.

Также необходимо произвести подбор технологического оборудования для производства и сборки тормозной системы в условиях мелкосерийного производства. Данное задание соответствует компетенциям, которые должен продемонстрировать обучающийся по направлению подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

«Целью технической части проекта являлось разработка конкурентно способной модели опрокидывателя для гоночного болида, основываясь на ранее выпущенных аналогах.

В конструкторском разделе, основываясь на аналогах зарубежных фирм в конструкторской части, были решены вопросы: сделать конструкцию устройства стенда более простым в производстве с целью его удешевления.» [1]

Основываясь на российском аналоге производимого штучно опрокидывателя для легковых автомобилей, была разработана конструкция устройства стенда-опрокидывателя, на основе деталей и компонентов, используемых в серийном производстве, но с учетом полученного в ходе разработок подобного рода устройств опыта.

Для гоночного автомобиля произведена глубокая проработка требований к безопасности проведения работ по проектированию и испытаниям разработанной конструкции, в соответствии с требованиями безопасности для гоночных болидов в частности и автомобилей в целом.

1 Технико-экономическое обоснование объекта работы бакалавра

1.1 Описание существующих конструкций опрокидывателя автомобиля

Разработка кантователя в соответствии с полученным заданием производится на основании анализа аналогов конструкций, применяемых для проведения работ по техническому воздействию на транспортные средства. Подобная конструкция не является уникальной, подобные устройства известны достаточно давно и применяются для проведения работ под днищем автомобиля в условиях стесненных пространств, там, где подъем транспортного средства не возможен или значительно ограничен высотой помещения.

В процессе анализа был выполнен подбор различных конструкций кантователей, объединенных общим принципом действия. также стоит отметить, что ряд конструкций выполнен в гаражных условиях и не является продуктом промышленного производства. Низкое распространение конструкций подобного вида объясняется спецификой их применения. Для станций технического обслуживания выпускается значительный ассортимент подъемников, как гидравлических, так и механических. Поэтому данный вид продукции остается не востребованным, а значит и не выпускаемым основными производителями данного вида оборудования.

Тем не менее, существует ряд образцов техники, в основном относящихся к производимым ранее и заявленным в виде описания изобретения. Несколько образцов будут использованы нами для проработки конструкции кантователя, разрабатываемого в рамках выпускной квалификационной работы.

Одним из таких видов конструкции будет являться конструкция, описанная в авторском свидетельстве № 1558866 (в настоящее время не поддерживается). Конструкция приведена на рисунке 1.

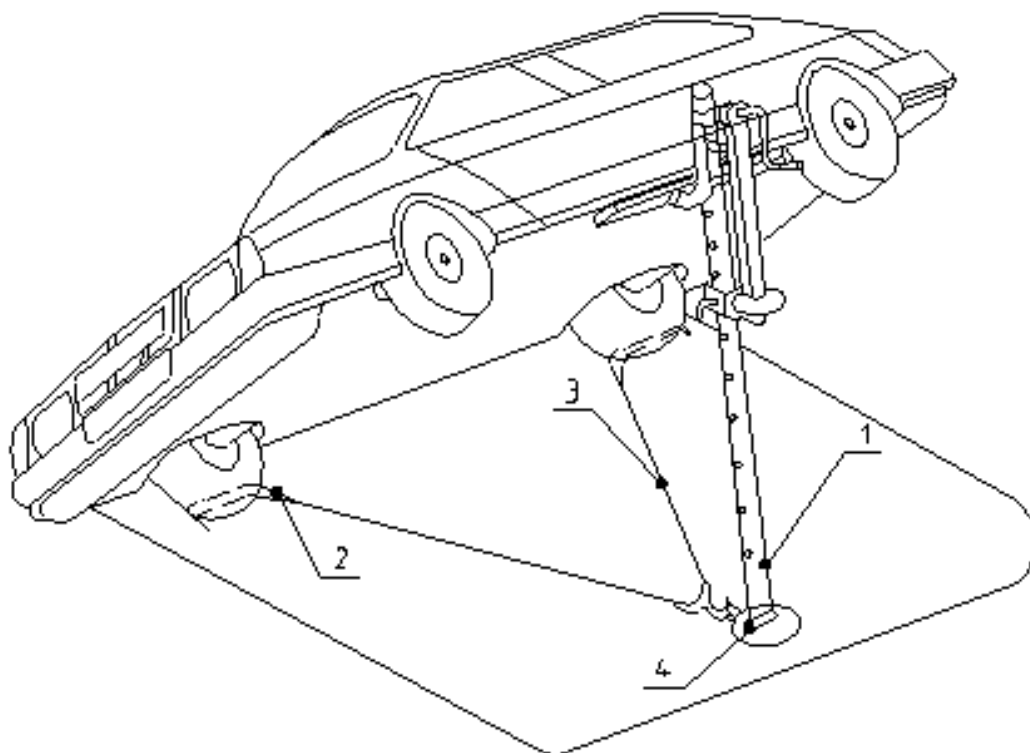


Рисунок 1 – Конструкция кантователя в соответствии с описанием с авторским свидетельством № 1558866

Представленная на рисунке 1 конструкция выполнена в виде реечного домкрата, соединяемого с колесами опрокидываемого автомобиля посредством гибких тяг. Указанная конструкция является высококомобильной и может перевозиться в багажнике легкового автомобиля. Устройство работает следующим образом.

Тяги 3 с крюками 2 закрепляются за колеса транспортного средства. При этом, тяги 3 пропускаются под днищем автомобиля и крепятся к основанию реечного домкрата 4. Домкрат устанавливается посередине автомобиля, под подъемный крюк укладывается упор для равномерного распределения нагрузки, после чего производится подъем. Домкрат перемещается по рейке 1, при этом производится опрокидывание автомобиля, поскольку опорные колеса закреплены.

Опускание в исходное положение автомобиля производится в обратном порядке.

Другой разновидностью опрокидывателя будет конструкция, выполненная в соответствии с описанием изобретения к авторскому свидетельству № 1643444. Конструкция устройства приведена на рисунке 2.

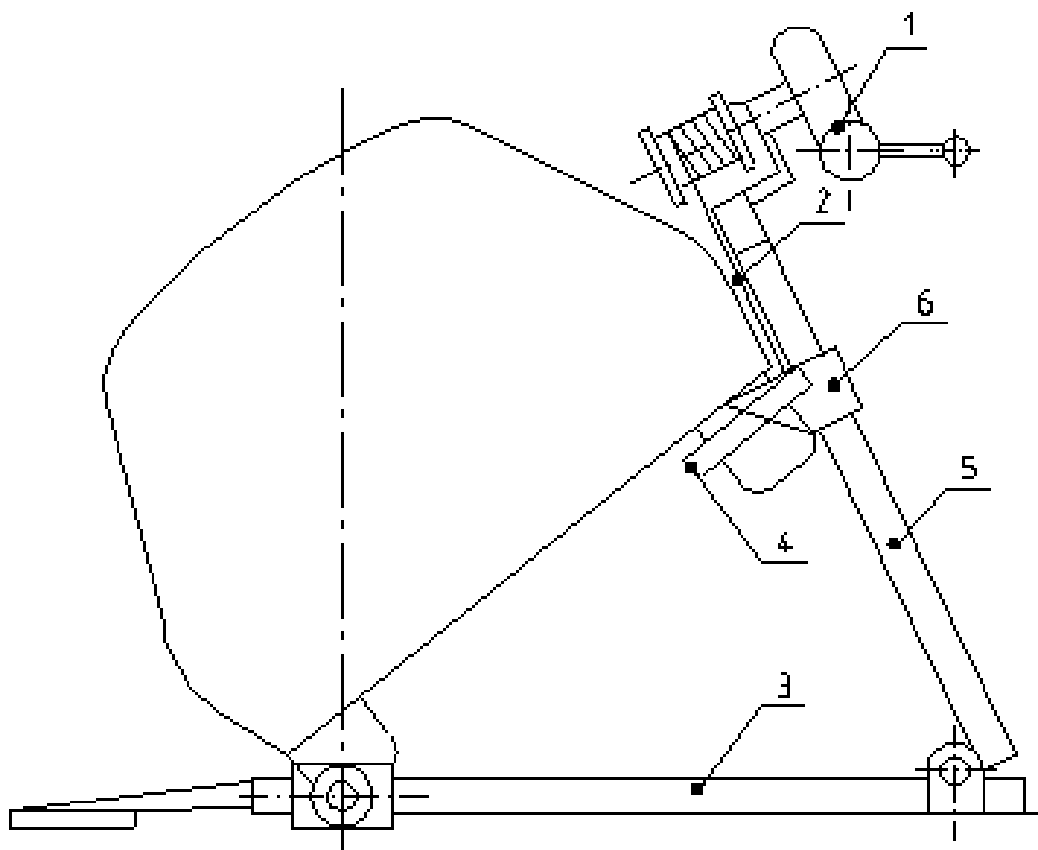


Рисунок 2 – Конструкция кантователя в соответствии с описанием с авторским свидетельством № 1643444

Основным отличием данной конструкции является то, что она выполняется стационарной, в отличие от конструкции, выполненной по авторскому свидетельству № 1558866, рисунок 1.

Устройство предназначается для проведения операций по техническому воздействию на узла и агрегаты под днищем автомобиля в условиях стесненных пространств и невозможности организации осмотровой канавы.

Работает устройство следующим образом. Автомобиль заезжает на платформу стенда 3. Колеса фиксируются в поворотном узле. Под днище

автомобиля в месте размещения опор кузова размещается подхват 4, после этого рабочий вручную начинает вращать рукоятку тросовой лебедки 1. Трос лебедки 2 тянет каретку, производя подъем края автомобиля, благодаря чему осуществляется его опрокидывание. Опускание автомобиля производится в обратном порядке. После опускания автомобиля колеса разблокируются и автомобиль покидает стенд.

Еще одной конструкцией, рассматриваемой в работе будет являться конструкция опрокидывателя П-129, производимого в нашей стране. Конструкция подъемника-опрокидывателя П-129 представлена на рисунке 3.

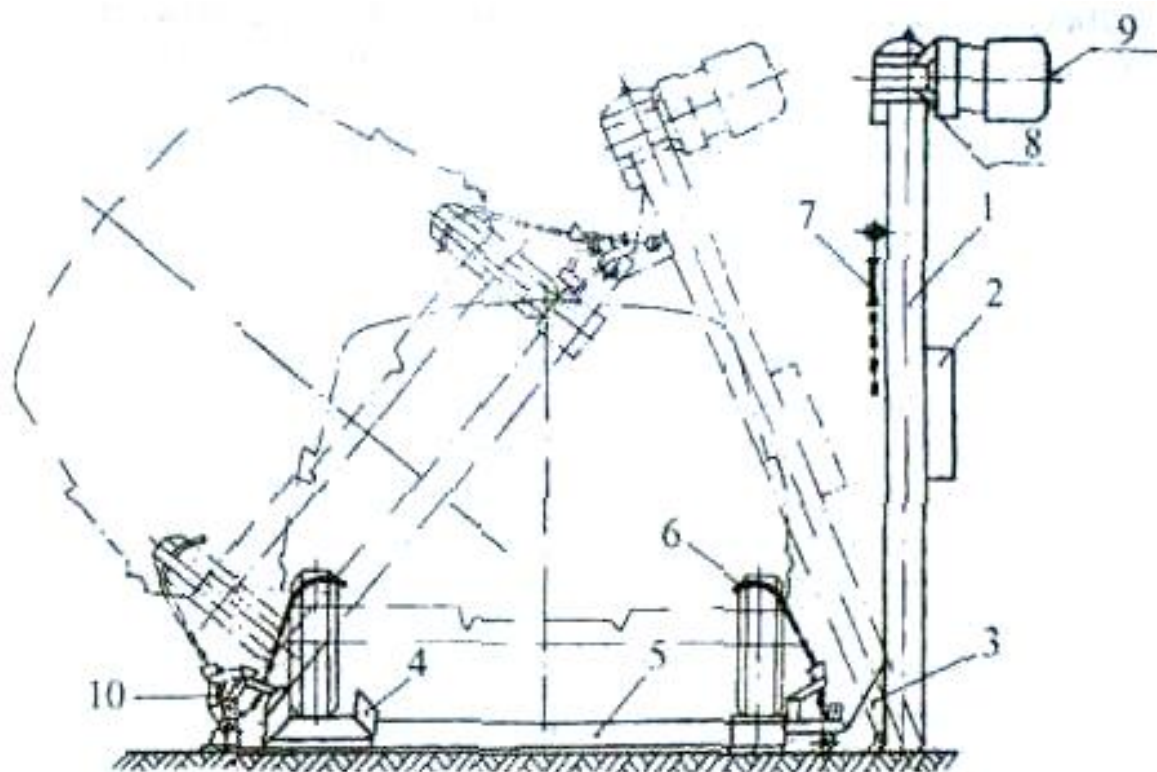


Рисунок 3 – Конструкция кантователя П-129

Конструкция кантователя П-129 во многом идентичная конструкции кантователя в соответствии с описанием с авторским свидетельством № 1643444, представленном на рисунке 2.

Основным отличием этих конструкций является то, что конструкция кантователя П-129 является электро-механической, и в качестве привода используется передача винт-гайка, которая и перемещает каретку по стойке. Крепление колес автомобиля предполагается при помощи ремней или грузовых строп. Привод подъема-опускания осуществляется посредством панели управления. Конструкция станда также выполнена стационарной.

Четвертым устройством будет являться конструкция домкрата-кантователя, которая находит свое применение в гаражном ремонте, преимущественно в виде самодельных изделий. Конструкция представлена на рисунке 4.

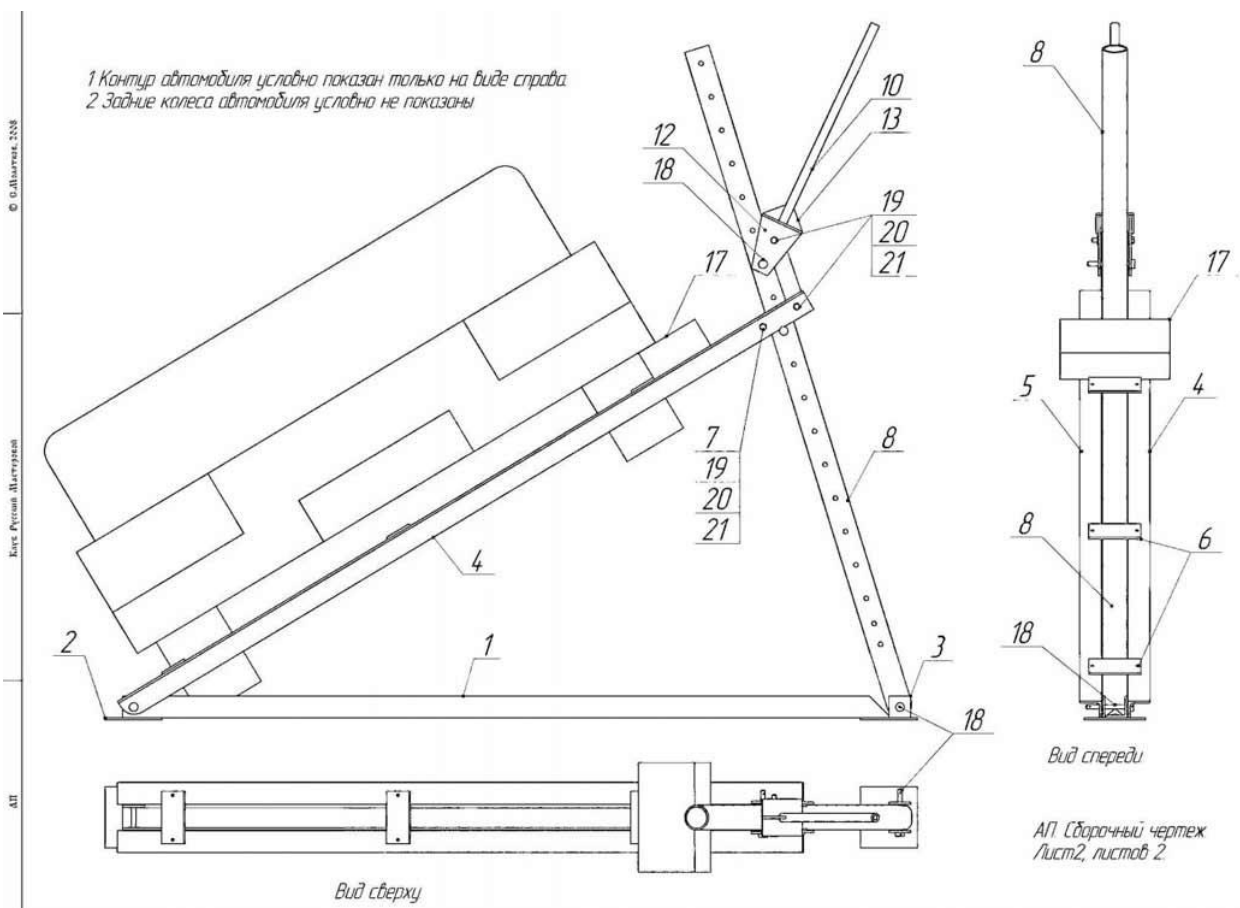


Рисунок 4 – Конструкция передвижного домкрата-кантователя

Передвижной домкрат-кантователь предназначен для подъема автомобиля с его опрокидыванием и обеспечение доступа к днищу

транспортного средства. Для обеспечения опрокидывания транспортного средства необходимо обеспечить фиксацию опорных колес, для предотвращения перемещения при проведении подъема. В целом конструкция и механизм подъема идентичен конструкции кантователя в соответствии с описанием с авторским свидетельством № 1558866. Отличие заключается в отсутствии фиксаторов колес транспортного средства и применении переставного реечного домкрата вместо винтового.

Устройство работает следующим образом. Колеса транспортного средства фиксируются на месте посредством колодок либо фиксирующих ремней. Домкрат устанавливается посередине автомобиля, под подъемный упор укладывается поперечина для равномерного распределения нагрузки, после чего производится подъем. Домкрат перемещается по рейке, при этом производится опрокидывание автомобиля, поскольку опорные колеса закреплены.

Все разнообразие конструкций устройств для проведения работ по подъему и опрокидыванию транспортных средств по своей сути имеют практически идентичную с точки зрения механики конструкцию. В дальнейшем, основываясь на проведенном поиске аналогов, нами будет сделан вывод об окончательной конструкции устройства, в которой будут максимально совмещены все достоинства рассмотренных конструкций.

1.2 Описание конструкции опрокидывателя автомобиля, принятой к разработке

Оценив рассмотренные конструкции, можно сделать выводы о конструкции стенда-кантователя, принятого к разработке. В целом конструкция будет идентична кантователю П-129. В конструкцию будет внесено ряд нововведений, которые во-первых позволят сформировать отличия, которые будут являться ключевыми для нового вида техники, а во-

вторых, позволят максимально адаптировать конструкцию к требованиям, обозначенным в техническом задании, выданном на разработку.

Разрабатываемая конструкция будет иметь возможность перемещения. Это обусловлено тем, что предполагается применение устройства в условиях соревнований, что не подразумевает наличия специализированных постов, но подразумевает использование мобильного оборудования, которое команда привозит с собой.

Конструкция привода не будет иметь привязки к источникам энергии. В целом, условие энергонезависимости привода объясняется условиями использования и применения устройства. Привязка устройства к сетям подачи электроэнергии либо другого вида энергии существенно ограничивало бы использование разрабатываемого опрокидывателя.

В качестве силового привода, обеспечивающего энергонезависимость, будет использоваться гидромеханический привод, как наиболее компактный, но в тоже время обеспечивающий максимальное усилие при работе механизма.

Окончательно конструкция устройства будет рассмотрена при проработке технического задания и технического предложения.

В качестве объекта, к которому будет применена разработка, используется гоночный болид класса Формула Студент, разработанный в 2018 году и имеющий унифицированную раму с другими автомобилями этого класса, разрабатываемых командой Гольяттинского государственного университета. Рама болида представляет собой пространственную ферму, на которую навешиваются агрегаты и узлы подвески. Облицовка выполнена из карбоновых панелей и крепится к раме винтами. Общий вид гоночного болида и его проекции представлены на рисунке 5.

Разработка конструкции опрокидывателя будет производиться исходя из конструкции болида, с учетом специфики расположения рамы.

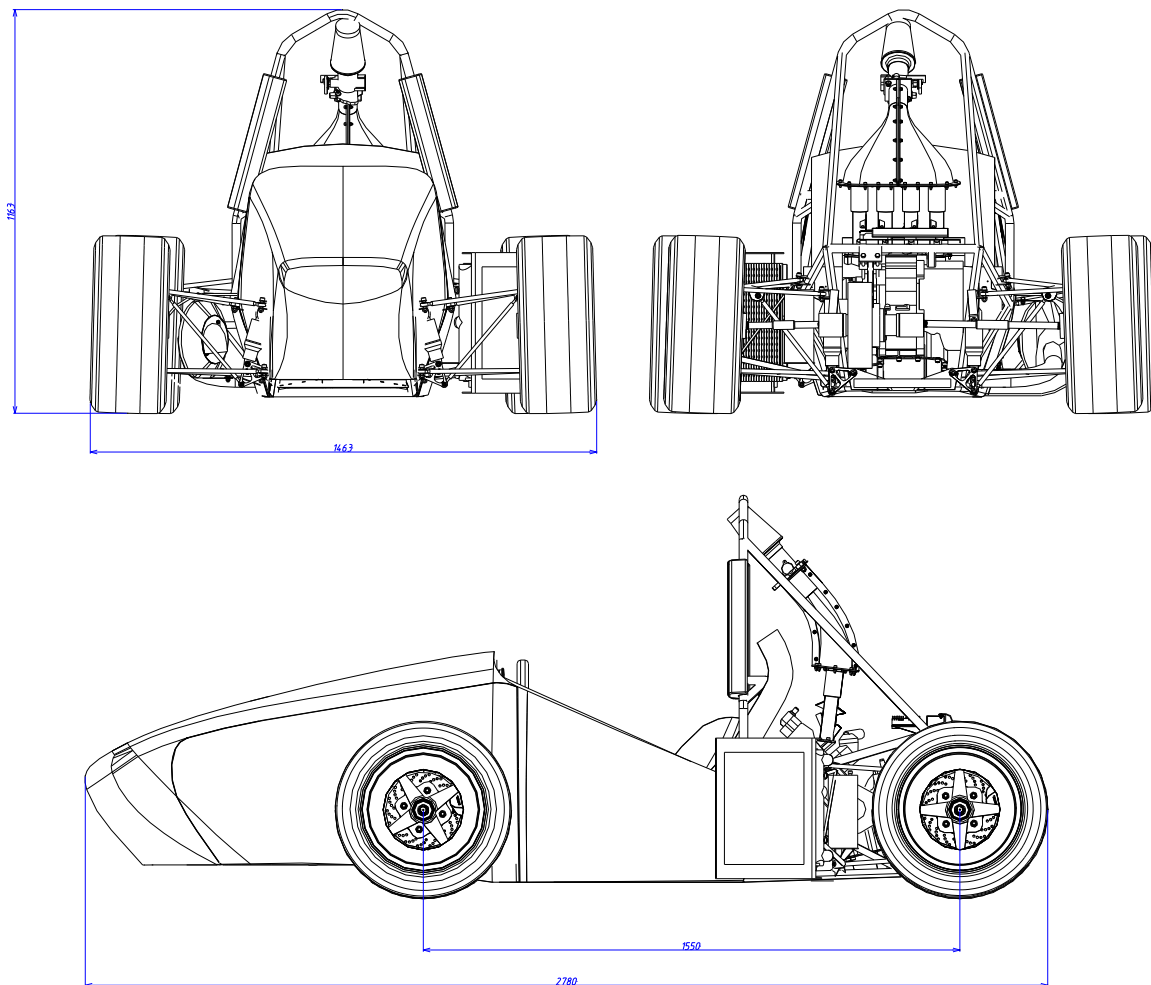


Рисунок 5 – Гоночный болид Формула Студент

В целом по разделу можно сделать следующие выводы. Определена общая концепция конструкции устройства опрокидывателя. На разрабатываемую конструкцию сформировано техническое задание и техническое предложение. Определены основные конструкторские направления, в частности решение сделать привод автономным гидромеханическим. Определены габаритные размеры опрокидываемого транспортного средства, в качестве которого принят реальный болид гоночной команды Тольяттинского государственного университета.

2 Конструкторский расчет проектируемого стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент»

2.1 Техническое задание на разработку стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент»

Требуется разработать подкат для вешивания гоночного болида «Формула Студент», предназначенный для обеспечения работы под днищем болида и аналогичных по массово-габаритным характеристикам транспортного средства полной массой не более 0,5 т. Изделие необходимо выполнить таким образом, чтобы при проведении работ полностью исключить применение дополнительных механических устройств, при этом обеспечив безопасное опрокидывание гоночного болида «Формула Студент» и обеспечив беспрепятственный доступ ко всем узлам транспортного средства под днищем.

Разработка ведется по заданию кафедры «ПЭА» Тольяттинского государственного университета в рамках выполнения работы бакалавра.

Источниками разработки служат: описания изобретения к авторскому свидетельству, методические пособия, техническая литература, справочники и каталоги оборудования.

Технические характеристики:

Устройство для опрокидывания должно быть выполнено мобильным, иметь возможность транспортировки и приведения в рабочее положение на любой площадке, имеющем твердое покрытие.

Характеристики устройства:

Габаритные размеры, не более: 2000x1000x1200 мм

Масса устройства сухая, не более: ≈ 100 кг

Максимальная нагрузка, не менее: 500 кг

Область применения: подъем гоночного болида «Формула Студент»

«В разрабатываемой конструкции стенда должны применяться по возможности однородные материалы, должно быть исключено сочетание разнородных материалов (типа сталь-алюминий, сталь-пластик), применение цветных металлов должно быть сведено к минимуму (заменить по возможности фторопластами), необходимо исключить выполнение неразъемных соединений по деталям из цветных металлов.

Внешние очертания стенда должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать характер изделия, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить устройство в ярко-желтый цвет, на площадки нанести черные полосы. Не допускаются выступающие за габариты устройства детали, если того не требует их функциональное предназначение.» [6]

Условия эксплуатации:

Для упрощения эксплуатации данного изделия необходимо при разработке предусмотреть проведение ТО устройства не чаще 1 раза в 12 месяцев. Предполагается транспортировка устройства с возможностью частичной разборки, для чего необходимо обеспечить агрегатирование конструкции. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Подвижные узлы должны быть защищены от попадания грязи.

Примерная себестоимость изделия: 50 000 руб.

Срок окупаемости: 2,5 года

2.2 Техническое предложение на изготовление стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент»

Получено задание на разработку подката для вешивания легковых автомобилей и микроавтобусов. Подкат для вешивания легковых автомобилей относится к гаражному оборудованию. Предназначается для вешивания автомобиля на посту при проведении работ под днищем

автомобиля и для опрокидывания автомобиля для проведения работ, связанных с ремонтным воздействием. Оборудование предназначается главным образом для обслуживания легковых автомобилей и микроавтобусов всех типов.

Для рассматриваемого в рамках работы бакалавра отделения данное оборудование необходимо для осуществления следующих действий в рамках технологического процесса:

- Подъем и удержание автомобиля при ремонте.
- Подъем и удержание автомобиля при осуществлении ремонтного воздействия в наклонном положении.

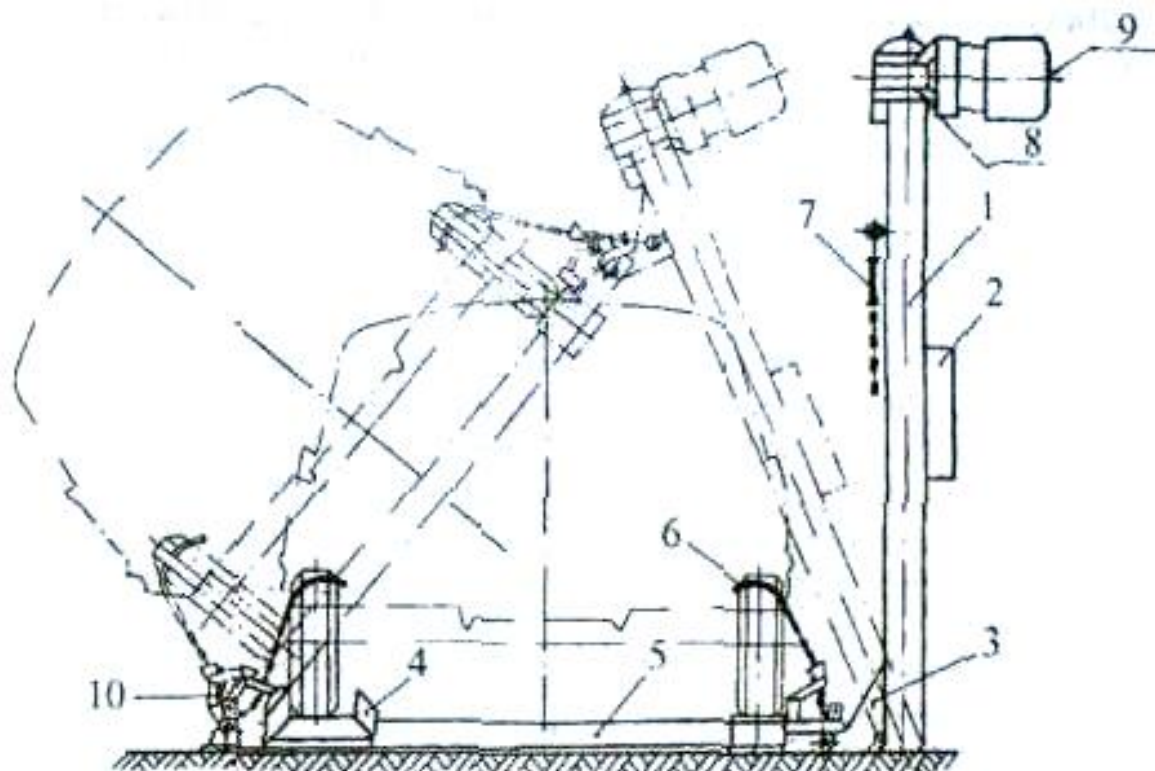
Таким образом, при помощи данного оборудования выполняются основные технологические операции при ремонте автомобиля, следовательно, существует необходимость использования данного оборудования на предприятии. Применение ручного труда и подручных приспособлений нецелесообразно ввиду соображений безопасности и соблюдения технологичности процесса.

Разработка проводится на основании проведенного поиска аналогов устройства, а также исходя из выбранного технического решения для данной установки. Прототипом разрабатываемой конструкции будет являться ряд существующих устройств для подъема автомобилей. Одним из таких устройств будет являться опрокидыватель мод. П-129 (рисунок 6). На рисунке 5 показано конструктивное устройство опрокидывателя мод. П-129.

«Опрокидыватель П-129 имеет электромеханический привод. В стойке 1 размещены привод каретки (винт-гайка), а также сама каретка 3. На верхнем торце стойки установлен червячный редуктор 8 с тоннельно размещенным фланцевым электродвигателем 9. Выходной вал редуктора соединен посредством упругой муфты с грузонесущим винтом. Каретка висит на грузонесущей гайке, зафиксированный от проворачивания. Рама 5, имеющая в плане Т-образующую форму, шарнирно закреплена на фундаменте, поперечина рамы также шарнирно соединена с кареткой 3

стойки. На раме установлена передвижная площадка, которая фиксируется пальцем и имеет въездные трапы 4. Два захвата 6, предназначенные для крепления автомобиля за колеса на поворотной раме опрокидывателя, снабжены натяжным устройством 10. В качестве страхующих устройств на опрокидывателе имеются стальная гайка, размещенная под грузонесущей гайкой, и страхующее устройство 7. На стойке в отдельном корпусе установлен аппаратный шкаф (пульт управления) 2. Для ограничения движения автомобиля при заезде предусмотрен переставной башмак» [5].

Автомобиль, установленный на раме опрокидывателя, закрепляется на ней двумя захватами, нажатием кнопки на пульте управления включается электродвигатель, и каретка перемещается вверх. В верхнем крайнем положении каретки концевой выключатель выключает электродвигатель, таким образом рама опрокидывается автоматически, останавливаясь при максимальном угле наклона.



1 — стойка: 2 -аппаратный шкаф: 3 — каретка: 4 — трап; 5 — рама;
6 — захват: 7 — страхующее устройство

Рисунок 6 – Опрокидыватель модели П-129

Учитывая особенности конструкции приведенных аналогов, а также учитывая основные тенденции в развитии техники в последние годы, вносим в конструкцию подъемника-опрокидывателя, принятую согласно патентному поиску в качестве исходной следующие изменения:

– Целесообразнее внести в конструкцию опрокидывателя изменения, которые позволят использовать его также в качестве подъемника, что позволит существенно расширить функциональные возможности устройства.

– В качестве привода применить гидравлический привод, так как это позволит не привязывать подкат для вывешивания автомобиля к инженерным сетям и снизить затраты на обслуживание.

– Механизм подъема выполняется с приводом от цилиндра, что позволит обеспечить компактность привода.

В разрабатываемой конструкции будут использованы ряд конструктивных разработок, использованных в существующих аналогах. Таким образом, целью разработки оборудования является устранение недостатков, присущих базовой конструкции, а также повышение степени автоматизации проведения работ, ставящих целью снижение доли ручного труда.

«Проработка внешнего эстетичного вида разрабатываемого изделия производится для повышения маркетинговой привлекательности продукции, а также с целью создания оптимальной гармонии изделия с условиями эксплуатации.» [16]

«Рама стенда выполняется из пространственно сваренных швеллеров, таким образом, чтобы она образовывала рамную конструкцию, что, во-первых, повышает прочность конструкции, а во-вторых, визуально создает ощущение надежности и устойчивости всей рамы в целом. Силовые узлы и агрегаты размещаются на раме шарнирно. Следует выполнить размещение узлов таким образом, чтобы не создавалось впечатления избыточности механизмов, но в то же время они все должны составлять единое композиционное решение внешнего вида установки, в частности следует

четко разделить механизм привода подъема и механизм платформы с закрепленным захватным устройством. Габариты платформы и стойки следует соотнести с габаритами рамы таким образом, чтобы высота подъема составляла не более двух длин рамы. Подобное соотношение позволит визуально создать впечатление устойчивости, конструкция не будет выступать дополнительным раздражающим фактором для рабочего.» [9]

«Изделие в полной мере отражает своё функциональное предназначение, т.е. подъемника и имеет все признаки своего класса. Установка имеет четко выраженные рабочие органы, т.е. силовой гидроцилиндр и опоры, что подчеркивает ее функциональное предназначение, указывает на ее роль в производственном процессе.

Немаловажное значение при проработке эстетических требований стоит уделить окраске изделия, которая должна быть достаточно заметной, чтобы привлекать внимание, как и всякий мобильный объект, особенно в производственных условиях, но в то же время не выступать дополнительным раздражающим фактором для рабочего. Рекомендуются окрасить подъемник порошковыми красками в оранжевый цвет, что позволит изделию не теряться на пространстве. На рычаги рамы и концы рычагов опор можно дополнительно нанести черные полосы.» [9]

2.3 Расчет основных элементов конструкции

Усилие подъема определяется из характеристик рассмотренных аналогов, т.е. 500 кг, приходящихся на платформу, что отражает общую тенденцию в развитии техники данного класса. Соответственно усилию, выбираем гидравлический цилиндр ГЦ-120-3-850.

Расчет производится исходя из того, что тележка подката обладает собственной массой 90 кг. Произведем расчет усилия оператора при перемещении тележки.

Расчет производится по формуле:

$$W_C = f_K(Q + G)\cos\beta + (Q + G)\sin\beta, \quad (1)$$

где W_C – сила статического сопротивления передвижению тележки;

β – продольный угол уклона дорожного полотна ($\beta = 1,5^\circ$, т. 1.8,[1]);

Q – вес груза ($Q = 0$ кг);

G – вес тележки ($G = 90$ кг = 900 Н);

f_K – коэффициент сопротивления качению;

Коэффициент сопротивления качению колеса с массивной шиной:

$$f_K = 0,2\sqrt{\frac{\Delta h}{D_K}}, \quad (2)$$

где D_K – диаметр колеса ($D_K = 160$ мм, т.1.9, [1]);

Δh – радиальный прогиб шины;

$$\Delta h = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{P_K h}{2bE}\right)^2}{D_K}}, \quad (3)$$

где h – толщина шины ($h = 50$ мм, т.1.9, [1]);

b – ширина шины ($b = 60$ мм, т.1.9, [1]);

E – модуль упругости массива, для резины $E = 6 \dots 9$ МПа

(принимаем $E = 9$ МПа);

P_K – нагрузка на колесо ($P_K = (Q + G)/4$);

$$P_K = 900/4 = 12,5 \text{ кг} = 125 \text{ Н};$$

Исходя из имеющихся данных, получим:

$$\Delta h = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{850 \cdot 0,05}{2 \cdot 0,06 \cdot 9 \cdot 10^6}\right)^2}{0,16}} = 0,0021 \text{ м};$$

Таким образом:

$$f_K = 0,2\sqrt{\frac{0,0021}{0,16}} = 0,0229;$$

Соответственно:

$$W_C = 0,0229 \cdot (2500 + 500)\cos 1,5^\circ + (2500 + 500)\sin 1,5^\circ = 166,8 \text{ Н};$$

При трогании с места усилие принимают равным:

$$(1,2 \div 1,25)W_C = 1,2 \cdot 166,8 = 200,2 \text{ Н.}$$

Рассмотрим также случай поворота тележки.

$$W_C = f_K P_K \cos \alpha + (M / l_p) \sin \alpha, \quad (4)$$

«где l_p – расстояние от центра до оси поворота колеса (из компоновки, $l_p = 0,06$ м);

α – угол между направлением движения и вертикальной плоскостью колеса (в случае поворота тележки, $\alpha = 90^\circ$);

M – момент, необходимый для поворота колеса относительно вертикальной оси, проходящей через центр отпечатка шины;» [6]

$$M = \varphi \cdot P_K \cdot r_{\Pi}, \quad (5)$$

где φ – «коэффициент трения скольжения опорной поверхности колеса по дорожному покрытию ($\varphi = 0,8$ для цементобетонного и асфальтового покрытий)» [21];

r_{Π} – приведенное плечо трения всей площади отпечатка;

$$r_{\Pi} = (\sqrt{4b^2 + l^2} + \sqrt{4l^2 + b^2}) / 12, \quad (6)$$

где b – ширина отпечатка (равна ширине шины);

l – длина отпечатка;

$$l = 2\sqrt{D_K \Delta h} = 2\sqrt{0,16 \cdot 0,0021} = 0,036 \text{ м};$$

Соответственно:

$$r_{\Pi} = (\sqrt{4b^2 + l^2} + \sqrt{4l^2 + b^2}) / 12 = \sqrt{4 \cdot 0,06^2 + 0,036^2} + \sqrt{4 \cdot 0,036^2 + 0,06^2} / 12 = 0,018 \text{ м};$$

Тогда:

$$M = 0,8 \cdot 850 \cdot 0,018 = 12,24 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Таким образом:

$$W_C = 0,0229 \cdot 850 \cdot \cos 90^\circ + (12,24 / 0,06) \cdot \sin 90^\circ = 204 \text{ Н};$$

Удвоим полученную величину, т.к. поворот тележки осуществляется за счет двух, ближайших к рукояти колес; получим $W_c = 204 \text{ Н}$.

Т.к. поворот тележки осуществляется с помощью рукояти, длина которой составляет $L = 0,5$ м, то реальное усилие:

$$W = W_C \cdot l_p / L, \quad (7)$$

$$W = 204 \cdot 0,06 / 0,5 = 24,5 \text{ Н};$$

При трогании с места:

$$(1,2 \div 1,25)W = 1,25 \cdot 24,5 = 30,6 \text{ Н}.$$

Полученные усилия полностью соответствуют требованиям эргономики.

«В конструкторские расчеты также включается выбор и расчет подшипников колес.

Произведем расчет подшипников качения колес, приняв, что масса распределена равномерно по всем четырем колесам, а скорость перемещения тележки составляет 3 км/ч.

Конструктивно выбираем шариковые радиальные однорядные подшипники 305 средней серии нормального класса точности (ГОСТ 520-71), ввиду их применимости к данному оборудованию, невысокой стоимости, простоты монтажа и способности воспринимать комбинированные нагрузки, а также учитывая, что они применяются в стандартных колесах РОТО.

Проверку подшипника осуществим по коэффициенту работоспособности, т.к. возможно воздействие на подшипник осевых нагрузок. Из-за невозможности определить величину осевой силы, принимаем ее значение, равное половине радиальной нагрузки:» [9]

$$F_a = F_r / 2, \quad (8)$$

где F_r – радиальная нагрузка на подшипник;

$$F_r = P_K / 2, \quad (9)$$

где $P_K = 850$ Н – нагрузка на колесо;

$$F_r = 850 / 2 = 425 \text{ Н} = 42,5 \text{ кгс};$$

$$F_a = 42,5 / 2 = 21,25 \text{ Н};$$

По формуле (1.14)[3], рассчитаем коэффициент работоспособности:

$$C_p = Q \cdot (n \cdot L_h)^{0,3}, \quad (10)$$

где Q – приведенная нагрузка к условной радиальной;

$n = 100$ – частота вращения вала, об/мин;

$L_h = 5000$ – задаваемая долговечность подшипника, час;

$$Q = F_r \cdot K_K \cdot K_\sigma \cdot K_T, \quad (11)$$

где $K_K = 1,35$ – т.к. относительно нагрузки вращается внешнее кольцо подшипника;

$K_\sigma = 1,2$ – коэффициент безопасности, принимаем искомое значение, исходя из области применения конструкции (т.1.8[3]).

$K_T = 1$ – т.к. рабочая температура подшипника не превышает 100°C .

Тогда:

$$Q = 42,5 \cdot 1,35 \cdot 1,2 \cdot 1 = 68,85 \text{ кгс};$$

$$C_p = 68,85 \cdot (100 \cdot 5 \cdot 10^3)^{0,3} = 3529;$$

Рассчитанный коэффициент работоспособности не превосходит табличный для данного подшипника, поэтому выбранный конструктивно подшипник полностью удовлетворяет всем параметрам проектируемой конструкции.

В конструкторском разделе выпускной квалификационной работе был произведен поиск аналогов конструкции и определено основное направление разработки. Произведена разработка технического задания на разработку опрокидывателя. На основании сформированного технического задания, составлено техническое предложение на разработку. Выполнены прочностные и силовые расчеты конструкции, которые подтвердили работоспособность конструкции опрокидывателя.

3 Технология проведения ремонтных и сборочных работ разработанной конструкции стенда-кантователя

3.1 Анализ конструктивных особенностей и условий работы ремонтируемого объекта

В технологическом разделе курсового проекта разрабатывается инструктивно-технологическая карта замены подшипника колеса спроектированного в конструкторском разделе устройства передвижного стенда-кантователя для болида «Формула Студент», а также составляется схема разборочно-сборочных работ по замене отказавших деталей при ремонте сборочной единицы оборудования на примере опорного колеса разработанной конструкции стенда.

Опорно-поворотное колесо тележки предназначается для обеспечения возможности перемещения всей конструкции кантователя по поверхности, а также возможности маневрирования при заводе конструкции под днище болида.

Учитывая особенности работы данного механизма, можно выявить следующие виды нагрузок, которые испытывают детали данной конструкции. Ось колеса испытывает в основном изгибные нагрузки от веса тележки с грузом, шина колеса, находящаяся в контакте с полом изнашивается от трения.

Общие требования, предъявляемые к конструкции узла типичны для всех узлов такого рода. Необходимо регулярно производить смазку трущихся частей консистентной смазкой, а также производить контроль осевого и радиального зазора в подшипниках качения оси и осевого зазора в узле поворота колеса.

Измерение осевого зазора производится посредством покачивания колеса в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения. Исправное колесо должно иметь ощутимый люфт в пределах 0,5 мм. Появление в

процессе эксплуатации посторонних звуков при работе узла также свидетельствует о неисправности его элементов.

3.2 Возможные дефекты объекта, возникающие в условиях его эксплуатации

Для разработки технологии ремонта узла изделия, необходимо понимать, какие именно дефекты способны привести к выходу устройства из строя или привести к ухудшению его эксплуатационных характеристик. Наиболее вероятным выходом из строя следует признать колесо кантователя, посредством которых конструкция перемещается по поверхности, поскольку данный узел является наиболее нагруженным при эксплуатации.

В процессе эксплуатации механизма возможно возникновение следующих дефектов по группам кинематических пар.

в паре ось-подшипник:

- износ посадочных мест на оси
- износ витков крепежной резьбы на оси
- местные сколы и точечные разрушения оси
- усталостные трещины
- деформации оси
- разрушение подшипников

в паре подшипник-диск колеса:

- трещины и разрушение диска
- деформация реборды диска
- выработка посадочных поверхностей под подшипники

в паре кронштейн-рама:

- разрушение поворотной оси
- появление выработки на раме
- трещины и сколы

прочие неисправности:

- трещины или разрушение ложементов
- деформации стоек
- трещины или поломка рамы тележки

«Учитывая эксплуатационные особенности механизмов подобного типа, наиболее вероятными стоит признать возникновение дефектов в паре ось-подшипник. Стоит также отметить, что разрушение подшипников является ожидаемым дефектом и может быть спрогнозировано и устранено в ходе проведения планово-предупредительного ремонта.» [9]

3.3 Описание объекта, принятого для ремонта

Рассмотрим технологию замены подшипника колеса. Подшипник колеса воспринимает нагрузку от веса рамы тележки и веса груза, одновременно нагружаясь динамической нагрузкой. Наиболее вероятной неисправностью подшипника стоит считать выработку колец, а также разрушение сепаратора.

«В условиях предприятия, а также учитывая достаточно развитую систему современного снабжения производства любого типа наиболее рациональным видом ремонта следует признать замену изношенного либо пришедшего в негодность подшипника. Также после проведения дефектационных работ при замене подшипника может быть заменена и ось, так как износ этих деталей идет совместно» [6]

Разработка технологии замены оси колеса и подшипников является неотъемлемой частью проработки технологического раздела выпускной квалификационной работы. в процессе разработки технологии будет определен не только порядок проведения работ и трудоемкость его выполнения. В процессе разработки технологии будет определен перечень инструмента и оборудования, которое будет использоваться при выполнении технологических операций.

3.4 Разработка технологии ремонтных работ

Как было сказано выше, ремонтные работы представляют собой замену изношенной детали на новую, поэтому выполнение всех работ проводится главным образом по месту расположения механизма. Работы подобного рода может производить слесарь не ниже 4-го квалификационного разряда.

Технология замены подшипника приводится в инструктивно-технологической карте, представленной в таблице 1.

Таблица 1 - Инструктивно-технологическая карта замены подшипника колеса стенда-кантователя

Общая трудоемкость - 11,6 чел. мин.					
Исполнитель - слесарь-ремонтник 4-го разряда					
Наименование и содержание работы	Кол-во точек воздействия	Место выполнения работы	Оборудование и инструмент	Оперативное время, мин	Технические требования
1	2	3	4	5	6
Снятие узла в сборе					
Вывесить колесо кантователя	1	сбоку		0,5	Путем подкладывания опоры под раму
Отвернуть гайки крепления оси	2	сбоку	ключ на 20	0,5	
Вынуть колесо из пазов кронштейна	1	сбоку		0,5	
Разборка колеса					
Снять гайки крепления оси	2	сверху	ключ на 20	0,8	
Снять крышки с оси	2	сбоку		1,0	
Вынуть ось	1	сверху	Молоток, оправка	1,0	Легкими ударами молотка через оправку выбить ось

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Выбить подшипники колеса	1	сбоку	Молоток, оправка	2,0	Легкими ударами молотка через оправку выбить подшипники
Сборка колеса					
Одеть подшипник на ось	1	сбоку		0,25	При необходимости произвести обстукивание подшипника легкими ударами молотка
Одеть дистанционную втулку	1	сбоку		0,2	
Установить подшипник с осью в диск колеса	1	сбоку	Молоток, оправка	0,5	При необходимости произвести обстукивание подшипника легкими ударами молотка до упирания в буртик.
Установить подшипник в колесо	1	сверху	Молоток, оправка	0,8	При необходимости произвести обстукивание подшипника легкими ударами молотка до упирания в буртик и втулку
Выровнять положение оси	1	сверху		0,25	С упором в нижний подшипник
Одеть боковые крышки	2	сбоку		0,2	
Навернуть гайки на ось	2	сбоку		0,2	
Установить колесо в кронштейн	2	сбоку	ключ на 20	1,5	Затянуть с моментом 4 Н*м

4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования объекта выпускной квалификационной работы

4.1 Аспекты безопасности водителя и пассажиров для транспортного средства

Поскольку, за счет уплотнения компоновки транспортного средства, как объекта повышенной опасности, снижается уровень безопасности водителя и пассажиров, необходимо детально проработать вопрос повышения пассивной и активной безопасности водителя и пассажиров.

4.1.1 Активная безопасность

Активная безопасность (англ. Active safety) - совокупность конструктивных качеств транспортного средства и дороги, что позволяет путем активных действий участников дорожного движения предотвратить дорожно транспортном происшествии или снизить тяжесть ее возможных последствий.

Основным назначением систем активной безопасности автомобиля является предотвращение возникновения аварийной ситуации.

«Больше всего известными и популярными системами активной безопасности являются:

- антиблокировочная система тормозов;
- антипробуксовочная система;
- электронный контроль устойчивости;
- система распределения тормозной силы;
- система экстренного торможения;
- электронная блокировка дифференциала.» [15]

Есть также вспомогательные системы активной безопасности (ассистенты), предназначенные для помощи водителю в трудных с точки зрения вождения ситуациях. К таким системам относятся:

- парктроник;

- адаптивный круиз-контроль;
- система помощи при спуске;
- электромеханическое стояночный тормоз и тому подобное.

4.1.2 Пассивная безопасность

«Пассивная безопасность (англ. Passive safety) - совокупность конструктивных особенностей транспортного средства и дорожных сооружений, обеспечивающих исключение или снижение тяжести последствий дорожно-транспортного происшествия без активных действий участников дорожного движения.

Совокупность конструктивных элементов транспортного средства, используемые для защиты пассажиров от травм при аварии, составляет систему пассивной безопасности. Система должна обеспечивать защиту не только пассажиров и конкретного автомобиля, но и других участников дорожного движения.

«Основоположником современной концепции пассивной безопасности автомобиля заслуженно считается выдающийся немецкий инженер-конструктор и изобретатель Бела Барени.» [15]

В пассивную систему безопасности транспортного средства может входить:

- подушки безопасности;
- легкосминаемые или мягкие элементы передней панели;
- рулевая колонка сминается при ударе;
- травмобезопасный педальный узел - при столкновении педали отделяются от мест крепления и уменьшают риск повреждения ног водителя;
- инерционные ремни безопасности и предварительно натяжных устройства к ним;
- детские системы безопасности - крепление, кресла, ремни безопасности;

- зоны деформации - энергопоглощающие элементы передней и задней частей автомобиля, мнутся при ударе - бамперы, элементы шасси и тому подобное;

- статические и активные подголовники сидений - защищают от серьезных травм шеи пассажира при ударе автомобиля сзади;

- безопасное стекло: закаленное, которое при разрушении рассыпается на множество неострых осколков и триплексы;

- дуги безопасности, усиленные передние стойки крыши и верхняя рамка ветрового стекла в родстерах и кабриолетах

- поперечные брусья в дверях;

- аварийный выключатель аккумуляторной батареи;

- система защиты пешеходов и т.д.

Система пассивной безопасности современного автомобиля имеет электронное управление, что обеспечивает эффективное взаимодействие большинства ее компонентов. Конструктивно система управления содержит входные датчики, блок управления и исполнительные устройства.

Входные датчики воспринимают параметры, при которых возникает аварийная ситуация, и превращают их в электрические сигналы. К ним относятся датчики удара, выключатели замка ремня безопасности, датчик занятости сиденья переднего пассажира, а также датчик положения сиденья водителя и переднего пассажира и тому подобное. На каждую из сторон автомобиля устанавливается, как правило, по два датчика удара. Они обеспечивают срабатывания соответствующих подушек безопасности. В задней части датчики удара применяются при оборудовании автомобиля активными подголовниками с электрическим приводом.

Выключатель замка ремня безопасности обеспечивает подтверждение использования ремня безопасности. Датчик занятости сиденья переднего пассажира позволяет в случае аварийной ситуации и отсутствия на переднем сиденье пассажира сохранить соответствующую подушку безопасности. В зависимости от положения сиденья водителя и переднего пассажира,

воспринимается соответствующими датчиками, изменяется порядок и интенсивность применения компонентов системы.

«На основании сравнения сигналов датчиков с контрольными параметрами блок управления устанавливает наступления аварийной ситуации и активизирует необходимые исполнительные устройства элементов системы пассивной безопасности. Активизация исполнительных устройств производится в определенном сочетании в соответствии с заложенным в блок управления программного обеспечения, который на основе анализа информации, поступающей от датчиков способен распознавать фронтальный, фронтально-диагональный, боковой удары и удар сзади и активировать соответствующие элементы системы пассивной безопасности.

Исполнительными устройствами элементов системы пассивной безопасности является пиропатроны подушек безопасности, натяжители ремней безопасности, аварийные выключатели аккумуляторной батареи, механизмы привода активных подголовников (при использовании подголовников с электрическим приводом), а также контрольная лампа, сигнализирующая о сигнализирующий о непристегнутых ремнях безопасности.» [15]

4.2 Проверка эффективности системы пассивной безопасности

Целостность каркаса автомобиля является важным компонентом пассивной безопасности автомобиля. Перед выпуском автомобиля на рынок автопроизводители осуществляют тестирование каркаса. При этом детали кузова, окружающих водителя и пассажиров должны минимально изменять свою форму, все же другие детали должны деформироваться и поглощать силу удара.

Все современные автомобили разрабатываются с учетом требований по пассивной безопасности. А уровень совершенства конструкции по пассивной

безопасности проверяется краш-тестами, которые осуществляются по разным системам и с различными исходными условиями.



Рисунок 7 – Элементы программируемой деформации кузова

Кузов должен быть и жестким, и податливым одновременно. Так, жестким делают каркас пассажирского салона, в котором находятся водитель и пассажиры - при ударе эта зона деформируется в последнюю очередь. Силовая «клетка» салона сделана из прочной стали, в дверях есть мощные брусья, не дают им сминаться. В свою очередь податливыми делают специальные зоны, за счет деформации которых, в случае дорожно-транспортного происшествия, будет тушиться скорость. Моторный отсек и багажник являются так называемыми зонами запрограммированной деформации. Таким образом автомобили начали делать сравнительно недавно.

4.3 Стандарты проведения краш-тестов

«Тестированием всех автомобилей занимается всего лишь несколько различных организаций по всему миру. Такие специализированные компании проводят различные тестирования и сертификации автомобилей и проверяют и устанавливают уровень безопасности каждого нового выпущенного на автомобильный рынок экземпляра авто, то есть проводят краш-тест автомобилей. Самыми известными компаниями, а также в свою очередь самыми профессиональными и компетентными в данном вопросе считают две компании, а именно Европейская организация, которая носит название - «Euro NCAP», а также, конечно же, Американская организация под названием «IIHS»» [15]



Рисунок 8 – Манекен для осуществления краш-теста

«Специализированная организация, которая называется - Euro NCAP, а полное название компании такое European New Car Assessment Programme,

была создана еще в девяностых годах, а точнее в 1996 году. Учредителями компании стало несколько различных организаций, которые стремились быть ответственными за безопасность на дорогах. Некоторые из данных европейских институтов объединяют не только государственные организации, но также некоторые автомобильные клубы и автомобильные салоны Европы. Автомобили, которые проходят тестирование закупаются в европейских автосалонах простыми людьми и после отправляются на прохождение краш-тестов, при этом компания, то есть производитель данного автомобиля не знает о том, что авто будет проверено и протестировано данной организацией, что уменьшает риск возможной коррупции в данном процессе. Результаты проведенных тестов становятся доступными как для автолюбителей, так и для производителей одновременно, без каких-либо преимуществ.» [15]

Американская организация под названием IIHS, полное название Insurance Institute for Highway Safety - это также абсолютно не коммерческая организация, а скорее научно-образовательная компания или организация. Самой главной и основной целью этой организации является существенное снижение смертности, также травматизма, различных других повреждений и, конечно же, материального ущерба, которые приносят аварии на дорогах всего мирового сообщества. Данная организация получает частичное финансирование от страховых компаний, которые заинтересованы в уменьшении страховых выплат, а также снижение высокого уровня смертности на дорогах. Тесты данной компании практически идентичны за исключением нескольких деталей и нюансов, которые не существенны и не дают различий в результатах проведенных тестирований европейской компанией.

«Однако, какие бы квалифицированные и высокоточные тесты не проходили автомобили поступающие на краш-тесты, ни одно и не один тест не могут смоделировать все возможные ситуации, которые возможны на дороге среди других автомобилей.

Все компании занимающиеся проведения краш-тестов предупреждают, что ни один набор тестов не может повторить все возможные случаи на дорогах, поэтому некоторые компании для большего устрашения и подтверждение своих слов публикуют так называемый рейтинг смертности водителей при одних или других ситуациях. Именно такой рейтинг, лучше любой рейтинг краш тестов автомобилей показывает, автомобиль как себя ведет в той или иной ситуации, и какая ситуация может произойти.» [18]

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был спроектирован стенд-кантователь для гоночного болида класса «Формула Студент». Для выполнения данного расчета исходным материалом был конструктивный прототип транспортного средства, а также конструкция различных видов кантователей, используемых в практике гаражного ремонта.

Для автомобиля, который выступил в качестве базового прототипа, был выбран болид, произведенный командой Togliatty Racing Team в 2019 году. Выбор данной модели обусловлен тем, что последующие модели имеют унифицированную с этим болидом раму, что облегчает применение разработанной конструкции на большинстве произведенных позднее болидов. По указанным в задании параметрам был произведен расчет.

В разделе «Технико-экономическое обоснование объекта работы бакалавра» был выполнен обзор существующих конструкций кантователей. В процессе поиска аналогов было установлено, что подобная конструкция серийно не производится, но существует несколько видов изделий, описанных в свидетельствах к изобретениям, а также существующих в виде самостоятельно разработанных конструкций. Также были определены компоновочные схемы конструкции разрабатываемого устройства. При разработке данной схемы прежде всего было определена кинематическая схема конструкции. Был определен привод опрокидывателя, представляющий собой гидравлический плунжерный цилиндр, был произведен выбор кинематики опрокидывания, который позволит выполнять работу без опасения повреждения болида.

Был произведен концептуальный выбор конструкции устройства опрокидывателя, в котором определены его основные характеристики. Во-первых, устройство должно быть мобильным, поскольку предполагается его использование на выездных соревновательных сессиях, что не подразумевает оборудования стационарных площадок. Во-вторых, устройство не должно

привязываться к внешним источникам энергии, таким как электрические сети или магистрали сжатого воздуха. Это позволит максимально соответствовать выданному заданию на разработку конструкции, а именно создание устройства мобильного стенда-опрокидывателя, применяемого во время соревновательных сессий.

В разделе «Конструкторский расчет проектируемого стенда-опрокидывателя для гоночного болида «Формула Студент» прежде всего определили характеристики устройства, принятого для разработки. Определены габаритные и силовые характеристики конструкции, обусловленные ограничениями при транспортировке, а также эксплуатационным характером разрабатываемой конструкции.

Для конструкции разработаны техническое задание и техническое предложение. В техническом задании выполнено общее предложение по разработке конструкции стенда-опрокидывателя для болида. Определены общие технические характеристики и выполнено описание конструкции.

В техническом предложении произведена более детальная проработка конструкции на основе аналога, принятого в качестве наиболее близкого. Окончательно выбрана и утверждена кинематическая схема конструкции. Проведен анализ эстетики и эргономики разрабатываемой конструкции. Определены основные экономические показатели.

Были проведены конструкторские расчеты. В частности, были рассчитаны усилия при проведении работ. Определена сила, прикладываемая рабочим при перемещении устройства по поверхности. Определены прочностные характеристики некоторых деталей, наиболее ответственных при эксплуатации кантователя, на примере оси колеса.

В разделе «Технология проведения ремонтных и сборочных работ разработанной конструкции стенда-кантователя», произведен анализ ремонтных и сборочных работ. В качестве объекта технологической проработки выбрана ось колеса, как наиболее ответственный с точки зрения и наиболее нагруженный элемент.

Для разработки технологии ремонта узла изделия, необходимо понимать, какие именно дефекты способны привести к выходу устройства из строя или привести к ухудшению его эксплуатационных характеристик. Наиболее вероятным выходом из строя следует признать колесо кантователя, посредством которых конструкция перемещается по поверхности, поскольку данный узел является наиболее нагруженным при эксплуатации.

Определены наиболее характерные неисправности, наиболее вероятные и характерные для данного узла. Выполнена технологическая карта проведения ремонтных и сборочных работ колеса разработанного стенда-кантователя.

Был произведен анализ безопасности транспортного средства и опередены аспекты его безопасной эксплуатации. Произведен анализ нормативных документов, регламентирующих безопасность транспортных средств.

На основании всего изложенного, считаем задачи, поставленные в рамках выпускной квалификационной работы полностью выполненными.

Список используемых источников

1. Анопченко, В. Г. Практикум по теории движения автомобиля [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Анопченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. - 116 с. - ISBN 978-5-7638-2494-0.
2. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
3. Безопасность и экологичность проекта/ Ю.Н. Безбородов [и др.] - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. - 148 с. ISBN 978-5-7638-3176-4.
4. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
5. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов — М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
6. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
7. Волков, В.С. Конструкция автомобиля : учеб. пособие / В.С. Волков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 200 с. - ISBN 978-5-9729-0329-0.
8. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
9. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. -

Москва : ИНФРА-М, 2017. - 282 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011135-3

10.Гринцевич, В. И. Техническая эксплуатация автомобилей. Технологические расчеты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Гринцевич. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 194 с. - ISBN 978-5-7638-2378-3.

11.Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.

12.Кибанов, А. Я. Проектирование функциональных взаимосвязей структурных подразделений производственного объединения (предприятия) [Электронный ресурс] / А. Я. Кибанов, Т. А. Родкина. - М. : МИУ им. С. Орджоникидзе, 2016

13.Коханов, В. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебник / В.Н. Коханов, В.М. Емельянов, П.А. Некрасов. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 400 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/ 10.12737/2883](http://www.dx.doi.org/10.12737/2883). - ISBN 978-5-16-100439-5.

14.Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

15.Лата, В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля : учебное пособие / В.Н. Лата. - Тольятти : ТГУ, 2012. – 60 с. [11] : ил.-Библиогр.: с.10-21.

16.Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

17.Мигаль, В. Д. Методы технической диагностики автомобилей : учебное пособие / В.Д. Мигаль, В.П. Мигаль. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 417 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-100107-3.

18. Муравьева, А.М., Яковлев Ю.В. Методические указания к выполнению домашнего задания по винтовым устройствам: Харьков, Харьк. авиац. ин-т, 1981;

19. Набоких, В. А. Испытания автомобиля : учебное пособие / В.А. Набоких. – 2-е изд. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 224 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-106839-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087951> (дата обращения: 09.06.2020)

20. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

21. Огороднов С.М. «Конструкция автомобилей и тракторов»/ С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец // учебник, Изд-во Инфра Инженерия, 2019 – 284 с

22. Пантелеева, Е. В. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Пантелеева, Д. В. Альжев. – Москва : ФЛИНТА, 2013. – 286 с. - ISBN 978-5-9765-1727-1.

23. Радин, Ю. А. Справочное пособие авторемонтника / Ю. А. Радин, Л. М. Сабуров, Н. И. Малов. - Москва : Транспорт, 2018. - 285 с. : ил. - Библиогр.: с. 277. - Предм. указ.: с. 278-278. - ISBN 5-277-00094-1 : 28-80.

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

25. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 43114, 65111, 4326, 54155 – М., 2010. – 286 с.

26. Руктешель, О.С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля / О.С. Руктешель. – Минск : БНТУ, 2015. – 77 с.

27.Савич, Е. Л. Легковые автомобили : учебник / Е.Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. – 758 с. : ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104387-5.

28.Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие/ Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

29.Сайт торговой компании «Все инструменты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://tolyatti.vseinstrumenti.ru>, свободный

30.Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

31.Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля : учебное пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 140 с. [1] : ил.- Библиогр: с. 110-112.

32.Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

33.Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

34.Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

35.Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с. (Серия "Учебники ТГАСУ") - ISBN 978-5-

93057-791-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930577914>

36.Чернова, Е.В. Детали машин : проектирование станочного и промышленного оборудования : учеб. пособие для вузов / Е. В. Чернова. - Москва : Машиностроение, 2011. - 605 с.

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

38.Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - Ingeniería e Investigación, 2016. – 137s

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

40.Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - International Journal of Energy and Environment, 2016. – 97s.

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

42.Haney, Paul. The racing and high-performance tire / Paul Haney. – TV MOTORSPORT : Springfield, 2003. – 285 p. [2]. – ISBN 0-9646414-2-9.

43.Jan, Ziobro. Analysis of element car body on the example silentblock / Ziobro Jan;. - Advances in Science and Technology Research Journal, 2015. - 37s.

44.Lucian, Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. -77s.

45.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

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

Приложение А Спецификации

Таблица А.1 – Спецификация конструкции

форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			21РБ.ПЭА.368.СБ	Сборочный чертеж	3	
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	21РБ.ПЭА.368.01 СБ	Рама тележки	1	
		2	21РБ.ПЭА.368.02 СБ	Рама подъемника	1	
		3	21РБ.ПЭА.368.03 СБ	Механизм опрокидывания	1	
				<u>Детали</u>		
		4	21РБ.ПЭА.368.01.04	Кронштейн	4	
		5	21РБ.ПЭА.368.01.05	Втулка	2	
		6	21РБ.ПЭА.368.01.06	Подшипник	2	
		7	21РБ.ПЭА.368.01.07	Пластина	2	
		8	21РБ.ПЭА.368.02.08	Рычаг	2	
		9	21РБ.ПЭА.368.02.09	Гайка	2	
		10	21РБ.ПЭА.368.02.10	Пластина площадки	2	
		11	21РБ.ПЭА.368.02.11	Площадка	2	
		12	21РБ.ПЭА.368.02.12	Винт площадки	2	
		13	21РБ.ПЭА.368.02.13	Палец	2	
		14	21РБ.ПЭА.368.02.14	Кронштейн	2	
		15	21РБ.ПЭА.368.02.15	Проушина рычага	2	
		16	21РБ.ПЭА.368.02.16	Винт кронштейна	2	
21.РБ.ПЭА.368.СБ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Букаев				Лит	Лист
Пров.	Доронкин					Листов
						1
						1
Н. контр.	Доронкин				ТГУ, ИМ, каф. ПЭА	
Утв.	Бобровский				гр. ЭТКдэ-1601а	

