

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 конструкции стенда для испытания гидроцилиндров
автомобилей КАМАЗ

Студент

В.А. Костин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Чумаков Л.Л.

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

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

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

ст. преподаватель О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка конструкции стенда для испытания гидроцилиндров автомобилей КАМАЗ». Актуальность темы обусловлена ростом числа автотранспортных средств, занятых в строительной отрасли. Следовательно, необходима разработка агрегатов, обеспечивающих улучшенные эксплуатационные качества транспортных средств. А это связано с проведением испытаний и приемки этих агрегатов на специализированных стендах.

Структура дипломной работы представляет собой пять глав, оглавление, введение, заключение, список литературы, включающий иностранные источники, приложения. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Ключевым значением проекта является разработка специального оборудования, применяемого при проведении ресурсных испытаний автомобильных агрегатов. Целью проекта является разработка специализированного стенда для испытания гидравлических цилиндров на уровне технического проекта.

Дипломная работа логически может быть разбита на следующие связанные главы.

В первой главе дипломного проекта был произведен анализ конструкции испытательных стендов для испытания гидравлических цилиндров, включая стенды, производимые серийно.

Во второй главе дипломного проекта был произведен подбор наиболее конструктивно близких образцов, на основе которых производилась разработка конструкции стенда испытания гидравлических цилиндров. Разработаны технические задание и техническое предложение на конструкцию испытательного стенда. Выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции.

В третьей главе дипломного проекта была разработана технология проведения испытаний гидравлических цилиндров и сформирована технологическая карта на проведение работ по ресурсным испытаниям гидравлических цилиндров.

В главе, посвященной безопасности жизнедеятельности, был произведен анализ безопасности проведения работ при проведении сборочных работ на участке.

В пятой главе была подтверждена эффективность разработанной конструкции была рассчитана себестоимость проведения работ по изготовлению и сборке стенда.

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на листах графической части дипломного проекта.

Abstract

The theme of the diploma project is "Development of the design of a stand for testing hydraulic cylinders of KAMAZ vehicles." The relevance of the topic is due to the increase in the number of vehicles employed in the construction industry. Therefore, it is necessary to develop units that provide improved performance of vehicles. This is due to the testing and acceptance of these units on specialized stands.

The structure of the thesis consists of five chapters, a table of contents, an introduction, a conclusion, a list of references, including foreign sources, applications. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

The thesis can be logically divided into the following related chapters.

In the first chapter of the graduation project, an analysis is made of the design of test benches for testing hydraulic cylinders, including benches that are mass-produced.

In the second chapter of the graduation project, the most structurally similar samples are selected, on the basis of which the design of the hydraulic cylinder test stand is developed.

In the third chapter of the graduation project, a technology for testing hydraulic cylinders is developed and a technological map is formed for carrying out work on resource testing of hydraulic cylinders.

In the chapter on life safety, an analysis is made of the safety of work during assembly work at the site.

In the fifth chapter, the effectiveness of the developed design is confirmed; the cost of manufacturing and assembling the stand is calculated.

The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on the sheets of the graphic part of the graduation project.

Содержание

Введение	6
1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы испытательного стенда гидравлических цилиндров	9
2 Конструкторская часть	17
2.1 Тяговый расчёт автомобиля	17
2.2 Техническое задание на разработку стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ	30
2.3 Техническое предложение на разработку стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ	31
2.4 Расчет на прочность деталей стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ	35
3 Разработка технологического процесса сборки стенда испытания гидравлических цилиндров КамАЗ	43
3.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку	43
3.2 Технологический процесс сборки механизма КОМ	46
4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования	51
4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)	51
4.2 Идентификация профессиональных рисков	51
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	56
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	59
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	
4.6 Меры безопасности при эксплуатации стенда для испытания гидроцилиндров	62
5 Экономический раздел дипломного проекта	65
5.1 Анализ объекта дипломного проектирования	65
5.2 Исходные данные для расчета	65
5.3 Расчет затрат на материалы	66

5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты	67
5.5 Расчет затрат на заработную плату	68
Заключение	71
Список используемых источников	74

Введение

Современные реалии диктуют новые подходы в организации работ на всех уровнях. Все больше и больше используется транспортных средств, созданных на базе серийной техники, в различных дорожных и коммунальных службах. В первую очередь это касается техники, используемой в дорожном строительстве и ремонте. В современных условиях муниципальные коммунальные службы имеют собственный локальный парк специализированного подвижного состава, предназначенной для проведения ремонтных работ автомобильных дорог, пешеходных зон и т.п.

Необходимым средством специализированного подвижного состава является самосвальная техника, задачей которой является перемещение сыпучих грузов от карьера до места строительства с последующей разгрузкой навалочным способом. Данный вид работ является неотъемлемой частью технологического процесса транспортировки большинства сыпучих строительных материалов, не требующих специальных условий транспортировки и хранения.

Самосвальная техника на базе автомобиля КамАЗ предназначена для транспортировки сыпучих строительных материалов, таких как грунты, песок, щебень и тому подобных материалов с мест производства или хранения и равномерного распределения их при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

При эксплуатации транспортных средств возникает необходимость проведения работ, связанных с технической приемкой и поверкой отдельных узлов и агрегатов, отвечающих за безопасность работ. Гидравлические цилиндры являются агрегатами, которые необходимо подвергать периодическим испытаниям, с целью обеспечения безопасного подъема грузовой платформы. С этой целью, специализированные предприятия оснащаются соответствующим оборудованием. В рамках дипломного проекта

необходимо произвести расчет и разработку такого оборудования – стенда для проведения испытаний гидравлических цилиндров.

Создание подобного стенда для проведения испытаний необходимо для специализированных испытательных лаборатории и научных центров. Для лабораторий подобное необходимо в рамках проведения испытаний при проверке и сертификации цилиндров после их ремонта. Для научных центров подобное оборудование может быть использовано при проведении исследовательских работ по новым типам цилиндров или при внесении изменений в конструкцию, например применении новых уплотнительных материалов или внесении изменений в конструкцию механизма.

Подобное оборудование не предназначено для широкого использования на предприятиях автомобильного транспорта. В процессе поиска будут изучены образцы техники, которая используется для проведения аналогичных испытаний, откуда будут взяты технические решения, которые в дальнейшем будут использованы в разрабатываемой конструкции.

1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда испытания гидроцилиндров

Гидравлическое оборудование относится к категории оборудования, представляющего опасность при эксплуатации. Главным образом опасность исходит от системы подачи жидкости. В случае разрыва рукава или повреждении фитинга, возникает утечка гидравлической жидкости, результатом чего может явиться потеря работоспособности цилиндра, что в случае работы с оператором может привести к его травмированию. Также утечка жидкости может произойти в случае протечки через уплотнения цилиндра. По этой причине, требуется производить регулярные поверки и испытания гидроцилиндров на предмет способности удержания давления и сохранения работоспособности на определенном числе циклов рабочего хода.

Виды испытаний гидравлического оборудования:

- эксплуатационные;
- длительные контрольные;
- испытание отдельных элементов.

Первые два вида испытаний производятся в основном при производстве гидравлического оборудования, при ремонте гидравлического оборудования, проводятся испытания отдельных элементов.

Одним из основных элементов гидравлической системы является гидроцилиндр, который подвергается различным испытаниям как в составе техники, для которой они предназначены, так и на специальных стендах.

Перед испытанием гидроцилиндров на стенде проводят контроль, при котором проверяют наружную герметичность, прочность, функционирование, а при предварительных приемных и периодических испытаниях определяют дополнительные показатели надежности и массу.

Перед испытаниями проводят внешний осмотр гидроцилиндров и проверяют соответствие его деталей и узлов конструкторской документации. Качество материалов, комплектующих изделий должно быть подтверждено

клеймами, сертификатами или протоколами испытаний. Соответствие деталей и узлов гидроцилиндров конструкторской документации должно быть подтверждено картами измерений. При испытаниях должны быть использованы рабочие жидкости, указанные в конструкторской документации.

Испытание герметичности проводят созданием избыточного давления внутри гидроцилиндра, выдержкой под этим давлением с последующей оценкой утечки рабочего вещества. В отдельных случаях может задаваться значение недопустимого падения давления в гидроцилиндре в течение определенного времени.

Для испытаний используется стенд, показанный на рисунке 1.

Стенд имеет нагружающее устройство 4, которое шарнирно (шарниры 5) закреплено на стойках 11, установленных на универсальной фундаментной плите 12. На выступающем конце шарнира 5 одной из стоек 11 жестко закреплен двуплечий рычаг 6, взаимодействующий с роликом 8. Ролик имеет возможность вращения в секторе 9, ось вращения 13 которого закреплена на этой стойке и служит одновременно осью вращения рычага 10, качающегося в пределах сектора и взаимодействующего с распределителем 14, соединенным магистралью 15 с испытуемым гидроцилиндром 19. Гидроцилиндр цапфами 20 установлен на подпружиненном основании 16, которое связано с плитой 12 верхними 18 и нижними 17 пружинами. Головка 3 гидроцилиндра крепится с помощью опорного элемента 2 к нагружающему устройству 4, свободный конец которого несет прикрепленный к нему груз 1.

Для перемещения сектора 9 из неустойчивого равновесия в крайнее фиксированное положение он связан с шарниром 5 пружиной сжатия.

К нагружающему устройству и к плите 12 шарнирами 23 и 26 крепится разгрузочный поршневой гидроцилиндр двустороннего действия, поршневая и штоковая полости которого соединены между собой через обратный клапан 25 с возможностью перепуска жидкости через дроссели 29 и 30, которые соединены с гидрораспределителем 27 магистралями 31 и 32.

Управляющая полость 28 распределителя 27 соединена магистралью 32 с поршневой полостью 24, а управляющая полость 38 через магистраль 37 соединена с магистралью 15 испытуемого гидроцилиндра 19.

Гидроцилиндр снабжен автономной системой подпитки, которая включает подкачивающий насос 33, соединенный подводящей магистралью 36 с гидрораспределителем 27 и сливной магистралью 35 и гидробаком 34.

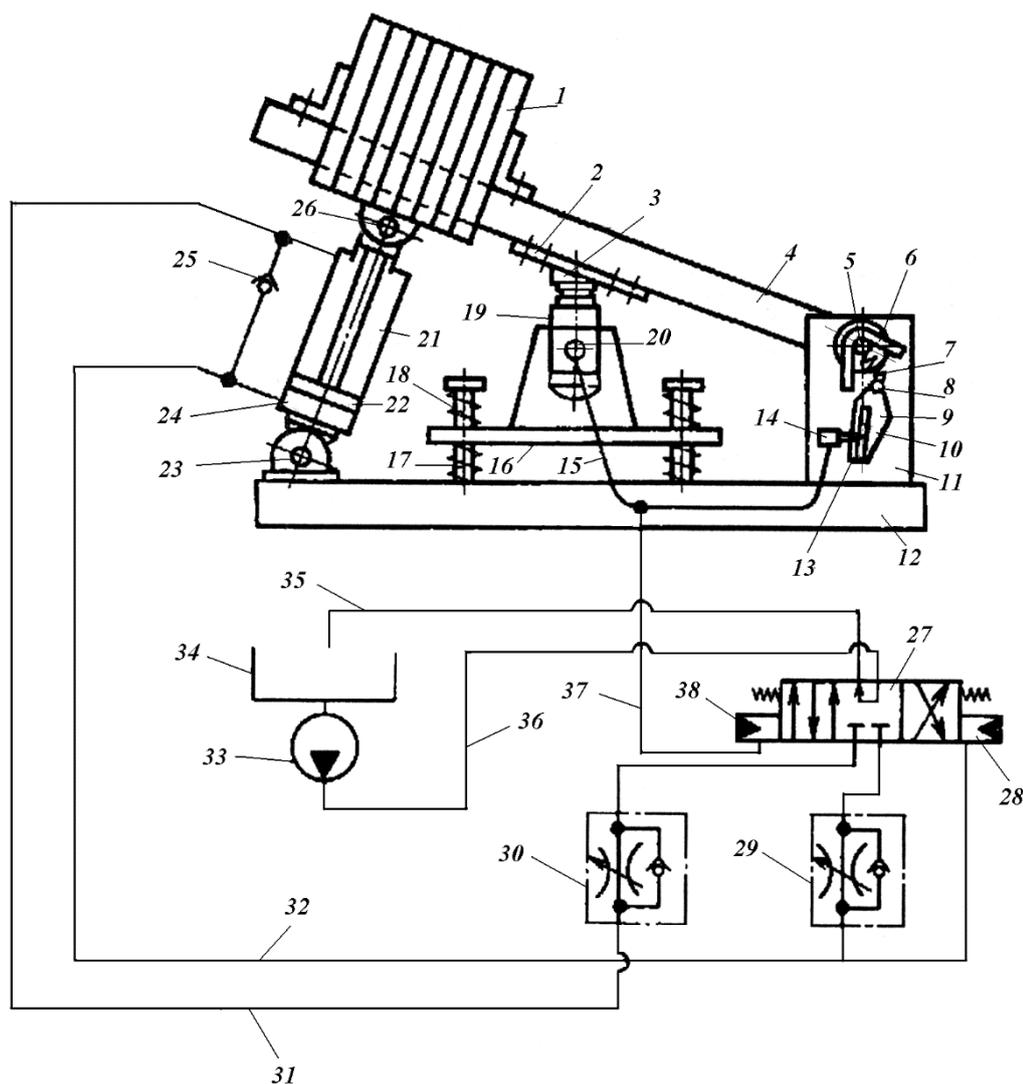


Рисунок 1 – Стенд для испытания гидроцилиндров.

При проведении испытаний гидроцилиндр устанавливается на стенде в положение, аналогичное его положению на самосвале. В испытуемый гидроцилиндр подается рабочая жидкость под давлением – происходит подъем груза. Давление в управляющей полости 38, соединенной с

гидроцилиндром 16, переключает распределитель 27 и соединяет посредством дросселей 29 и 30, снабженных клапанами, поршневую полость 24 разгрузочного гидроцилиндра 22 с подкачивающим насосом 33, а штоковую полость 21 – со сливом в гидробак 34. Подъем телескопическим цилиндром сопровождается резким изменением скорости в момент начала выдвижения следующего звена. При этом вступает в работу обратный клапан 25, перепуская рабочую жидкость из штоковой 21 в поршневую 24 полость разгрузочного гидроцилиндра 22. Этим достигается возможность применения подкачивающего насоса, подача которого минимальна.

При подходе нагружающего устройства 4 к крайнему положению двуплечий рычаг 6 переключает распределитель 14 посредством сектора 9 по спусканию. Происходит слив рабочей жидкости из гидроцилиндра 19 и снижение давления в полости 38.

Повышающееся при этом давление в поршневой полости 24 разгрузочного гидроцилиндра 22 закрывает обратный клапан 25 и переключает гидроуправляемый распределитель 27 (благодаря наличию давления в его управляющей полости 28) таким образом, что поршневая полость 24 соединяется с гидробаком 34, а штоковая полость 21 – с подкачивающим насосом 33. Нагружающее устройство опускается. Дроссели 29 и 30 регулируются на давление, необходимое для нормальной работы разгрузочного цилиндра 22 на сливе из его полостей 24 и 21. Заполнение полостей 24 и 21 происходит беспрепятственно через обратные клапаны, принадлежащие дросселям 29 и 30.

Стенд позволяет проводить как доводочные предварительные, приемочные, периодические, так и исследовательские испытания.

Перед началом испытаний гидроцилиндры должны быть испытаны на прочность при полностью выдвинутых звеньях под давлением не менее 1,5 от номинального. Выдержка гидроцилиндров под давлением при приемочных и периодических испытаниях – не менее 3 минут.

Число циклов в течение испытаний регистрируется счетчиками. Значения нагрузок, при которых проводятся испытания гидроцилиндров, должны быть не менее указанных в конструкторской документации. Для проведения испытаний по определению показателей надежности гидроцилиндр должен быть установлен на испытательном стенде относительно центра тяжести внешней нагрузки в положении, аналогичном его установке на самосвале, а для самосвалов с разгрузкой на три стороны – в положении, соответствующем разгрузке назад.

В течение предварительных, приемочных и периодических испытаний показатели герметичности определяются на этапе стендовых испытаний через 50 циклов после начала испытаний, в конце испытаний, а также через каждые 200 циклов. Норма выноса рабочей жидкости на поверхности плунжеров устанавливается в конструкторской документации или в программе испытаний.

Другим устройством для проведения испытаний будет являться стенд для испытания гидравлических цилиндров. Конструкция испытательного стенда представлена на рисунке 2.

«Стенд СТИГ-1РД.00.00.1-32.0.Н предназначен для проведения испытаний гидроцилиндров машин, автомобилей узкоспециального назначения и другой спецтехники, оснащенной гидравлическими системами.

Станина стенда выполнена в виде двухсекционной бесшовной сварной металлоконструкции общей длиной 6 метров. Базовая сборка стенда представляет собой 2 секции, в которых размещена электрическая, гидравлическая и другая измерительная аппаратура.

К гидроцилиндрам, подвергаемым испытаниям и разборке, можно присоединять необходимое количество дополнительных 3-метровых секций. Благодаря этому длина и диаметр гидроцилиндра может значительно различаться.

Стенд легко модернизируется в процессе эксплуатации за счет модульной конструкции. Это облегчает работу при расширении номенклатуры испытываемых и ремонтируемых гидроцилиндров.

Стенд оборудуется специальным устройством, позволяющем проводить сборку-разборку гидроцилиндров.» [10]

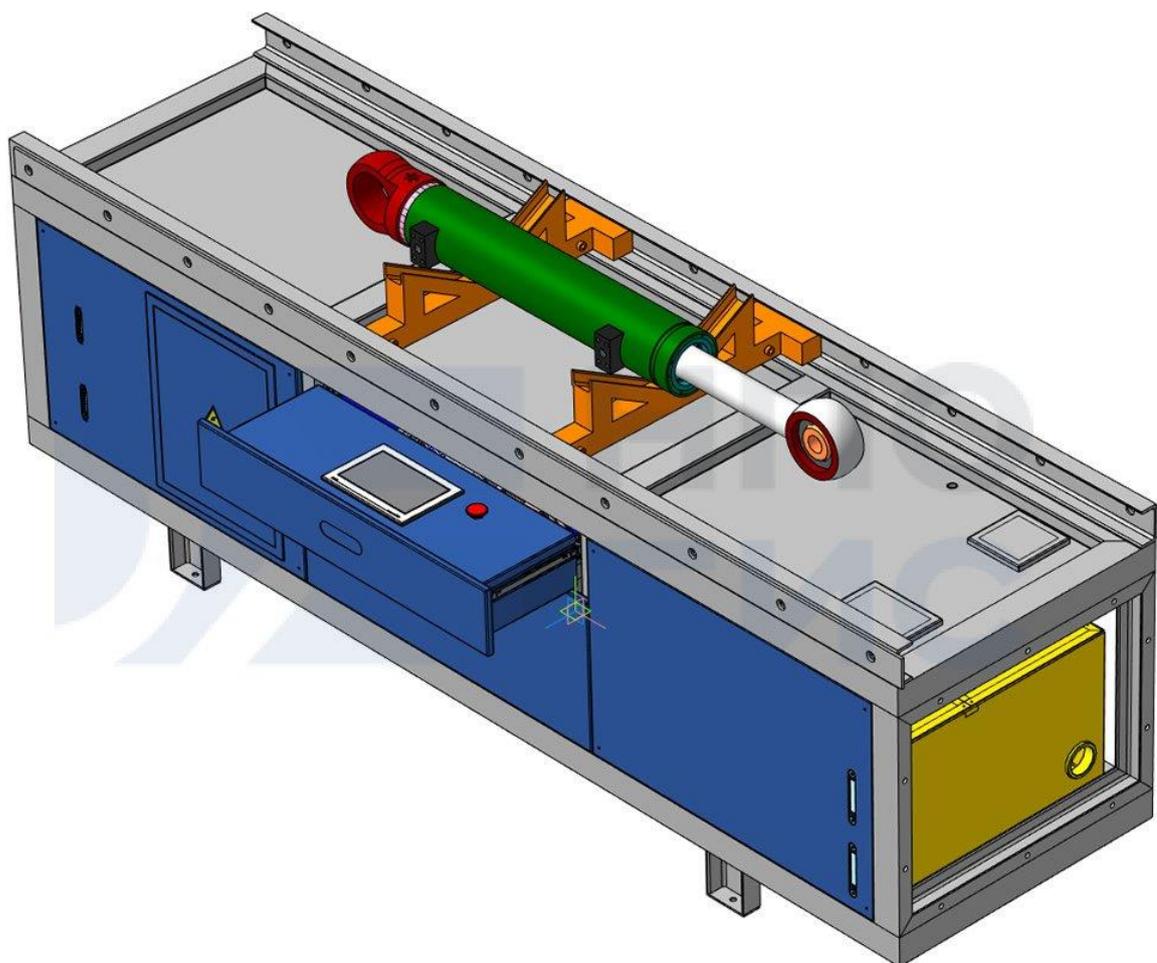


Рисунок 2 - Стенд для испытания гидравлических цилиндров
СТИГ-1РД.00.00.1-32.0.Н

Процедура испытаний предполагает проверку и контроль следующих показателей:

- общее функционирование;
- внешняя герметичность и прочность;

- давление холостого хода;
- давление начала страгивания;
- отток рабочей жидкости через уплотнение штока;
- внутренние утечки;
- продольная устойчивость штока.

Стенд имеет следующие характеристики:

- Тип стенда для испытаний: до $\varnothing 450$ мм.
- Способ управления стендом: ручное управление
- Метод отображения информации: цифровое отображение
- Способ сбора РЖ с рабочего стола: без перекачки масла
- Прижим ГЦ: прижим ГЦ ремнями
- Бак РЖ: стандартный бак (240л)
- Термостабилизация: без термостабилизации
- Кол-во секций для установки ГЦ: 1 секция (стандарт СТИГ-1 - 3 метра)
- Давление опрессовки давление опрессовки: (32МПа - стандарт)
- Метод измерения утечек: без мензурок
- Тип рабочей жидкости уплотнения: NBR (стандарт)

Еще одним аналогом будет являться стенд для испытания гидравлических цилиндров ССГ-8000-С, рисунок 3.

Стенд ССГ-8000-С предназначен для сборки и разборки, а также для проверки функционирования и испытаний на герметичность гидравлических цилиндров.

«Стенд оснащен гидравлическим гайковертом для срыва ввертной буксы и гайки крепления поршня. Стенд имеет секционную (модульную) конструкцию, что облегчает его транспортировку и монтаж. Крепление рамы стенда к полу – анкерное. На раме стенда закреплены направляющие, по которым перемещаются универсальные регулируемые опоры, служащие для поддержания и перемещения штока гидроцилиндра. Тележки снабжены

механизмами позиционирования штока относительно цилиндра, при сборке, по двум координатам.



Рисунок 3 – Стенд для испытания гидравлических цилиндров ССГ-8000-С

Основной сложностью при ремонте гидроцилиндра является откручивание (страгивание) гайки (буксы). Специально для этого стенд для ремонта гидроцилиндров ССГ-8000-С оборудован гидравлическим гайковертом. С помощью данного откручивающего устройства без труда производится откручивание /закручивание крышки гидроцилиндра (ГЦ), так и откручивание/закручивание гайки поршня гидроцилиндра. При помощи данного оборудования можно произвести ремонт поврежденных гидроцилиндров, ремонт старых, поврежденных коррозией (ржавых) гидроцилиндров.

Приводная гидравлическая станция также используется для проверки функционирования гидроцилиндра, позволяет осуществить опрессовку ремонтного гидравлического цилиндра (давлением до 25 МПа), определить

давление срагивания, наличие перетечки. Дополнительно стенд может быть укомплектован испытательной станцией серии компакт для опрессовки гидроцилиндров давлением 70 МПа, 150 МПа.» [10]

Результатом выполнения раздела явился анализ промышленных образцов стендов для испытания гидравлических цилиндров. Были рассмотрены образцы техники, производимой для проведения испытаний цилиндров в рамках поверки после ремонта. Все стенды, найденные в процессе анализа, имеют ряд технических решений, которые возможно использовать в объекте разработки. Соответственно, разработка будет вестись исходя из особенностей конструкции специального оборудования и различных аспектов проведения испытаний. Ряд аналогов, не приведенных в записке, выносятся на лист графической части.

2 Конструкторская часть

2.1 Тяговый расчёт автомобиля

Тяговый расчет транспортного средства выполняется для уточнения мощностных параметров транспортного средства. Также тяговый расчёт выполняется для выбора необходимых параметров для расчёта динамических и экономических характеристик.

Исходные данные для производимого в разделе расчета представим в таблице 1. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы, а именно грузового автомобиля КамАЗ.

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения тягового расчета

Параметр	Значение	Размерность
Полная масса, M_a	17 850	кг
Сухая масса, M_o	10 350	кг
Максимальная скорость, V_{max}	70	км/ч
Мощность двигателя, N_{max}	154	кВт
Рабочая скорость, $V_{раб}$	1,1	м/с
Обороты максимальный мощности, n_{Nmax}	2600	об/мин
Минимальные обороты, n_{min}	600	об/мин
Максимальные обороты, n_{max}	2930	об/мин
Радиус колеса, r_k	0,508	м
Площадь лобовая, F	6	м ²
Гравитационная постоянная, g	9,81	м/с ²
Передаточное число главной передачи, $U_{гп}$	6,53	-

Продолжение таблицы 1

КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,82	-
Коэффициент сопротивления, K	0,65	-
Коэффициент сопротивления качения, f	0,02	-

Тяговый расчет начинаем с расчета и графического построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства.

«Рассчитывают величины эффективной мощности N_e и крутящего момента T_e в зависимости от частоты вращения двигателя n_e , при полном открытии дроссельной заслонки или полной подаче топлива, по уравнениям:» [2]

$$N_e = N \left[a \left(\frac{n_e}{N_n} \right) + b \left(\frac{n_e}{N_n} \right)^2 - c \left(\frac{n_e}{N_n} \right)^3 \right]_{max}, \text{ кВт} \quad (1)$$

$$T_e = 9550 \frac{N_e}{n_e}, \text{ Нм} \quad (2)$$

Расчёт значений мощности и крутящего момента выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

n_e , об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
N_e , кВт	29,56	57,38	87,39	115,95	139,37	154	156,8
T_e , Нм	470,59	547,9	596,17	615,19	605,01	565,6	511,2

Также результаты расчета используются для построения диаграммы внешней скоростной характеристики, вынесенной на лист графической части.

«Силовой баланс строят, зная тяговую характеристику автомобиля и силы сопротивления дороги и воздуха.

Уравнение силового баланса имеет вид:» [1]

$$P_T = P_\partial + P_\epsilon + P_u \quad (3)$$

Произведем расчет тягового усилия на ведущих колесах:

$$P_T = \frac{T_e \cdot U_K \cdot U_{ГП} \cdot U_\partial}{r_K} \cdot \eta_{ТП} \quad (4)$$

Рассчитаем силу сопротивления дорожного полотна:

$$P_\partial = G_a \cdot \psi \quad (5)$$

где ψ – коэффициент суммарного сопротивления дороги.

«Для горизонтальной дороги $\psi = f$ может быть определён по формуле:» [1]

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V_a^2}{20000} \right) \quad (6)$$

«где f_0 – коэффициент сопротивления качению для сухого асфальтового покрытия, при $V_a = 10 \dots 15$ км/ч;

V_a – скорость автомобиля, км/ч» [1]

Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле:

$$P_e = \frac{K \cdot F \cdot V_a^2}{13} \quad (7)$$

Скорость автомобиля на каждой передаче определяют по формуле:

$$V_a = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{III} \cdot U_K \cdot U_\delta} \quad (8)$$

Расчёт значений скорости и тяговой силы на каждой из передач выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 3 и таблице 4.

Таблица 3 – Расчёт значений скорости и тяговой силы на каждой из передач

не, об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
V ₁	2,25	3,75	5,25	6,75	8,25	9,75	10,98
P _{T1}	38789,97	45168,52	49141,32	50708,37	49869,66	46625,21	42137,46
V ₂	2,75	4,59	6,43	8,27	10,11	11,95	13,46
P _{T2}	31647,06	36851,04	40092,28	41370,76	40686,5	38039,5	34378,13
V ₃	4,36	7,27	10,18	13,09	16,01	18,92	21,32
P _{T3}	19990,23	23277,38	25324,75	26132,32	25700,1	24028,08	21715,34
V ₄	5,34	8,91	12,48	16,04	19,61	23,17	26,11
P _{T4}	16319,57	19003,12	20674,54	21333,83	20980,97	19615,98	17727,91
V ₅	7,038873	11,73145	16,42404	21,11	25,80	30,50	34,37
P _{T5}	12400,89	14440,06	15710,14	16211,11	15942,99	14905,76	13471,05
V ₆	8,62607	14,37	20,12	25,87	31,62	37,37	42,12
P _{T6}	10119,12	11783,09	12819,47	13228,27	13009,48	12163,1	10992,38
V ₇	11,50	19,16	26,83	34,50	42,17	49,83	56,16
P _{T7}	7589,34	8837,31	9614,60	9921,20	9757,10	9122,32	8244,28
V ₈	14,07	23,46	32,84	42,23	51,61	61	68,74

Продолжение таблицы 3

P _{T8}	6200,44	7220,03	7855,07	8105,55	7971,49	7452,87	6735,52
V ₉	17,59	29,32	41,06	52,79	64,52	76,25	85,93
P _{T9}	4960,35	5776,02	6284,05	6484,44	6377,19	5962,30	5388,42
V ₁₀	21,59	35,98	50,38	64,77	79,16	93,56	105,43
P _{T10}	4042,68	4707,46	5121,50	5284,82	5197,41	4859,27	4391,56

Таблица 4 – Расчёт значений силы сопротивления воздуха и дорожного полотна в зависимости от скорости движения

V _a	15	30	45	60	75	90	105
P _B	67,5	270	607,5	1080	1687,5	2430	3307,5
P _д	3541,569	3659,768	3856,765	4132,561	4487,155	4920,549	5432,741

Также результаты расчета используются для построения диаграмм силового баланса, выносимого на лист графической части.

«Динамический фактор определяют при полной нагрузке автомобиля по формуле:» [1]

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (9)$$

Расчёт значений динамического фактора на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Расчет производился для данных стандартного автомобиля КамАЗ. Вместе с расчетом производилось построение графика по точкам, полученных расчетным значением. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 5 и на листе графической части.

Таблица 5 - Расчёт значений динамического фактора на каждой из передач в зависимости от скорости

V ₁	2,250279	3,750465	5,250651	6,750837	8,251023	9,751209	10,98886
D ₁	0,221511	0,257922	0,280586	0,289504	0,284676	0,266102	0,240429
V ₂	2,758179	4,596965	6,435751	8,274537	10,11332	11,95211	13,46911
D ₂	0,180715	0,210411	0,228886	0,236141	0,232175	0,216989	0,196014
V ₃	4,366546	7,277577	10,18861	13,09964	16,01067	18,9217	21,3233
D ₃	0,114126	0,13284	0,144445	0,148941	0,146328	0,136605	0,123232
V ₄	5,348688	8,914479	12,48027	16,04606	19,61185	23,17765	26,11942
D ₄	0,093148	0,108386	0,1178	0,121391	0,119158	0,111101	0,100071
V ₅	7,038873	11,73145	16,42404	21,11662	25,8092	30,50178	34,37316
D ₅	0,070733	0,082228	0,089254	0,091814	0,089905	0,083529	0,074906
V ₆	8,62607	14,37678	20,1275	25,87821	31,62892	37,37964	42,12397
D ₆	0,05766	0,066936	0,072515	0,074396	0,07258	0,067067	0,059735
V ₇	11,50143	19,16904	26,83666	34,50428	42,1719	49,83951	56,1653
D ₇	0,043114	0,049838	0,053673	0,054618	0,052673	0,04784	0,041677
V ₈	14,07775	23,46291	32,84807	42,23324	51,6184	61,00357	68,74633
D ₈	0,03507	0,040289	0,04301	0,043233	0,040958	0,036186	0,030368
V ₉	17,59718	29,32864	41,06009	52,79155	64,523	76,25446	85,93291
D ₉	0,027797	0,031512	0,032998	0,032256	0,029286	0,024087	0,018121
V ₁₀	21,59163	35,98606	50,38048	64,7749	79,16933	93,56375	105,4391
D ₁₀	0,022288	0,024664	0,024899	0,022992	0,018943	0,012752	0,006032

«По аналогии с уравнением силового баланса уравнение мощностного баланса можно записать в следующем виде:» [1]

$$N_T = N_\delta + N_e + N_u \quad (10)$$

«Решить это уравнение можно графически, для чего построим график мощностного баланса. На этот график нанесём зависимости на всех передачах, мощности двигателя (N_B) на высшей передаче, мощности заданного

дорожного сопротивления (N_d) и суммарной мощности дорожного и воздушного сопротивления ($N_d + N_v$) от скорости движения автомобиля.

Тяговая мощность определяется по уравнению:» [1]

$$N_T = N_E \cdot \eta_{TP} \quad (11)$$

«График тяговой мощности строится на каждой передаче в зависимости от скорости движения, соответствующей частоте вращения, для которой определялась мощность по скоростной характеристике.» [1]

«Эффективная мощность двигателя (N_e) строится в зависимости от скорости только на высшей передаче.

Мощности дорожного сопротивления и сопротивления воздуха рассчитывают в зависимости от скорости автомобиля по уравнениям:» [1]

$$N_d = \frac{P_d \cdot V_a}{3600} = \frac{G_a \cdot \psi \cdot V_a}{3600}, \text{ кВт} \quad (12)$$

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_a}{3600} = \frac{K \cdot F \cdot V_a^3}{46800}, \text{ кВт} \quad (13)$$

Расчёт значений мощностного баланса на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Расчет производился для данных стандартного автомобиля КамАЗ. Вместе с расчетом производилось построение графика по точкам, полученных расчетным значением. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 6 и таблице 7.

Таблица 6 – Расчёт значений мощностного баланса на каждой из передач

ne	N _T	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀
600	24,24	2,25	2,758	4,367	5,349	7,039	8,626	11,5	14,08	17,6	21,59
1000	47,05	3,75	4,597	7,278	8,914	11,73	14,38	19,17	23,46	29,33	35,99
1400	71,67	5,251	6,436	10,19	12,48	16,42	20,13	26,84	32,85	41,06	50,38
1800	95,08	6,751	8,275	13,1	16,05	21,12	25,88	34,5	42,23	52,79	64,77
2200	114,3	8,251	10,11	16,01	19,61	25,81	31,63	42,17	51,62	64,52	79,17
2600	126,3	9,751	11,95	18,92	23,18	30,5	37,38	49,84	61	76,25	93,56
2930	128,6	10,99	13,47	21,32	26,12	34,37	42,12	56,17	68,75	85,93	105,4

Таблица 7 - Изменение мощности сопротивления от скорости.

V _a	15	30	45	60	75	90	105
N _B , кВт	0,281	2,25	7,594	18	35,16	60,75	96,47
N _д , кВт	14,76	30,5	48,21	68,88	93,48	123	158,5

Произведем расчет ускорения транспортного средства на горизонтальном участке дороги:

$$j = \frac{D-\psi}{\delta} \cdot g, \text{ м/с}^2 \quad (14)$$

где j – ускорение автомобиля;

ψ – коэффициент сопротивления дороги, соответствующий расчётной скорости движения автомобиля;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

δ – коэффициент учёта вращающихся масс, определяемый по уравнению:

$$\delta = 1,03 + B \cdot U_K^2 \quad (15)$$

Для грузовых автомобилей значение B = 0,04 – 0,05.

Расчёт значений ускорений на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Расчёт значений ускорений на каждой из передач

V ₁	2,250279	3,750465	5,250651	6,750837	8,251023	9,751209	10,98886
j ₁	0,522699	0,617124	0,67588	0,698966	0,686384	0,638132	0,571473
V ₂	2,758179	4,596965	6,435751	8,274537	10,11332	11,95211	13,46911
j ₂	0,550911	0,652662	0,715926	0,740703	0,726993	0,674796	0,60276
V ₃	4,366546	7,277577	10,18861	13,09964	16,01067	18,9217	21,3233
j ₃	0,524291	0,628362	0,692732	0,717401	0,702368	0,647635	0,572592
V ₄	5,348688	8,914479	12,48027	16,04606	19,61185	23,17765	26,11942
j ₄	0,472815	0,57102	0,631403	0,653964	0,638703	0,58562	0,513354
V ₅	7,038873	11,73145	16,42404	21,11662	25,8092	30,50178	34,37316
j ₅	0,379187	0,464522	0,516103	0,533931	0,518006	0,468327	0,401932
V ₆	8,62607	14,37678	20,1275	25,87821	31,62892	37,37964	42,12397
j ₆	0,302904	0,376593	0,419951	0,43298	0,41568	0,368049	0,305922
V ₇	11,50143	19,16904	26,83666	34,50428	42,1719	49,83951	56,1653
j ₇	0,198577	0,254644	0,284729	0,288831	0,26695	0,219088	0,160041
V ₈	14,07775	23,46291	32,84807	42,23324	51,6184	61,00357	68,74633
j ₈	0,132588	0,175978	0,195527	0,191235	0,163102	0,111128	0,050302
V ₉	17,59718	29,32864	41,06009	52,79155	64,523	76,25446	85,93291
j ₉	0,068324	0,097202	0,103232	0,086414	0,046748	-	-
V ₁₀	21,59163	35,98606	50,38048	64,7749	79,16933	93,56375	105,4391
j ₁₀	0,016863	0,031187	0,021852	-	-	-	-

Время разгона определяют, зная ускорение и скорость автомобиля.

При ускоренном движении автомобиля ускорение равно:

$$j = \frac{dv_a}{3,6 \cdot dt} \quad (16)$$

«Так как отсутствует аналитическая связь между ускорением j и скоростью V_a , то решение проводим графоаналитическим методом, пользуясь графиком ускорения автомобиля. Кривую ускорений разобьём на ряд интервалов и предположим, что в каждом интервале скоростей автомобиль разгоняется с постоянным средним ускорением (j_{cp}). Величину определим по формуле:» [1]

$$J_{cp} = \frac{j_1 + j_2}{2} \quad (17)$$

где j_1, j_2 – ускорения соответственно в начале и конце интервала скорости (V_1, V_2).

«Для точности расчётов интервал скорости берут равным 2 – 3 км/ч на первой передаче, 10 – 15 км/ч – на высшей передаче и 5 – 10 км/ч – на промежуточных передачах.

Если взять интервал скоростей от $V_1 - V_2$, например, то среднее ускорение на этом участке (j_{cp}) равно:» [1]

$$J_{cp} = \frac{V_2 - V_1}{3,6 \cdot \Delta t_1} = \frac{\Delta V_1}{3,6 \cdot \Delta t_1} \quad (18)$$

Следовательно, время разгона в том же интервале изменения скорости определяется как:

$$\Delta t_1 = \frac{V_2 - V_1}{3,6 \cdot j_{cp}} = \frac{\Delta V_1}{3,6 \cdot j_{cp}} \quad (19)$$

Пользуясь полученным выражением, определим время разгона и на всех других интервалах скоростей. Общее время разгона составит:

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n \quad (20)$$

Расчёт значений времени разгона в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 9. Также значения выносятся в соответствующей диаграмме на лист графической части.

Таблица 9 – Расчёт значений времени разгона в зависимости от скорости

V_a , км/ч	ΔV , км/ч	J_{cp} , м/с ²	Δt , с	T , с
0	0	0	0	195,7266
2	2	0,26	2,136752	
4	2	0,46	1,207729	
6	2	0,66	0,841751	
8	2	0,7	0,793651	
10	2	0,73	0,761035	
12	2	0,72	0,771605	
14	2	0,709	0,783576	
20	6	0,65	2,564103	
25	5	0,59	2,354049	
30	5	0,51	2,723312	
35	5	0,428	3,245067	
40	5	0,34	4,084967	
45	5	0,258	5,38329	
50	5	0,23	6,038647	
55	5	0,2	6,944444	
60	5	0,12	11,57407	
65	5	0,03	46,2963	
70	5	0,025	55,55556	
V_a , км/ч	ΔV , км/ч	J_{cp} , м/с ²	Δt , с	
73	3	0,02	41,66667	

«По значениям Δt , определённым для различных скоростей, строим кривую времени разгона, начиная её от значения V_{min} , для

которого $t = 0$. Для скорости V_2 откладывают значение Δt_1 ; для скорости V_3 – значение времени разгона ($\Delta t_1 + \Delta t_2$).

Время переключения передач ($t_{\text{пр}}$) не учитываются.

Путь разгона S зависит от скорости автомобиля и его времени разгона:» [1]

$$V_a = \frac{ds}{dt} \quad (21)$$

Тогда путь разгона, например, в интервале скоростей равен:

$$\Delta S_1 = \frac{V_{cp} \cdot \Delta t_1}{3,6} = \frac{V_{cp} \cdot \Delta V_1}{13 \cdot j_{cp}} \quad (22)$$

«Пользуясь полученным выражением, рассчитывают путь разгона на всех выбранных интервалах, начиная с V_{min} . Для последующих скоростей расчёт пути разгона ведётся аналогично времени разгона.»

$$S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n \quad (23)$$

Расчёт значений пути разгона в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Расчет производился для данных стандартного автомобиля КамАЗ. Вместе с расчетом производилось построение графика по точкам, полученных расчетным значением. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 10. Также значения выносятся в соответствующей диаграмме на лист графической части.

Таблица 10 – Путь разгона автомобиля.

V_a , км/ч	$V_{ср}$, км/ч	Δt , с	ΔS , м	S , м
0	0	0	0	3233,208
2	1	2,136752	0,593542	
4	3	1,207729	1,006441	
6	5	0,841751	1,169098	
8	7	0,793651	1,54321	
10	9	0,761035	1,902588	
12	11	0,771605	2,357682	
14	13	0,783576	2,829581	
20	17	2,564103	12,10826	
25	22,5	2,354049	14,71281	
30	27,5	2,723312	20,80307	
35	32,5	3,245067	29,29575	
40	37,5	4,084967	42,55174	
45	42,5	5,38329	63,55273	
50	47,5	6,038647	79,6766	
55	52,5	6,944444	101,2731	
60	57,5	11,57407	184,8637	
65	62,5	46,2963	803,7551	
70	67,5	55,55556	1041,667	
73	71,5	41,66667	827,5463	

В результате расчета определены основные характеристики динамики и разгона транспортного средства. Установлена внешняя скоростная характеристика. В соответствии с полученными расчетами построены графики тягового расчета, отраженные на листах графической части. Тяговый расчет необходим для демонстрации компетенции проектирования автотранспортных средств и демонстрации соответствия характеристик транспортного средства эксплуатационным нагрузкам.

2.2 Техническое задание на разработку стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ

В рамках дипломного проекта требуется произвести разработку стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ. Разработка производится на основании произведенного анализа, выявившего ряд промышленных и патентных аналогов. Стенд предназначается для испытания гидроцилиндров в режиме циклического нагружения.

Конструкция стенда должна предусматривать испытание гидравлического цилиндра автомобиля КамАЗ различных модификаций. Стенд должен предусматривать проведение испытаний в режимах:

- эксплуатационные испытания;
- длительные контрольные испытания;

В качестве нагрузочного устройства применяться должны применяться механические нагрузочные элементы, при этом нагрузка создается путем изменения массы устройства. Расширение возможностей дополнительного нагружения цилиндра могут быть предложены в техническом предложении.

При конструировании стенда следует ориентироваться на предлагаемые технические характеристики:

- Габаритные размеры, не более: 3000 x 2500 x 2500
- Масса установки, не более: 5500 кг
- Нагрузка на шток цилиндра: не менее 10,0 т

«Пульт управления стендом следует расположить на высоте 900-1000 мм от уровня пола, причем усилие нажатия на рычаг должно быть не более 100 Н, кнопку 15 Н. Все элементы управления должны находиться в зоне досягаемости рук оператора, без перемещения туловища. Рабочее положение оператора – стоя. Рукоятки управления и привода должны быть снабжены резиновыми накладками, для предотвращения соскальзывания рук при проведении работ. В качестве контроля рекомендуется использовать датчики цифрового типа как наиболее информативные. Кнопки управления выполнить

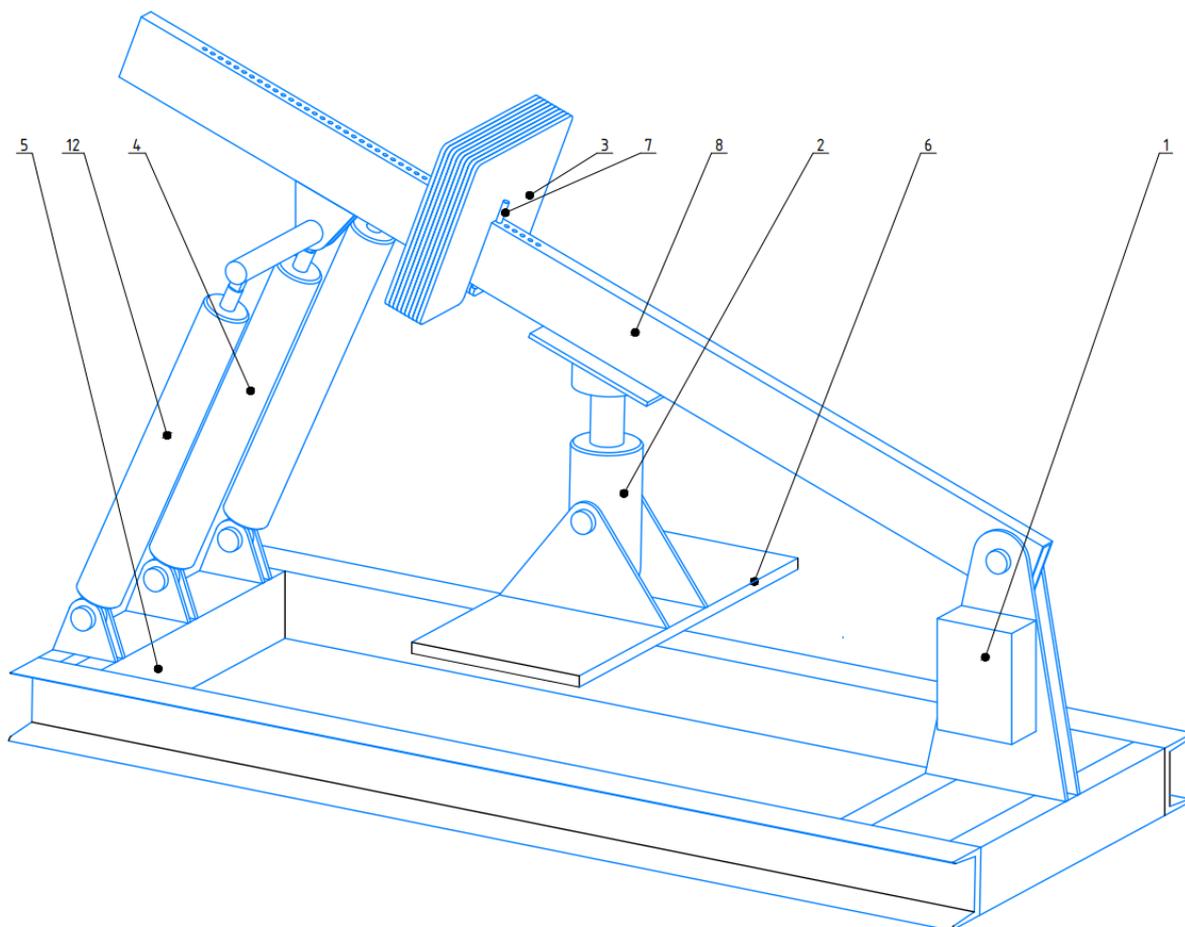
из черного пластика. Кнопку экстренной остановки привода выполнить из красного пластика и большего размера, нежели остальные кнопки управления. Кнопки и рычаги управления предполагается сгруппировать и поместить на отдельную панель управления.» [12]

«Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер изделия, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить механизм в черный цвет. Наружные плоскости перекрытия узлов и агрегатов окрасить в черный цвет с желтыми полосами. Не допускаются выступающие за габариты стенда узлы и детали, если того не требует их функциональное предназначение. Внешняя форма изделия должна быть продиктована соображениями компоновки отдельных элементов в одно целое.» [17]

«Для безотказной и эффективной работы данного изделия ТО данного изделия должно проводиться не менее 1 раза в 3 месяца. Составные части конструкции легко должны подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Детали вращения должны быть смазаны и защищены от попадания пыли и грязи. Изделие транспортируется в разобранном виде.» [11]

2.3 Техническое предложение на разработку стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ

В рамках выполнения дипломного проекта предложено разработать стенд для испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ. В качестве технического аналога, взятого на глубокую конструкторскую проработку, принято решение использовать конструкцию испытательного стенда, изображенного на рисунке 4.



1 – блок управления; 2 – направляющая; 3 – блок масс; 4 – испытуемый цилиндр; 5 – рама;
6 – опорная площадка; 7 – фиксатор; 8 – балка; 12 – контрольный цилиндр

Рисунок 4 – Стенд испытания гидравлических цилиндров автомобиля
КамАЗ

Стенд имеет нагружающее устройство, которое шарнирно закреплено на стойках, установленных на универсальной фундаментной плите. На выступающем конце шарнира одной из стоек жестко закреплен двуплечий рычаг, взаимодействующий с роликом. Ролик имеет возможность вращения в секторе, ось вращения которого закреплена на этой стойке и служит одновременно осью вращения рычага, качающегося в пределах сектора и взаимодействующего с распределителем, соединенным магистралью с испытуемым гидроцилиндром. Гидроцилиндр цапфами установлен на подпружиненном основании, которое связано с плитой верхними и нижними

пружинами. Головка гидроцилиндра крепится с помощью опорного элемента к нагружающему устройству свободный конец которого несет прикрепленный к нему груз.

Для перемещения сектора из неустойчивого равновесия в крайнее фиксированное положение он связан с шарниром пружиной сжатия.

К нагружающему устройству и к плите шарнирами крепится разгрузочный поршневой гидроцилиндр двустороннего действия, поршневая и штоковая полости которого соединены между собой через обратный клапан с возможностью перепуска жидкости через дроссели, которые соединены с гидроуправляемым распределителем магистральями. Управляющая полость распределителя соединена магистралью с поршневой полостью, а управляющая полость через магистраль соединена с магистралью испытываемого гидроцилиндра.

Гидроцилиндр снабжен автономной системой подпитки, которая включает подкачивающий насос, соединенный подводящей магистралью с гидрораспределителем и сливной магистралью 35 и гидробаком.

Рассмотрим схему проведения испытаний на стенде. Схема представлена на рисунке 5.

Предлагаемая схема испытания основана на применении модели сравнения с эталоном. В разрабатываемом стенде предлагается использовать при проверке выявление зависимости развиваемого усилия и скорости перемещения от давления. Именно эти параметры являются основными рабочими параметрами для гидравлических цилиндров. При проведении проверки, на испытываемый цилиндр подается давление, которое фиксируется датчиками. Нагрузка на штоке испытываемого цилиндра создается грузом, который крепится на балку и дросселированием жидкости, перетекающей из эталонного цилиндра в бак через регулируемый дроссель. При движении штока фиксируется создаваемое усилие на штоке и скорость перемещения. Оба этих параметра будут являться определяющими при испытании гидроцилиндра. Подъем происходит на угол, составляющий примерно 20° , что

будет достаточным для оценивания параметров работы. После этого система переключается на обратный ход и испытуемый цилиндр возвращается в исходное положение. После этого весь цикл повторяется для проведения ресурсных испытаний. Отслеживание параметров работы производится через систему датчиков, проходящих через АЦП.

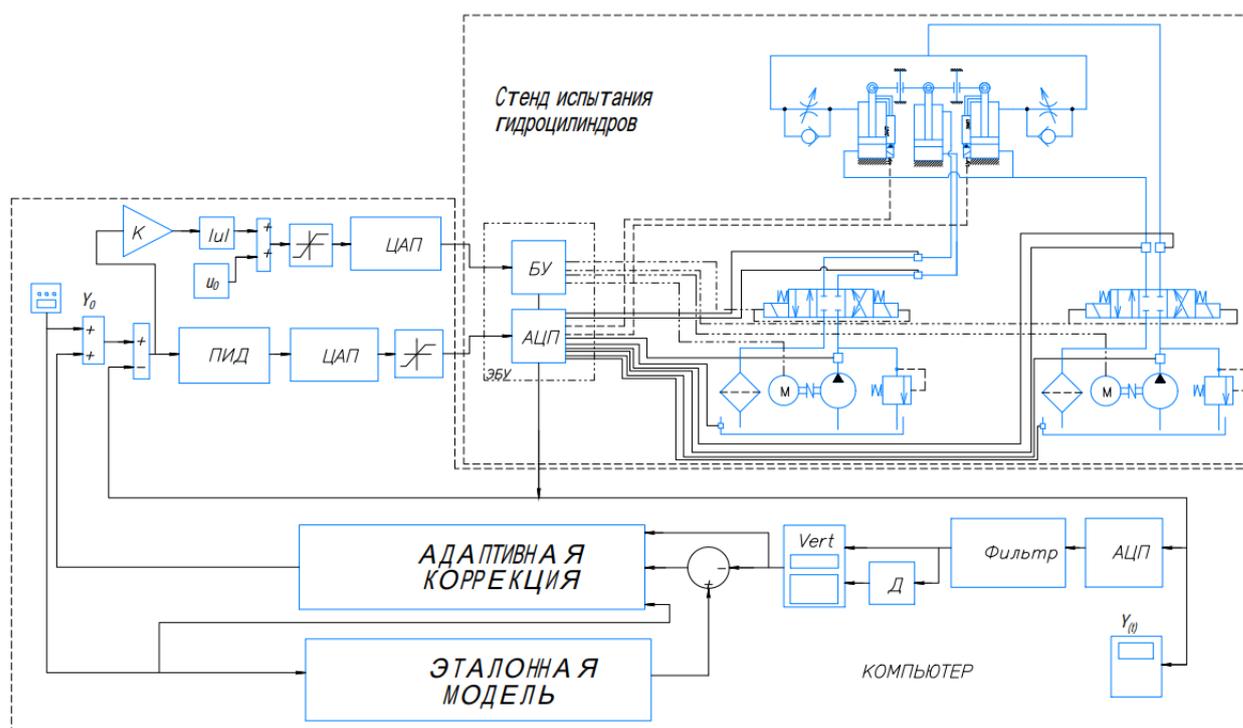


Рисунок 5 – Схема проведения испытания на стенде гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ

Гидравлическая схема стенда представлена на рисунке 6. Система оснащается двумя независимыми гидравлическими контурами. Один из контуров отвечает за давление, подаваемое в испытуемый цилиндр. Контур управления регулируется оператором и служит для имитации эксплуатационных нагрузок. Второй контур служит для подачи давления в поршневую и подпоршневую полости нагрузочных контрольных цилиндров, и работает для создания рабочей нагрузки.

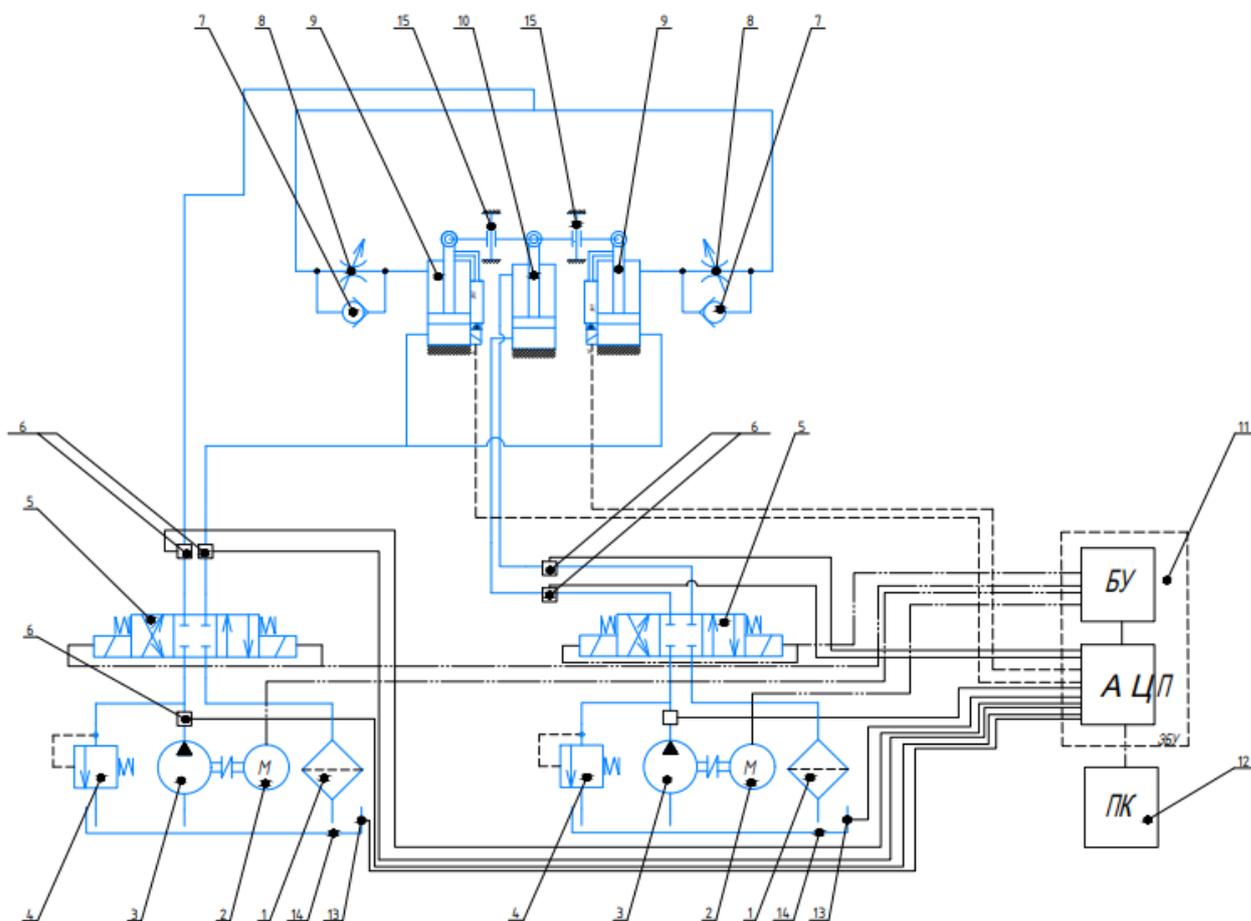


Рисунок 6 – Гидравлическая схема стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ

Рассмотренные схемы и конструкция стенда являются основой для дальнейшей проработки конструкции на уровне рабочего проекта. Необходимо выполнить расчеты отдельных элементов стенда для подтверждения заявленных эксплуатационных характеристик.

2.4 Расчет на прочность деталей стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ

В подъёмном устройстве для испытания гидроцилиндров используется упорный подшипник.

Выбор производится по коэффициенту работоспособности S :

$$C = A \cdot R_{\sigma} \cdot R_m (n \cdot h)^{0,3}, \quad (24)$$

где A - осевая нагрузка;

R_{σ} , R_m - коэффициенты;

n - частота вращения;

h - срок службы подшипника.

Срок службы h – принимаем, сообразуясь с общим сроком службы машины и межремонтными периодами, $h=5000$ ч.

n примем из учета максимальной частоты вращения:

$$R_{\sigma} = 1,2,$$

$$R_m = 1,$$

$$C = 750 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 126 = 1,1 \cdot 10^5.$$

Выбираем шарикоподшипник упорный одинарный с внутренним диаметром 120 мм марки 8124 (особо легкая серия).

Выполним расчет амортизирующей пружины. Расчетная схема приведена на рисунке 7.

Исходя из принятого усилия $P=4200$ Н.

Выбираем марку стали пружины 60С2А по ГОСТ 14959-69.

Наиболее допустимое напряжение для пружин второго класса: [7]

$$[\sigma]_{max} = 96 \frac{кг}{мм^2} = 96000 \frac{кг}{см^2},$$

$$[\sigma]_{max} = [\tau]_{max}.$$

Допустимые напряжения при рабочей нагрузке:

$$[\tau] = [\tau]_{max} \cdot R = 96 \cdot 0,7 = 67 \left(\frac{кг}{мм^2} \right), \quad (25)$$

где $R=0,6\dots 1,0$ - коэффициент, учитывающий характер прилагаемой нагрузки и степень ответственности пружины [7].

Предварительно принимаем индекс пружины:

$$C = \frac{D}{d} = 5 \quad (26)$$

где D - средний размер пружины;

d - диаметр проволоки

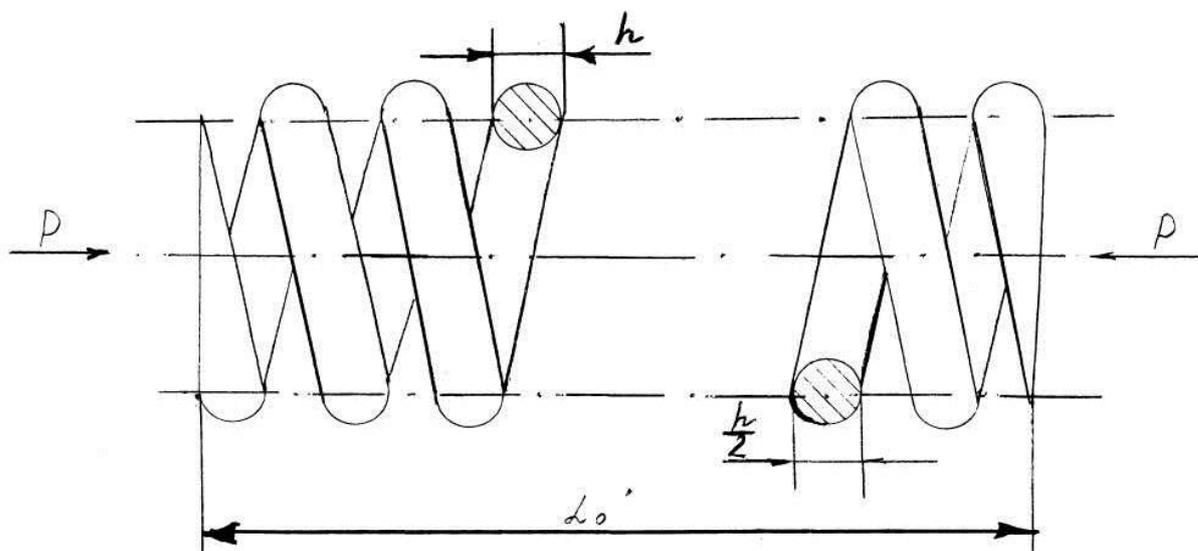


Рисунок 7 – Расчетная схема пружины

Необходимый диаметр проволоки находится из расчета на кручение:

$$d = 1,6 \cdot \frac{R \cdot P \cdot C}{[\tau]}, \quad (27)$$

где R - поправочный коэффициент, учитывающий кривизну витков.

По сортаменту ГОСТ 2.591-71 принимаем $d=6$ мм.

Средний диаметр пружины в этом случае не будет:

$$D = C \cdot d = 5 \cdot 6 = 30(\text{мм}), \quad (28)$$

Жесткость витка:

$$C_{\epsilon} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3}, \quad (29)$$

где G - модуль упругости стали при кручении,

$$G = 8000 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2},$$

Принимаем число витков $Z_0 = 20$.

Число рабочих витков с учетом двух концевых:

$$Z_p = Z_0 - 2 = 20 - 2 = 18$$

Коэффициент жесткости пружины при этом числе витков:

$$C_{np} = \frac{C_{\epsilon}}{Z_p} = \frac{800}{18} = 44,3 \left(\frac{\text{кг}}{\text{см}} \right),$$

$$P_p = P - 0,8 \cdot \square_{\epsilon} \cdot C_{np}, \quad (30)$$

где h_{ϵ} - ход истока амортизирующего устройства,

$$\square_{\epsilon} = \Delta_0 - \Delta = 0,65 - 0,125 = 0,525(\text{см}).$$

В данном расчете использованы пружины второго класса, рассчитанные на среднее число нагружений пружины первого класса берутся в особо ответственных случаях.

Описание работы стенда для испытания гидроцилиндров, схема стенда проводимые испытания на стенде представлены в технологической части.

Нагрузка F передается на 2 кронштейна через оси. При этом нагрузка на кронштейн составляет 0,5 F. От этой нагрузки в кронштейне возникают напряжения смятия. Условие прочности при смятии

$$\sigma_{CM} = \frac{0,5F}{dH} \leq [\sigma_{CM}] \quad (31)$$

где σ_{CM} – напряжение смятия стенки отверстия от нагрузки 0,5 F = 25 кН;

d – диаметр отверстия (d = 50 мм);

H – толщина кронштейна;

[σ_{CM}] – допускаемое напряжение смятия для материала кронштейна.

$$[\sigma_{CM}] = \frac{\sigma_{-1}}{S} \quad (32)$$

где σ_{-1} – предел выносливости материала при смятии ($\sigma_{-1} = 300$ МПа);

S – коэффициент запаса прочности (S = 1,5).

$$[\sigma_{CM}] = \frac{300}{1,5} = 200 \text{ МПа.}$$

Из условия прочности определим необходимую толщину кронштейна:

$$H \geq \frac{0,5F}{d[\sigma_{CM}]} \quad (33)$$

$$H \geq \frac{0,5 \cdot 50000}{50 \cdot 200} = 2,5 \text{ мм}$$

Принимаем H = 20 мм

Определим фактический коэффициент запаса прочности кронштейна по сминающей нагрузке:

$$S_{CM.ф.} = \frac{[\sigma_{CM}]}{\sigma_{CM}} \quad (34)$$

По формуле (32) определим напряжения в кронштейне

$$\sigma_{CM} = \frac{0,5 \cdot 50000}{50 \cdot 20} = 25 \text{ МПа}$$

$$S_{CM.ф.} = \frac{200}{25} = 8$$

Кронштейн толщиной 20 мм удовлетворяет эксплуатационным требованиям.

Принимаем расчетную нагрузку равной $F = 50$ кН. На ось действует сминающая нагрузка и срезающая. Расчет напряжений и коэффициентов запаса прочности в зоне смятия 1 и 2 аналогичен расчетам кронштейна, поэтому необходимости вести здесь проверочные расчеты нет. Зона 3 по ширине соответствует первой и второй зоне, вместе взятых. Так что здесь деформационная картина также удовлетворительная.

Т.е. необходимо рассчитать ось только на срез в местах слева и справа от зоны 3. Условие прочности на срез:

$$\tau_{CP} = \frac{4F}{k\pi d^2} \leq [\tau_{CP}] , \quad (35)$$

где τ_{CP} – возникающие в оси касательные напряжения от нагрузки

$F = 50$ кН;

k – количество площадок среза ($k = 2$);

d – диаметр оси;

$[\tau_{CP}]$ – допускаемое касательное напряжение для материала.

$$[\tau_{CP}] = \frac{\tau - 1}{S} \quad (36)$$

где $\tau - 1$ – предел выносливости материала по касательным напряжениям

($\tau - 1 = 15$ МПа);

S – коэффициент запаса прочности ($S = 1,5$).

$$[\tau_{CP.}] = \frac{150}{1,5} = 100 \text{ МПа.}$$

Из условия прочности определим требуемый диаметр оси:

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{k\pi[\tau_{CP.}]}} \quad (37)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 50000}{2 \cdot 3,14 \cdot 100}} = 18 \text{ мм}$$

Принимаем по конструктивным соображениям диаметр оси равный 50 мм.

Проверим условие прочности на срез и определим фактический коэффициент запаса прочности:

$$\tau_{CP.} = \frac{4 \cdot 50000}{2 \cdot 3,14 \cdot 50^2} = 13 \text{ МПа} < [\tau_{CP.}] = 100 \text{ МПа}$$

Коэффициент запаса прочности фактический по касательным напряжениям:

$$S_{CP.\Phi.} = \frac{[\tau_{CP.}]}{\tau_{CP.}} \quad (38)$$

$$S_{CP.\Phi.} = \frac{100}{13} = 7,7$$

Вывод: ось диаметром 50 мм удовлетворяет эксплуатационным требованиям.

В разделе выполнены конструкторские расчёты по автомобилю, принятому в качестве базового, агрегаты которого подвергаются испытанию. В результате расчета определены основные характеристики динамики и

разгона транспортного средства. Установлена внешняя скоростная характеристика. В соответствии с полученными расчетами построены графики тягового расчета, отраженные на листах графической части. Тяговый расчет необходим для демонстрации компетенции проектирования автотранспортных средств и демонстрации соответствия характеристик транспортного средства эксплуатационным нагрузкам. Сформулировано техническое задание на разрабатываемую конструкцию. В техническом задании дано описание разрабатываемой конструкции, даны технические характеристики на разрабатываемую конструкцию стенда. В техническом предложении предложена конструкция испытательного стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Рассмотренные схемы и конструкция стенда являются основой для дальнейшей проработки конструкции на уровне рабочего проекта. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции. Чертеж конструкции стенда испытания гидравлических цилиндров представлен в графической части дипломного проекта.

3 Разработка технологического процесса сборки стенда испытания гидравлических цилиндров КамАЗ

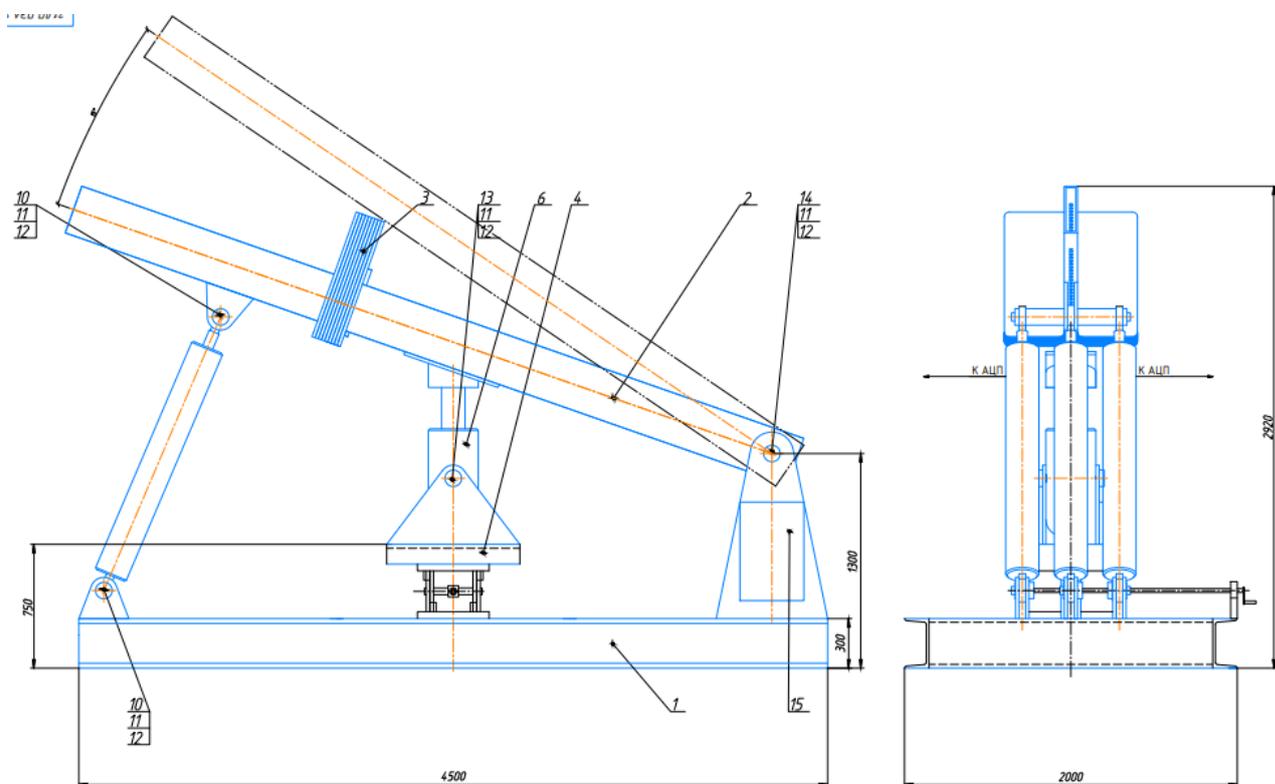
3.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку

В технологическом разделе производится разработка технологического процесса сборки стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ, используемого в качестве автомобиля-самосвала. Необходимо спроектировать последовательность выполнения сборочных работ, обозначить необходимые технические условия на проведение сборочных работ и произвести подбор необходимого технологического оборудования.

Процесс разработки технологического процесса начинается с ознакомлением рабочего чертежа конструкции узла. Это необходимо для формирования понимания того, из каких узлов и деталей состоит конструкция, на какие элементы стоит расчленить изделие и в какой последовательности производить их сборку. Конструкция стенда испытания гидравлических цилиндров, принятая для окончательной разработки представлена на рисунке 8.

Процесс анализа также необходим для понимания тех схем сборки, которые могут быть применены для разработанной коробки отбора мощности. Для испытательных стендов, специализирующихся на испытании гидравлических цилиндров, характерна особенность сборки, при которой необходимо разместить необходимые гидравлические узлы, системы и механизмы управления этими системами. Обычно подобное решение достигается либо созданием выносных модулей, соединяемых с испытательным стендом коммуникациями, состоящего из нескольких частей, либо рациональной компоновкой механизма, когда сборка производится таким образом, что размещение систем не будет мешать компоновке механизма в целом. В этом случае, корпус будет обладать достаточной

прочностью и жесткостью, что будет положительно сказываться на эксплуатационных показателях механизма.



1 – рама станда; 2 – вал приводной шестерни; 3 – шестерня вторичного вала; 4 – промежуточный вал; 5 – крышка подшипника глухая; 6 – поршень; 7 – подшипник приводной шестерни; 8 – кольцо; 9 – подшипник промежуточной шестерни; 10 – поршень; 11 – шток; 12 – крышка; 13 – шестерня ведущая; 14 – промежуточная шестерня; 19 – кольцо; 20 – штифт; 21 – подшипник вторичного вала; 22 – манжета.

Рисунок 8 – Конструкция разрабатываемого станда

Конструкция станда имеет следующее устройство.

«Стенд для испытания силовых цилиндров на долговечность состоит из следующих основных частей: гидростанции, установочной рамы с испытываемыми гидроцилиндрами, гидравлических панелей с измерительной аппаратурой и пульта управления.» [19]

«Гидростанция представляет собой бак цилиндрической формы, на верхней крышке которого смонтированы шесть электродвигателей. Пять из них приводят в движение насосы, а один через редуктор вращает вал с двумя

крыльчатками, служащими для перемешивания масла. Днище бака имеет форму усеченного конуса.

Конструкция стенда включает установку охлаждения рабочей жидкости, управление которой осуществляется электроконтактным термометром.

Установочная рама служит для монтажа на ней испытываемых гидроцилиндров. Кроме того, к ней крепятся гидропанели с гидравлической аппаратурой, с помощью которых настраивается скорость перемещения поршней и давление в каждой из независимых друг от друга гидросистем, аналогичных изображенной на рисунке 8.

Испытываемые цилиндры соединены между собой попарно. Каждый из них попеременно в зависимости от направления движения поршня выполняет функции то рабочего цилиндра, то нагрузочного.» [11]

«Масло из бака поступает в насос, а затем по трубопроводу подается к реверсивному золотнику. Давление в системе регулируется с помощью напорного золотника. При крайнем положении реверсивного золотника масло по трубопроводу поступает в правую полость цилиндра 1. Масло из левой полости этого же цилиндра через напорный золотник сливается в бак. При перемещении поршней обоих цилиндров масло из левой полости цилиндра 2 через реверсивный золотник и дроссель сливается в бак. Одновременно с этим масло под давлением (3-5 кгс/см²), настроенным редукционным клапаном, через обратный клапан заполняет правую полость цилиндра. В конце хода поршня происходит реверсированное движение в результате воздействия упоров управления на рукоятку крана. При обратном ходе поршня масло из правой полости цилиндра 2 под давлением, настраиваемым напорным золотником, сливается в бак и одновременно через редукционный клапан и обратный клапан заполняет левую полость цилиндра 1. Рабочая нагрузка создается дросселем.

В стенде имеются следующие измерительные устройства: манометры М1 и М2, термометр Т, измерительные бачки Б2 и Б3, датчик расхода ДР, динамометр усилия на штоке (на схеме не показан).» [22]

Для анализа структурных компонентов разрабатываемой КОМ произведем составление структурной схемы механизма, на котором можно будет выявить основные узлы и точки проведения сборки.

Таким образом, при разработке технологического процесса, необходимо произвести разработку технологии сборки редуктора с подключаемым валом при помощи зубчатого колеса. Подключение привода будет производиться при помощи пневматического привода.

3.2 Технологический процесс сборки механизма КОМ

Разработка технологического процесса сборки стенда испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ является частью выпускной квалификационной работы, которая выносится на лист графической части в виде технологической схемы.

На проработку технологии сборки берется «Стенд испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ». В качестве исходных данных при проектировании технологии принимаются:

- сборочные чертежи стенда испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ и деталей стенда;
- в качестве объёма производства стенда испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ принимаем количество 100 единиц, что объясняется перспективой годового сбыта на рынке России.

«К конструкции предъявляются общие требования технологичности, типичные для большинства узлов транспортных средств.

- изделие должно иметь возможность сборки по узлам;
- все узлы могут присоединяться к базовой детали независимо друг от друга;
- работы по сборке должны иметь возможность механизации;

- все детали должны иметь инструментальную доступность, каждая из деталей по возможности должна иметь возможность без демонтажа сопутствующих, либо их число должно быть минимизировано;
- изделие должно обладать свойством контролепригодности;
- детали и сборочные единицы должны быть унифицированы;
- сборочные работы должны вестись без применения специнструмента и спецоснастки.
- обеспечение расчленения его на отдельные узлы и сборочные единицы, сборка которых может иметь примерно одинаковые по длительности и по возможности однородные по технологическому содержанию этапы;
- обеспечение свободного инструментального доступа к деталям узла.» [16]

В таблицу 11 сведем все сборочные работы, которые необходимо произвести при проведении сборочных операций по стенду испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ.

Указанные в таблице работы будут использованы при разработки технологической схемы сборки стенда испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ.

Сборка будет производиться поэтапно, на раме стенда. Отдельные узлы, такие как балка с блоком грузов, гидравлические системы, блоки цилиндров собираются на отдельных постах, а потом подвергаются генеральной сборке на раме стенда в единую конструкцию. Подобная агрегатная сборка позволит значительно упростить процесс сборки всего стенда и избежать дополнительных издержек, связанных со сборкой отдельных узлов и деталей.

Таблица 11 – Сборочные работы, производимые при сборке стенда испытания гидроцилиндров

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка балки				
005	Сборка опоры балки	1. Запрессовать в обойму балки подшипник 2. Установить распорную втулку 3. Запрессовать в обойму второй подшипник 4. Произвести запрессовку оси 5. Надеть на ось дистанционные шайбы	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	15,45
010	Сборка кронштейна цилиндров	1. Запрессовать в кронштейн опорную ось 2. Установить распорную втулку 3. Запрессовать подшипник трения	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	12,20
2. Сборка гидравлического узла				
015	Сборка насоса	1. Установить полумуфту на вал насоса 2. Установить полумуфту на вал двигателя 3. Присоединить полумуфты при помощи пальцев 4. Установить собранный узел на подрамник 5. Присоединить рукава высокого и низкого давления	Комплект слесарных инструментов	35,52
020	Сборка электрической системы	1. Присоединить датчики давления на штатные места 2. Присоединить датчики сопротивления 3. Присоединить датчики перемещения	Комплект электромонтажных инструментов	25,30
025	Сборка блока цилиндров	1. Запрессовать в кронштейн опорную ось 2. Установить распорную втулку	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	15,35
2. Генеральная сборка стенда				
030	Сборка узлов на раме	1. Установить блок цилиндров на кронштейны рамы 2. Балку в сборе 3. Соединить блок цилиндров и балку при помощи соединительной оси 4. Установить направляющую 5. Установить на собранную балку блок масс и произвести ее фиксацию стопорным пальцем	Комплект слесарных инструментов Смазка – масло трансмиссионное	38,25

Продолжение таблицы 11

		6. Закрутить фиксирующие болты 5256- 1/13438/33 ключом на 19 7. Произвести затяжку болтов крепления цилиндров ключом на 17 8. Произвести установку и затяжку глухой крышки 9. Произвести подключение рукавов высокого давления Произвести подключение блока электрического управления		
035	Присоединение испытуемого цилиндра на раму	1. Установить испытуемый цилиндр 2. Произвести затяжку болтов 5256-1/13438/33 3. Присоединить разъемы гидравлической системы	Ключ на 17 Ключ на 27 Смазка – масло трансмиссионное	15,25

Произведем расчет времени проведения работ по сборке коробки отбора мощности.

«Нормы времени на переходы операций сборки определяем по приложениям 1-47. Суммируем нормы времени на каждый вспомогательный и технологический переход операции и заносим в таблицу 3.

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:» [16]

$$t_{\text{опобщ}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 157,32 \text{ мин.} \quad (39)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{\text{штобщ}} = t_{\text{опобщ}} + t_{\text{опобщ}} (\alpha/100 + \beta/100), \quad (40)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, принимаем $\alpha = 3\%$;

β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха, принимаем $\beta = 5\%$.

$$t_{\text{штгобщ}} = 157,32 + 157,32 \cdot (3/100 + 5/100) = 157,32 + 157,32 \cdot 0,08 = \\ = 165,19 \text{ мин.}$$

Определение типа производства

Определяем тип производства, основываясь на данных о годовом объеме выпуска $N = 100$ шт. и $t_{\text{штгобщ}} = 165,19$ мин. – производство мелкосерийное.

«Для мелкосерийного производства такт выпуска определяем по формуле:

$$T_{\text{в}} = F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m / N, \quad (41)$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимаем $F_{\text{д}} = 2030$ час.;

m – количество рабочих смен в сутки, принимаем $m = 1$;

N – годовой объем выпуска.» [32]

$$T_{\text{в}} = 2030 \cdot 60 \cdot 1 / 100 = 1218 \text{ мин.}$$

Такт выпуска меньше операционного времени, поэтому для данного объема выпуска время сборки является приемлемым.

В технологическом разделе был определен состав работ при производстве сборочных операций стенда испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ. Произведен подбор основного оборудования и использованы аналитические данные для определения трудоемкости каждой отдельной операции. Исходя из отдельной трудоемкости каждой операции определена трудоемкость всего технологического процесса и определен такт производства, исходя их программы выпуска. На основании разработанной технологической карты произведена разработка технологической схемы, которая выносится на лист графической части.

4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования

4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка и монтаж стенда для испытания гидравлического цилиндра. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка ведется на подготовленном фундаменте стенда, размещаемого на испытательном участке. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также пресовое и подъёмное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям,

поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [6]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами

и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[8]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа.

Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [17]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 12.

Таблица 12 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 12

1	2	3
Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы

Продолжение таблицы 12

1	2	3
Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>А2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	<p>горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения</p>	<p>Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны</p>
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	<p>топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.</p>
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)</p>

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;

- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;

- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;

- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Рассматриваемый участок не относится к категории производств, представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим отходам следует отнести следующее:

- отходы сборочного производства кузовов (обрезки листового металла, обрезки древесины, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов кузова;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [8]

4.6 Меры безопасности при эксплуатации стенда для испытания гидроцилиндров

Для упреждения влияния травмоопасных факторов при работе со стендом для испытания гидроцилиндров необходимо, перед сезоном работ проводить инструктаж по разработанной ниже инструкции.

Инструкция по охране труда при работе со стендом для испытания гидроцилиндров.

Общие требования безопасности.

- К обслуживанию стенда допускаются лица не моложе 18 лет годные по состоянию здоровья и прошедшие все виды инструктажей: вводный, текущие, на рабочем месте.
- На рабочем месте соблюдать дисциплину труда.
- Рабочее место должно быть свободно от посторонних предметов.

- Во время работы рабочие должны соблюдать личную гигиену.
- Рабочие должны уметь оказывать первую медицинскую помощь.

Требования безопасности во время работы:

– Устанавливать испытываемые изделия на стенд с помощью грузоподъемных устройств. Разрешается поддерживать изделия за верхнюю часть.

- При работе использовать маслозащитную одежду.
- При загрязнении рук нельзя мыть руки топливом (бензин, солярка)
- Рабочие должны следить, чтобы в зоне работ не входили посторонние люди.

Требования безопасности по окончании работы:

– При окончании работы оборудование, в котором используется электроэнергия необходимо отключить от сети.

– Используемое оборудование должно быть очищено и уложено на место.

- При наличии неисправностей оборудования устранить.
- Убедиться в отсутствии подтекания гидравлической жидкости
- Осмотреть рукава высокого давления, убедиться в отсутствии трещин и потертостей

– Осмотреть нагрузочные цилиндры, убедиться в отсутствии механических повреждений

- Убедиться в отсутствии повреждений жгутов проводов
- Привести в порядок спецодежду, убрать ее в отведенное место.
- Требования безопасности в чрезвычайных ситуациях.
- При отключении электроэнергии рабочие обязаны отключить оборудование.

– При возгорании в зоне работ тушить установку углекислотным огнетушителем.

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем стенда испытания гидравлического цилиндра. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации.

Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности.

Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

5 Экономический раздел дипломного проекта

5.1 Анализ объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте была произведена разработка стенда испытания гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ. Стенд включает электрическую, механическую и гидравлическую схемы.

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного стенда.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе изготовления конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

5.2 Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 14. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 14 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР _{год}	1000
Штучное время сборки, мин	ВР _{шт}	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С _{час}	160,45
4 разряд		185,25
5 разряд		210,30
6 разряд		250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премияльный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К _{т-з}	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К _{с-эк}	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов

5.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе производства стенда испытания гидроцилиндров. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двутавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство конструкции.

5.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00
Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премияльные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (42)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1\,260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (43)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (44)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (45)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости коробки отбора мощности представим в таблице

Таблица 18 – Себестоимость разработанного стенда испытания цилиндров

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции стенда. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство стенда испытания гидроцилиндров. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция стенда будет являться конкурентной по цене.

Заключение

Тема дипломного проекта «Разработка конструкции стенда для испытания гидроцилиндров автомобилей КАМАЗ». Актуальность темы обусловлена ростом числа автотранспортных средств, занятых в строительной отрасли. Следовательно, для автомобильной промышленности требуется разработка агрегатов, обеспечивающих улучшенные эксплуатационные качества транспортных средств. А это связано с проведением испытаний и приемки этих агрегатов на специализированных стендах.

Структура дипломного проекта представляет собой пять глав, оглавление, введение, заключение, список литературы, включающий иностранные источники, приложения. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Ключевым значением проекта является разработка специального оборудования, применяемого при проведении ресурсных испытаний автомобильных агрегатов. Целью проекта является разработка специализированного стенда для испытания гидравлических цилиндров на уровне технического проекта.

Результатом выполнения первого раздела дипломного проекта явился анализ промышленных образцов стендов для испытания гидравлических цилиндров. Были рассмотрены образцы техники, производимой для проведения испытаний цилиндров в рамках поверки после ремонта. Все стенды, найденные в процессе анализа, имеют ряд технических решений, которые возможно использовать в объекте разработки. Соответственно, разработка будет вестись исходя из особенностей конструкции специального оборудования и различных аспектов проведения испытаний. Ряд аналогов, не приведенных в записке, выносится на лист графической части.

В конструкторском разделе выполнены тяговые расчёты по автомобилю, принятому в качестве базового, агрегаты которого подвергаются испытанию.

В результате расчета определены основные характеристики динамики и разгона транспортного средства. Установлена внешняя скоростная характеристика. В соответствии с полученными расчетами построены графики тягового расчета, отраженные на листах графической части. Тяговый расчет необходим для демонстрации компетенции проектирования автотранспортных средств и демонстрации соответствия характеристик транспортного средства эксплуатационным нагрузкам. Сформулировано техническое задание на разрабатываемую конструкцию. В техническом задании дано описание разрабатываемой конструкции, даны технические характеристики на разрабатываемую конструкцию стенда. В техническом предложении предложена конструкция испытательного стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Рассмотренные схемы и конструкция стенда являются основой для дальнейшей проработки конструкции на уровне рабочего проекта. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции. Чертеж конструкции стенда испытания гидравлических цилиндров представлен в графической части дипломного проекта.

В технологическом разделе был определен состав работ при производстве сборочных операций стенда испытаний гидравлических цилиндров автомобиля КамАЗ. Произведен подбор основного оборудования и использованы аналитические данные для определения трудоемкости каждой отдельной операции. Исходя из отдельной трудоемкости каждой операции определена трудоемкость всего технологического процесса и определен такт производства, исходя их программы выпуска. На основании разработанной технологической карты произведена разработка технологической схемы, которая выносится на лист графической части.

В разделе охраны труда и безопасности был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку коробки отбора мощности автогудронатора. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с

выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная КОМ будет являться конкурентной по цене.

На основании всей выполненной работы, можно сказать, что поставленные задачи в рамках дипломного проектирования выполнены.

Список используемых источников

1. 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.
2. 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.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
4. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
5. 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.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. 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.
8. 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

9. 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.

10. 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.

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

12. 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.

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

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

15. 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.

16. 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.

17. 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.

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

19. 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.

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

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

22. Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019.– 350 с.