

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 стенда для испытания компонентов автомобиля
циклическими нагрузениями. Испытание растяжек передней
подвески»

Студент

И.Н. Щепетков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент Л. А. Угарова

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

Консультанты

к.т.н., доцент А. Н. Москалюк

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

к.э.н., С. Ю. Данилова

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

к.т.н., доцент С. А. Гудкова

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

Тольятти 2020

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассматривается создание стенда для испытания растяжек передней подвески. Разработка будет применяться в лаборатории кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» в институте машиностроения Тольяттинского Государственного Университета в учебных и исследовательских целях.

В ходе проектирования произведен анализ различных видов испытаний на усталость, исследованы существующие патенты в области испытательной техники, произведены конструкторские вычисления на основании технического задания, произведена оценка безопасности и экологичности разработанного стенда, а также рассчитана экономическая эффективность его создания.

В разработанном стенде предполагается возможность регулирования нагрузки в широком диапазоне. Разработка позволит достичь максимального соответствия требованиям заказчика за счет простоты регулирования, обусловленной отсутствием влияния положения тормозного барабана. Применение гидравлического насоса с электрическим двигателем способствует тому, что процесс контроля и регулирования давления в тормозной системе становится автономным.

Пояснительная записка выполнена на 75 листах, включает в себя 19 иллюстраций, 19 таблиц. Графическая часть выполнена на 8 чертежах формата А1.

Abstract

The title of the graduation work "Creating a stand for testing front suspension extensions".

The senior thesis consists of an explanatory note on 75 pages, including introduction on 1 page, 19 figures, 19 tables, the list of 26 references, including 5 foreign sources and a graphic part on 8 A1 sheets.

The aim of the work is to determine the smoothness of the car.

The work touches upon analysis of various types of fatigue tests, research of existing patents in the field of testing equipment, development of engineering solutions and calculations in this area, development of collection and comparison of scientific and technical equipment.

The graduation project may be divided into several logically connected parts which are:

1. Status of the issue where modern methods of fatigue testing are considered;
2. Part of engineering, which developed the specification and calculations;
3. Safety and environmental friendliness of the technical object;
4. Economic efficiency of the project.

Much attention is given to the fact that the developed stand assumes the ability to regulate the load in a wide range, regardless of the angle of rotation of the brake drum, which allows you to simply change the modes in accordance with the customer's requirements. In addition, this design allows you to automate the process of monitoring and adjusting the pressure in the brake system by using a hydraulic pump with an electric motor.

The results of the study showed that the development of the test bench has had a positive impact on the study of smooth running of the car.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	6
2 Конструкторская часть	11
2.1 Техническое задание на разработку испытательного стенда.....	11
2.2 Техническое предложение на разработку испытательного стенда.....	15
2.3 Конструкторские расчеты	25
2.4 Руководство по эксплуатации испытательного стенда.....	34
3 Технологический процесс испытания растяжек передней подвески	46
3.1 Назначение растяжек передней подвески легкового автомобиля	46
3.2 Технологическая карта испытания растяжек передней подвески	46
4 Безопасность и экологичность технического объекта	49
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика стенда.....	49
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	50
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	51
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	53
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	56
5 Экономическая эффективность проекта.....	59
5.1 Расчет себестоимости изготовления проектируемой конструкции.....	59
Заключение	63
Список используемых источников	64

Введение

Растяжка рычагов передней подвески автомобиля служит для принятия боковой нагрузки от колес при совершении поворотов и перестраивании при объезде препятствий во время движения. Устройство позволяет равномерно нагружать лонжероны в местах крепления рычагов передней подвески, попутно увеличивая управляемость автомобиля.

Растяжка крепится к рычагу и поперечине передней подвески, и фиксируется таким образом, чтобы можно было регулировать положение рычага к поперечине. Конструкция принимает на себя основные усилия во время совершения автомобилем маневров, а значит работает в режиме регулярных перегрузок, этим и обусловлена необходимость их испытания.

«Испытания осуществляются в лабораторных условиях, в помещениях, предназначенных для данных целей, прошедших экспертную аккредитацию, либо в испытательных центрах, органах по сертификации, сертификационных фирмах, сертификационных центрах, либо же по заявке от заявителя для выдачи сертификата соответствия. Осуществление испытаний может занимать период длительностью порядка одного - двух лет.» [2]

«Проводимые испытания позволяют установить соответствие рассматриваемой детали приложенной к ней технической документации, а также получить характеристики, свидетельствующие о качестве детали. Положения о проведении такого рода испытаний официально закреплены положением, отображенным в законе от 27.12.02 № 184-ФЗ, методика же проведения таких испытаний стандартизирована в соответствии с ГОСТ.» [3]

Стенд дает возможность осуществить проверку на циклическую долговечность растяжек передней подвески транспортных средств.

1 Состояние вопроса

«Методы испытаний на усталость при одноступенчатом, многоступенчатом и случайном нагружении в многоцикловой области натуральных деталей машин и элементов конструкций, изготовленных из металлов и сплавов, проводятся при:

- растяжении - сжатии, изгибе, кручении и комбинированном нагружении рассматриваемого объекта испытаний;
- наличии и отсутствии концентрации напряжений;
- нормальной, повышенной и пониженной температурах;
- частоте нагружения до 300 Гц;
- симметрии и асимметрии циклов напряжений и деформаций;
- наличии или отсутствии агрессивной среды.» [6]

Эксплуатационное нагружение может быть охарактеризовано следующими показателями:

- характером нагружения;
- регулированием усилия, перемещения, деформации или ускорения;
- числом наложенных многоосных составляющих и отношениями между ними;
- частотой;
- видом нагружения;
- параметрами окружающей среды;
- асимметрией нагружения;
- формой нагрузочного спектра.

«Если испытания на усталость проводят не с действительным спектром или действительной последовательностью экстремумов, то их осуществляют со стандартными спектрами, а также со стандартными последовательностями экстремумов.» [13]

Стандартные спектры и последовательности проведения испытаний позволяют повысить точность сравнения результатов испытаний, которые можно будет применять при дальнейших исследованиях. Кроме того, данная методология позволяет утвердить общие критерии для стандартизации параметров исследуемых образцов.

«Путем проведения эксперимента по стандартному спектру нагружения устанавливается величина долговечности, которую возможно перевести согласно линейной гипотезе суммирования числа и объема повреждений, а также другими методами, отличающимися большей точностью для устанавливания соответствия с реальным спектром нагружения.» [9]

Форма, применяемого спектра нагружений в совокупности с видом его реализации разделяется, как показано на рисунке 1, то есть следующим образом:

- одноступенчатые;
- многоступенчатые;
- случайные, предполагающие непрерывное наблюдение, как при наличии способа цифрового представления информации, так и при аналоговой системе.

В одноступенчатых испытаниях циклы нагружения отличаются постоянной амплитудой и постоянным показателем среднего значения напряжения цикла.

«Сравнительные испытания, предполагают применение регулярного нагружения вместо нерегулярного эксплуатационного режима нагружения, важной особенностью является необходимость контроля уровня нагружения.» [10]

При многоступенчатых испытаниях на усталость производятся нагружения блокового типа. Каждый блок предполагает наличие нескольких

ступеней, на каждой, из которой воспроизводится регулярное нагружение на изначально заданном уровне.

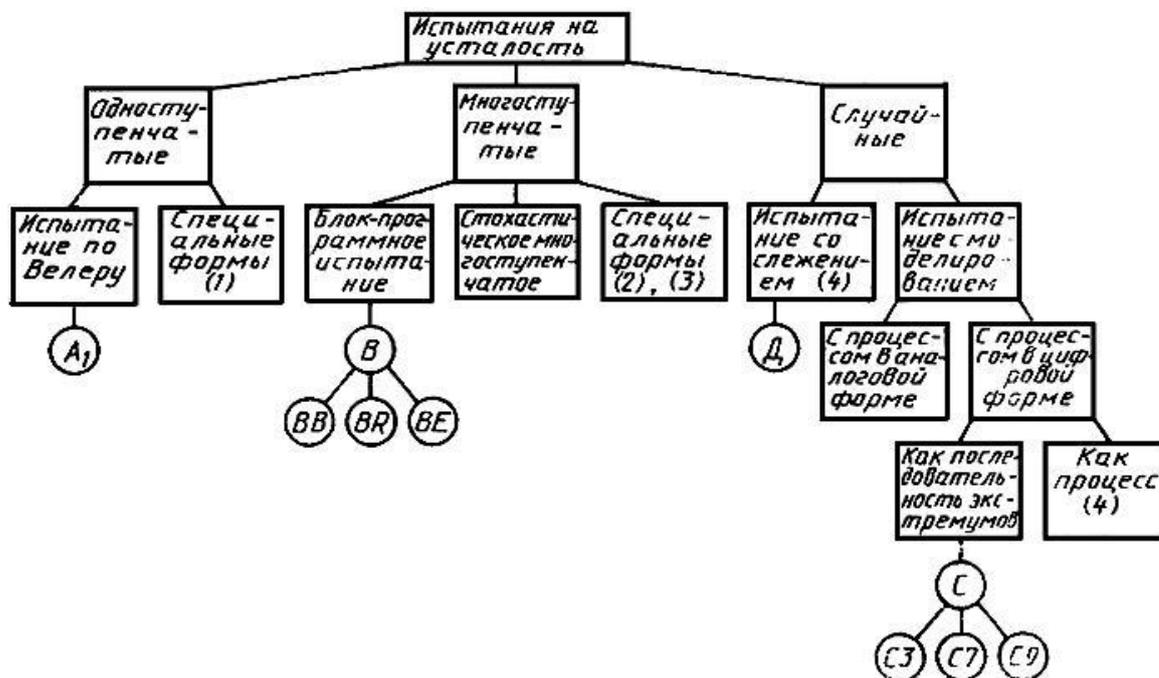


Рисунок 1 – Методы испытаний на усталость

«Преимущества испытаний при блочном нагружении по отношению к случайным испытаниям заключаются в возможности накопить большое число экспериментальных данных, кроме того, их относительно просто реализовать на базе энергоэффективных резонансных испытательных машин.

Недостатком является менее надежные значения долговечности.» [21]

Спектр нагружения подразделяют на 6 - 8 ступеней – такая система позволяет минимизировать влияние ступеней на долговечность устройства.

Способы испытаний на усталость очень сильно разнятся. Они отличаются друг от друга способами изменения напряжений, концентраторами напряжений. Испытания проводят в различных средах и температурах. Главные требования, предъявляемые к испытаниям на усталость указаны в ГОСТ 25.502-79. Если $R\sigma = -1$, то это симметричный цикл на кривой 1 на рисунке 2. Если минимальное и максимальное

напряжения различаются по величине — это асимметричный цикл, представленный на кривой 2 на рисунке 2.

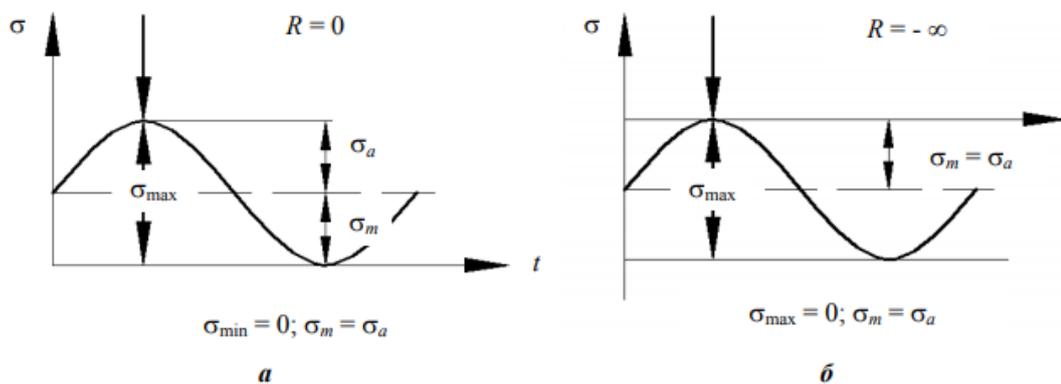


Рисунок 2 - Варианты циклов напряжений

При проведении испытаний применяют, в основном, циклы с переменным знаком $R\sigma = -1$. Объектами испытаний становятся, как правило, круглые или гладкие прямоугольные образцы с надрезами, такие же требования отображены в ГОСТ 25.502-79

Диаметр цилиндрической части гладких образцов d в большинстве случаев составляет 5-10 мм, а у образцов с надрезом – 10-20 мм при глубине $t = 0,25 \times d$. Ширина рабочей части плоских образцов 10-20 мм, а толщина 5-10 мм. Значение выносливости полностью зависит от размеров образца, которые значительно больше у образцов с наименьшим сечением. При проведении исследований в данной области необходимо учитывать тот факт, что качество поверхности испытываемой детали, а также его физическое состояние оказывают значительное влияние на результаты испытаний.

«Результатом испытания детали на усталость является разрушение этой самой детали по итогу приложения к ней достаточного количества циклов нагружения, позволяющих прийти к такому исходу. Разрыв образца наступает в результате разрушения кристаллической решетки металла или формирования по ходу испытания трещины также ведущей к ее разрушению. В ходе испытания может наблюдаться явление пластической деформации. В

настоящее время у исследователей в данной сфере наибольшее распространение получили испытания на малоцикловую усталость. Особенностью данного метода является приложение значительных усилий при малой частоте циклов.» [4]

«Параллельно с малоцикловым нагружением происходит пластическая деформация местного или же общего характера, немаловажной характеристикой является также вид прикладываемого усилия. Проверки данного рода осуществляются по схеме сжатия и растяжения рассматриваемой детали конструкции автомобиля.» [5]

Выносливость материала в данном случае обуславливается пределом выносливости – значением наибольшего максимального напряжения, при котором не происходит разрушение, кроме того, определяется усталостная долговечность по соотношению σ_{max} / σ_s .

Выводы по разделу:

В данном разделе рассмотрены теоретические аспекты проведения испытаний при различных способах нагружения испытуемого образца. Рассмотрены стандартные и блочные спектры нагружения, а также методология проведения испытаний на выявление усталостных характеристик металла. Выявлены особенности реакции детали на приложение к ней циклических нагрузок.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку испытательного стенда

«Испытательные стенды, применяемые в исследованиях циклической долговечности растяжек передней подвески, должны иметь прочную раму, на которую монтируется площадка для проведения испытаний. Подобного рода конструкции универсальны тем, что весьма просты в плане смены конфигурации при необходимости.» [6]

Принцип работы стенда предполагает создание синусоидальных изгибающих перегрузок, симметричного, а также несимметричного цикла. Стенд принадлежит к сфере техники, производящей испытания, принцип его работы соответствует схеме, представленной на рисунке 3.

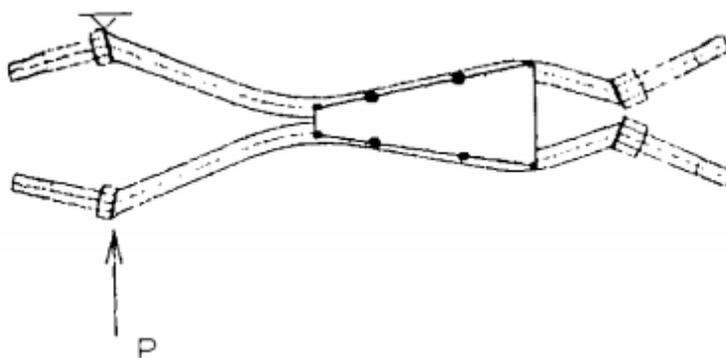


Рисунок 3 – Схема для испытаний

Во время эксплуатации элементы подвески переносят циклические перегрузки – данный циклический процесс приводит к тому, что растяжки нижнего рычага передней подвески входят в направляющий аппарат подвески, который обеспечивает эластокинематику передней подвески и передачу усилия от колес к кузову, снимая тем самым нагрузку с лонжеронов.

Рассматриваемая деталь представляет собой объект, не подлежащий ремонту или восстановлению в случае совершения поломки, имеет относительно большой срок службы, подвержена перегрузкам, но только при определённых особенностях вождения, предполагающих активное маневрирование.

«Процесс испытания заключается в имитировании повторяющихся перегрузок, действующих на растяжку нижнего рычага передней подвески машины, в ходе использования.» [7]

Перед тем как приложить к детали напряжение ее закрепляют на испытательном стенде, надёжно соединяют со второй листами металла и закрепляют путем сварки.

Помещение, в котором будет производиться эксплуатация объекта проектирования должно соответствовать климатическим нормам. Температура и уровень влажности воздуха должны соответствовать нормам, установленным СанПиН.

«При разработке нового или усовершенствовании существующего оборудования необходимо ориентироваться на патентный поиск с целью создания уникального оборудования, отвечающего заявленным требованиям. Процесс производства оборудования должен строго отвечать требованиям пожарной безопасности и законодательству по охране труда.» [20]

«Рама проектируемой установки должна быть спроектирована таким образом, чтобы на нее можно было смонтировать все необходимые для испытаний элементы, в данном случае в перечень элементов входят: привод, нагружающее устройство, площадка проведения испытания, контроллер числа циклов нагружения и прикладываемого усилия.» [8]

Для производства необходимых испытаний заданный стенд должен отвечать следующим требованиям:

- устойчивость, прочность и безопасность несущей рамы;

- устройство стенда должно предполагать простоту изменения испытательных параметров;
- применение современных узлов и деталей, компактной конструкции;
- применение крепежных деталей, соответствующих стандартам;
- возможность использования нагрузки синусоидального характера в диапазоне от 0,5 до 1,5 кН;
- контроль числа циклов нагружения;
- контроль положения испытываемых деталей;
- непрерывность цикла испытания для конкретной детали;
- подключение от трехфазной электрической сети;
- обеспечить заземление стенда;
- использовать магнитный выключатель, исключающий самопроизвольное включения двигателя при кратковременном перерыве питания;
- обеспечить удобство обслуживания;
- исключение создания факторов, негативно влияющих на человека при включении устройства;
- исключение острых углов, кромок, и неровных поверхностей, представляющих опасность;
- подбор цветов таким образом, чтобы выделить подвижные части;
- обеспечить возможность ежемесячного обслуживания и проверки оборудования.

Технические характеристики проектируемого стенда:

- габариты, мм. 2200x750x1200;
- масса, кг. 400;
- мощность электрического двигателя 3 кВт·час³.

Внешние очертания устройства должны быть эстетичными и эргономичными с технической и практической точек зрения.

Мелкие детали должны быть по возможности сгруппированы и закрываться декоративными панелями. Уровень шума нормируется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

Уровень вибрации не должен превышать 3 категорию типа «В» и быть меньше значений, отображенных в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно допустимые значения вибрации

Средние геометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0 , Y_0 , Z_0							
	виброускорения				виброскорости			
	м/с ²		дБ		м/с·10 ⁻²		дБ	
	1/3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт
3,15	0,0089		79		0,045		79	
Корректированные и эквивалентные значения и их уровни		0,014		83		0,028		75

«Применять устройство могут лишь лица, прошедшие особый инструктаж согласно технике безопасности, а также знакомые с принципами эксплуатации устройства.» [5]

Техническое обслуживание испытательного стенда проводится 1 раз в полгода для выявления мелких неисправностей и проведения диагностики состояния компонентов устройства.

«Комплектуемые устройства должны быть просты в монтаже, а также при изменении конфигурации стенда и его перевозке. Последняя осуществляется исключительно в разобранном состоянии, причем каждый компонент должен быть упакован изолированно от остальных и иметь соответствующую маркировку.» [11]

Экономические показатели проектируемого стенда ориентировочно могут быть показаны следующими значениями:

- основные инвестиционные затраты, в том числе - изготовление опытного образца и проведение испытаний, предполагается

осуществить в течение первого года, общая сумма предполагаемых затрат составит 220 000 руб;

- предполагаемая себестоимость стенда на начальном этапе производства составляет около 125 тыс. руб., при этом планируемая рентабельность 6%.

Время окупаемости оборудования по предварительной оценке составит 2 года.

2.2 Техническое предложение на разработку испытательного стенда

«На основании технического задания необходимо разработать многофункциональную конструкцию стенда, предполагающую возможность смены конфигурации на базе основной рамы и позволяющую производить испытания растяжек передней подвески при заданных параметрах.» [10]

Конструкция стенда содержит: сварную раму, выполненную из металлопроката, электромотор, ременчатую передачу, поворотные кулаки для крепления шкивов, шатун, трос, с регулированием длины, изменяющий величину перегрузки, столик для крепления растяжек, датчик, регистрирующий циклы нагружения, частотный регулятор, изменяющий частоту вращения электродвигателя.

Стенд дает возможность осуществить проверку на циклическую долговечность растяжек подвески машин с установленными техническими критериями:

- синусоидальный закон нагружения;
- частота циклов нагружения – 3 Гц;
- циклическая нагрузка – 0,5 - 1,5 кН.

В ходе работы произведен патентный поиск, давший следующие результаты:

«Стенд определения усталости материала (авт. св. СССР № 1245933, кл. G01N3/32, 1986). Конструкции содержат блок-корпус, установленные в нем торцовый также консольный захваты образца, электропривод вращения торцового захвата, система нагружения, включающая эксцентрик с приводом вращения, шаровидную подвеску, сопряженную с консольным захватом, гибкий элемент, объединяющий подвеску с эксцентриком. Однако испытания на них проводятся либо при постоянном, или при ступенчатом изменении амплитуды нагружения.» [15]

«Стенд проверки упругих элементов на усталость, включает в себя:

- раму с направляющей;
- две опоры для крепления одного из концов гибких частей;
- ползун с подвижными опорами для закрепления двух концов данных гибких частей;
- привод для перемещения ползуна, состоящий из: кривошипного механизма;
- палец, объединённый с ползуном.» [15]

«Испытательный стенд конструкций и аппаратов автомобилей, представленный на рисунке 4 состоит из рамы 3, 2 гидроцилиндра 5, опоры 4, топливных баков 1 и 2, комплекса для замера 6 (персональный компьютер, устройство сбора данных, 18 зарядовые усилители в комплекте с акселерометрами, калибратор акселерометров, датчики 7 виброускорений), дающий контроль режима испытаний по значению, измеряемых датчиками, виброускорений в контрольных точках в лонжеронах рамы, баках и, входящих в них, креплениях. Рама стенда 3 прикрепляется к опоре 4 при помощи оси балансира 8, дающей раме возможность совершать возвратно-поступательные движения под требуемым углом вокруг оси балансира.» [15]

«Топливные баки устанавливаются в раме с помощью кронштейнов симметрично по отношению продольной оси рамы стенда. Гидравлические цилиндры устанавливают под лонжеронами рамы в плоскости, находящаяся

в равном удалении от мест крепления топливных баков к раме, симметрично по отношению продольной оси рамы стенда» [15].

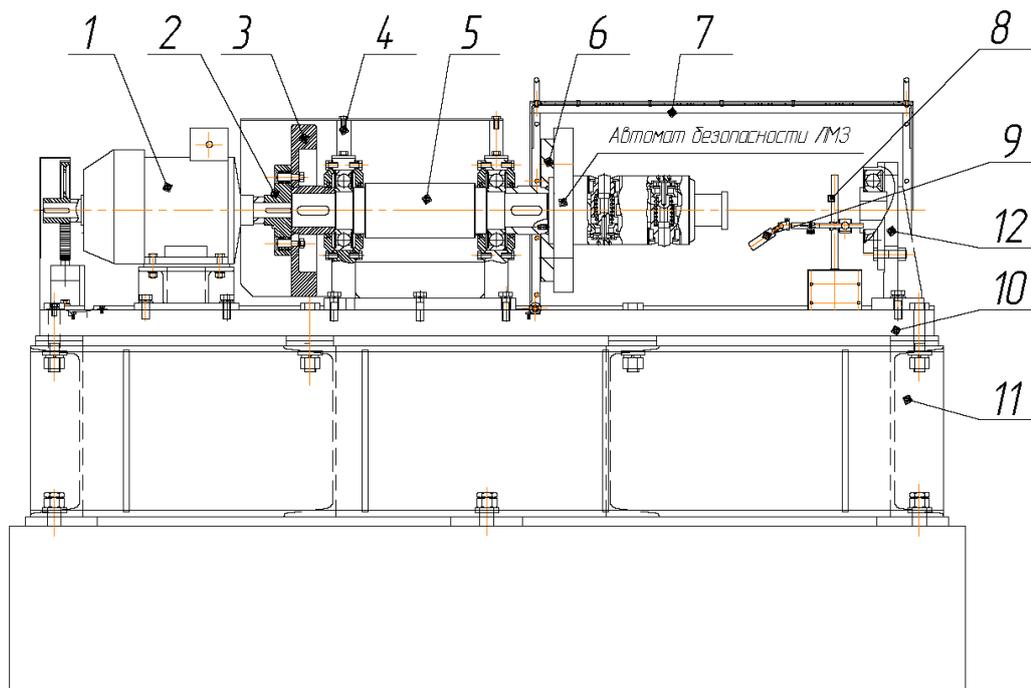


Рисунок 4 – Стенд для испытаний узлов и агрегатов автотранспортных средств

«Стенд работает способом, отображенном на принципиальной схеме установки на рисунке 5. Два гидравлических цилиндра 5 вибрирующей конструкции, раскачивают раму 3 с баками 1, 2, в присутствии которых действуют нагрузки на бак, происходящие при эксплуатации автомашины. Комплекс 6 проводит анализ измерений и предоставляет контроль над испытанием по значению измеряемых датчиками 7 виброускорений в ключевых точках лонжеронов рамы, баках, их креплениях. Благодаря системе контроля и управления вибрирующей поверхностью 19 гарантируется сохранение и баланс виброускорений в баках 1 и 2 в участках их крепления к раме 3. Порядок испытаний поддерживается за счет опции 18 применения каждого из 2-ух цилиндров в реальном времени также их синхронизации. Основной минус высокая сложность конструкции» [15].

«Существует установка для испытаний на усталость содержащая: корпус, торцевой и консольный захваты образца, электропривод вращения торцевого захвата, систему нагружения, содержащую эксцентрик с приводом вращения, подвеску шаровидного вида, соединённую с консольным захватом, также гибкий элемент, который состоит из: подвески с эксцентриком, гибкого компонента, сделанного в виде кольца. У установки имеется упор, установленный в кольце с возможностью взаимодействия с его внутренней стенкой и приводом вращения упора» [17].

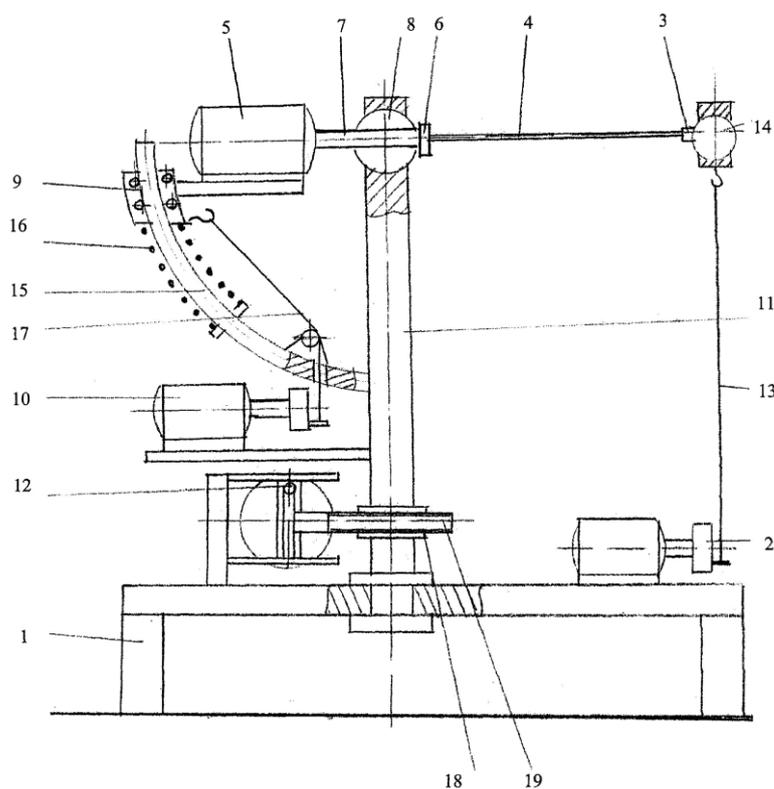


Рисунок 5 - Установка для испытания образцов на усталость

«Установка работает методом, описанным далее. Включают привод 5 захватом 2, вращают объект 4. Включают привод 7 через эксцентрик 6 и гибкий элемент 9 циклически нагружают консольный захват 3. Для конфигурации амплитуды перегрузки в циклическом режиме включают привод 11 и вращают упор 10. Упор 10 функционирует по очереди с разными

точками стенок кольца, после этого жесткость изменяется, происходит деформирования завитков эксцентриком и растет амплитуда нагружения образца. Для постепенного изменения амплитуды привод 11 включают периодически. Установка позволяет реализовывать испытания в разнообразных условиях: при устойчивых, ступенчатых, либо циклически изменяющихся амплитудах перегрузки. Основной минус значительная энергоёмкость» [17]

Оценка характеристик существующих стендов показывает их несоответствие техническому заданию, что предполагает необходимость разработки новой конструкции.

Разместить привод на стенде целесообразно одним из двух способов: в нижнем ярусе, как показано на рисунке 6, либо в вертикальном положении на одном уровне с испытуемым элементом, как представлено на рисунке 7.

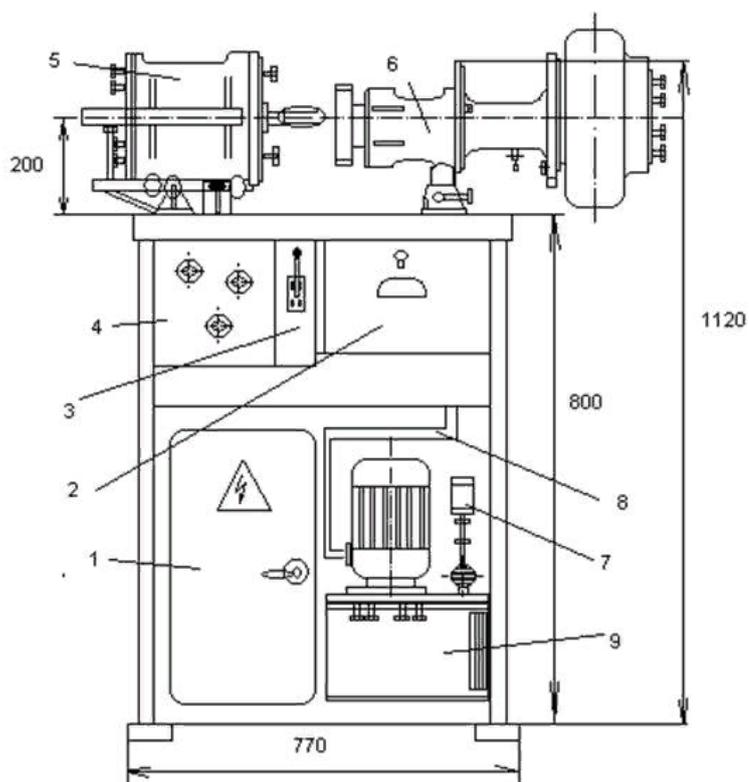


Рисунок 6 - Размещение привода в нижнем ярусе

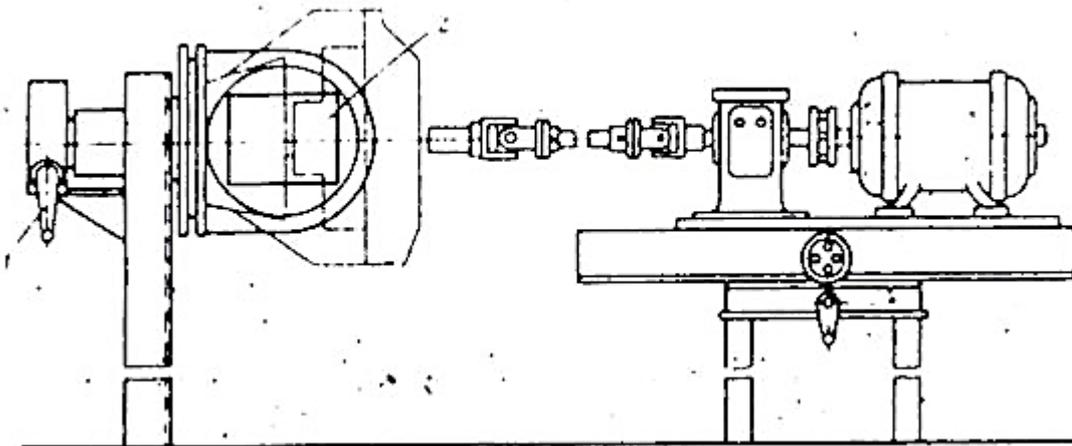


Рисунок 7 - Размещение привода в вертикальном положении

Первый способ подразумевает компактное размещение, но при этом усложняется монтаж конструкции стенда, доступ к элементам установки становится затруднительным. Соответственно, второй вариант удобен для монтажа и в то же время является более громоздким. Так как основным принципом разрабатываемой конструкции стенда является простота изменения его конфигурации, к дальнейшему рассмотрению принимаем второй вариант с размещением привода вертикально, на одном уровне с испытываемой деталью.

Чтобы минимизировать воздействие вибраций, возникающих при испытаниях на стенде в районе площадки для испытаний, датчик, фиксирующий число приложенных циклов, расположим на основной раме. Тем не менее определенная доля вибраций будет приходиться и на раму – данную проблему возможно решить изменением длины тросов, крепящих датчик, выбор наименее подверженного вибрации места в раме или применение эксцентриков. Так как третий вариант более дорогостоящий и сложный в применении, стоит остановиться на одном из первых вариантов.

Основой проектируемого стенда является рама, к которой будет осуществляется крепление всех составляющих элементов. Конструкцию, отвечающую должным показателям жесткости и функциональности, можно

изготовить из прямоугольного профиля – а на рисунке 8 или горячекатаных уголков - б на рисунке 8.

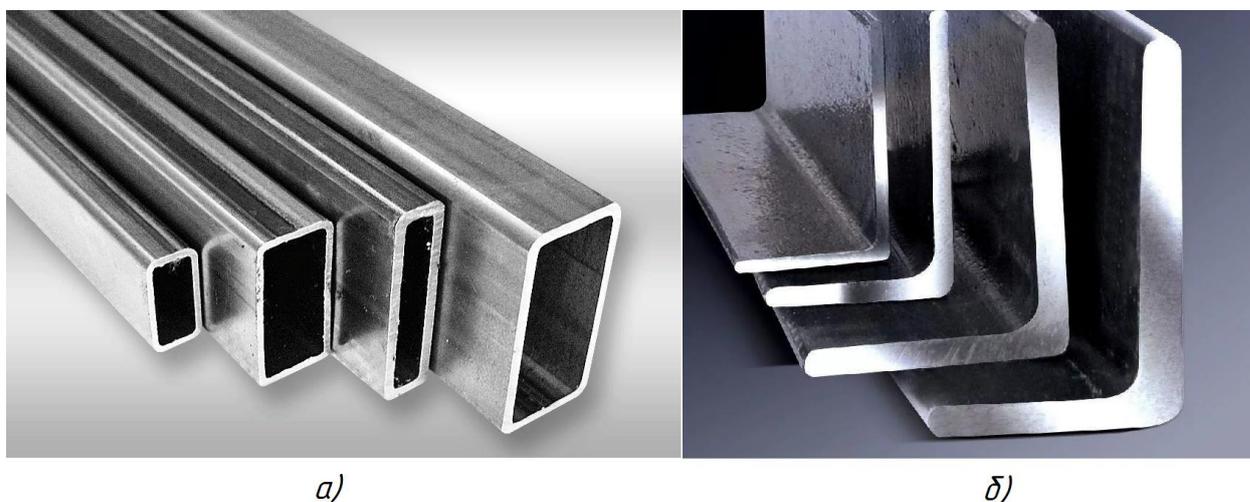


Рисунок 8 – Возможный материал изготовления рамы

«При проектировании габаритного оборудования особое внимание уделяется облегчению конструкции за счет применяемых материалов.» [17]

Анализируя рисунок 8 можно сделать вывод о том, что более легким будет вариант из прямоугольного профиля за счет меньшего поперечного сечения, таким образом, предварительно выбираем первый вариант.

Тип привода проектируемой установки выбирается на основании характеристик, указанных в техническом задании и предстоящего режима работы оборудования.

Самым современным на данный момент и превосходящим другие по множеству параметров, является электрический привод. Среди его преимуществ: небольшая масса и размеры, возможность плавного регулирования и автоматизированного управления.

Способы передачи движущей силы также различаются. Для данной работы стоит рассмотреть варианты цепной и ременной передачи. Первая представлена на рисунке 9, вторая на рисунке 10.

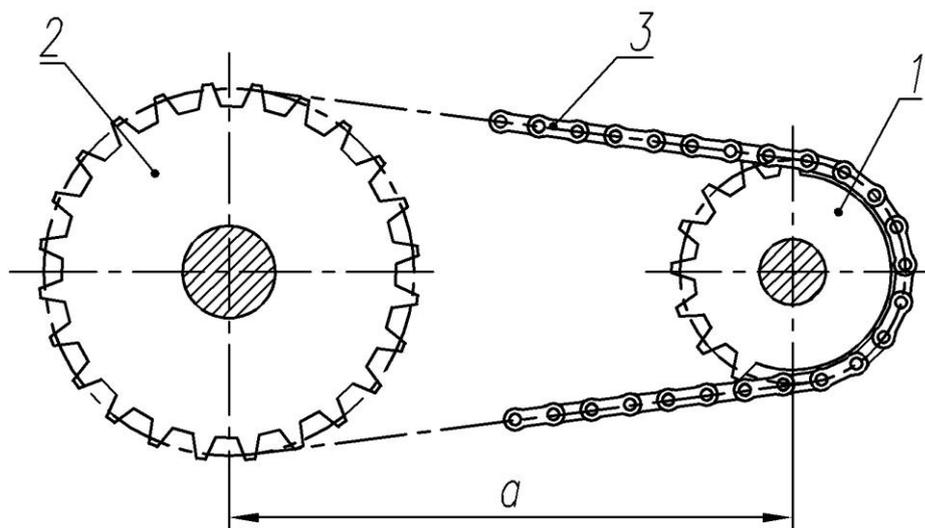


Рисунок 9 - Цепная передача

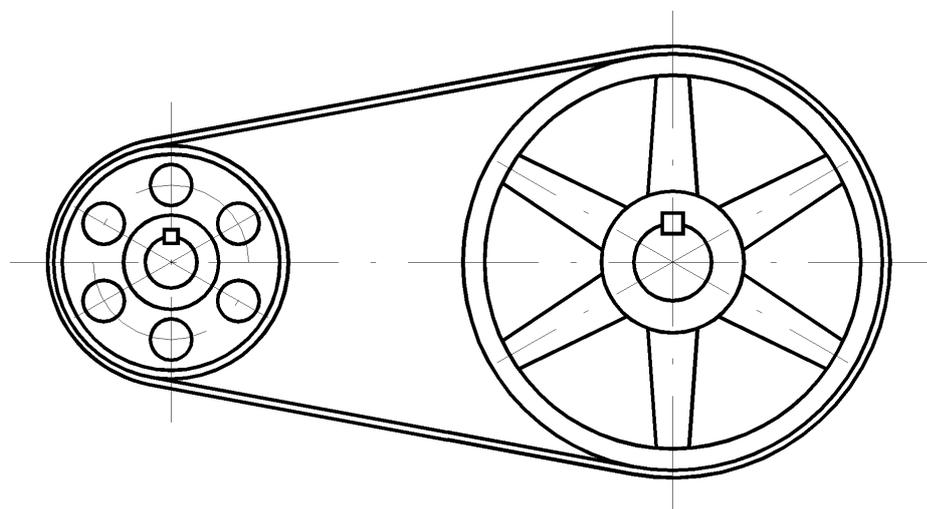


Рисунок 10 - Ременная передача

«Преимущества ременной передачи в сравнении с цепной заключаются в ее меньшей стоимости, простоте конструкции и создании меньшего. Самой распространенной в приводе является поликлиновая ременная передача, обладающая характеристиками целостности, гибкости и лучшего сцепления со шкивами.» [14]

Таким образом, останавливаем выбор на ременном механизме передачи.

Поликлиновой ремень состоит из элементов, представленных на рисунке 11.

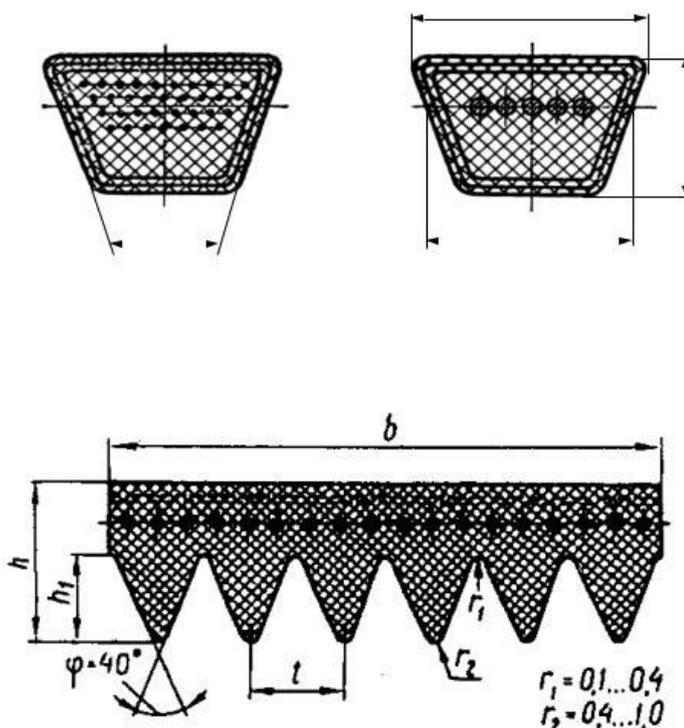


Рисунок 11 - Элементы поликлинового ремня

«Основа ременной передачи сделана из эластомера, имеющего полихлорпреновую основу и армированного поперечными волокнами.» [1]

Несущий слой состоит из высокопрочных композитных нитей, рассредоточенных по всей ширине и длине ремня, такие нити имеют малый коэффициент удлинения и плотно закреплены в основе. Данная технология изготовления ремней позволяет передавать относительно большие нагрузки, что делает данное приспособление незаменимым на протяжении уже многих лет. Несущий слой покрыт эластичным покрытием, подстраивающимся под нервноности и выдерживающий шероховатости контактных элементов без повреждения основной части ремня.

Количество циклов отсчитывает тензометрический датчик, пример которого изображен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Тензометрический датчик

Данное устройство имеет ряд преимуществ перед аналогами:

- простая конструкция;
- безынерционность;
- линейная и реверсивная статическая характеристика;
- небольшая масса и маленькие габариты;
- невысокая цена.

Подшипниковый узел выполнен на базе стандартного подшипника, применяемого в поворотном кулаке ВАЗ-2108. Он обладает следующими характеристиками конструкции: шариковый, радиально-упорный, двухрядковый, замкнутого вида. Двухрядковый подшипник можно монтировать с двух сторон, что является безусловным преимуществом.

2.3 Конструкторские расчеты

2.3.1 Расчет ременной передачи

Исходные данные: Мощность электродвигателя 1,5 кВт; $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$; $u = 3,6$; работа в две смены; расстояние между осями $a_{жс}$ 450 мм. Выполняем первичный расчет сечения ремня на основании значения мощности механизма привода.

Выбираем соответствующее значение сечения на рисунке 13.

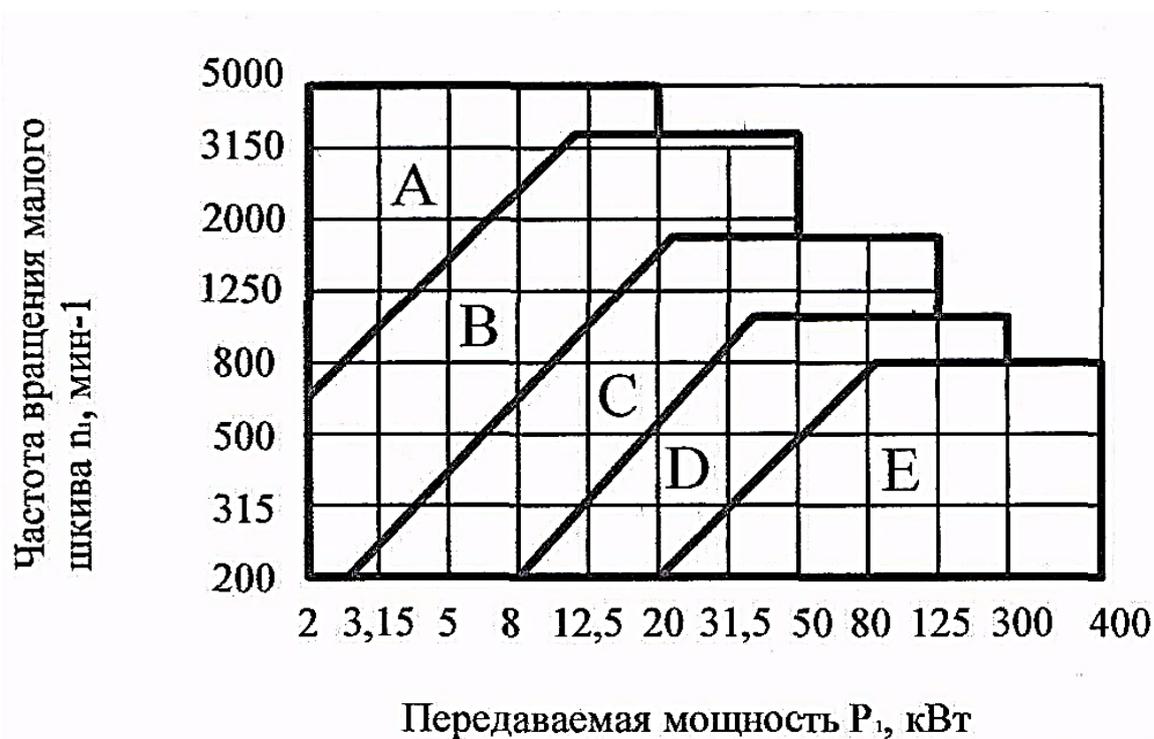


Рисунок 13 - Выбор сечения ремня по значению передаваемой мощности

Таблица 2 позволяет найти необходимый диаметр шкива d_{b1} , мм, в соответствии с выбранным сечением.

Таблица 2 – Параметры поликлиновых ремней

Обозначение	PH	PJ	PK	PL	PM
Шаг ребер, s , мм	1,7	2,4	3,7	4,8	9,5
h ремня, мм	2,9	4,2	5,6	9,2	14,4
Нейтральный слой, h_b , мм	0,9	1,3	1,6	3,1	4,1
Мин. диаметр шкива, d_b , мм	14	21	46	76	181
Макс. скорость, V_{max} , м/с	61	61	51	41	36
Диапазон длины, L , мм	1141 - 2405	357 - 2490	528 - 2551	992 - 2236	2287 - 16765

Используем $d_{b1} = 61$

Вычисляем диаметр второго шкива по формуле 1:

$$d_{b2} = d_{b1} \cdot u \quad (1)$$

$$d_{b2} = 60 \cdot 3,6 = 217 \text{ мм.}$$

Находим длину поликлинового ремня по формуле 2:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot d_{b1} + d_{b2} + \frac{(d_{b2} - d_{b1})^2}{4 \cdot a} \quad (2)$$

$$L = 2 \cdot 450 + \frac{3,141}{2} \cdot 60 + 216 + \frac{(216 - 60)^2}{4 \cdot 450} = 1397,05 \text{ мм}$$

Для сечения PK используем стандартное значение $L = 1398$ мм.

По формуле 3 определяем межосевое расстояние:

$$a = \frac{1}{4} \cdot \left[L - \frac{d_{b1} + d_{b2}}{2} \cdot \pi + \left(L - \frac{d_{b1} + d_{b2}}{2} \cdot \pi \right)^2 - 2 \cdot (d_{b2} - d_{b1})^2 \right] \quad (3)$$

$$a = \frac{1}{4} \cdot 1397 - \frac{60 + 216}{2} \cdot 3,141 + \left(1397 - \frac{60 + 216}{2} \cdot 3,141 \right)^2 - 2 \cdot (216 - 60)^2 = 445 \text{ мм}$$

Следует предусматривать координаты места x и y , мм с целью натяжения ремня в ходе эксплуатации также для надевания ремня в шкивы y , мм. Находим его по формуле 4:

$$x = \frac{0,008 \cdot L}{\sin \frac{\beta}{2}} \quad (4)$$

где β - угол обхвата наименьшего шкива, определяется по формуле 5:

$$\beta = 2 \cdot \arccos \cdot \left[\frac{(d_{b2} - d_{b1})}{2 \cdot a} \right], \quad (5)$$

$$\beta = 2 \cdot \arccos \cdot \left[\frac{(216 - 60)}{2 \cdot 445} \right] = 160^\circ$$

$$x = \frac{0,008 \cdot 1397}{\sin \frac{160}{2}} = 11,348 \text{ мм}$$

Находим y по формуле 6:

$$y = \frac{0,005 \cdot L \cdot h_f \cdot \frac{\beta}{360}}{\sin \frac{\beta}{2}}, \quad (6)$$

где h_f - коэффициент высоты сечения.

Таблица 3 - Коэффициент высоты h_f

Сечение ремня	PH	PJ	PK	PL	PM
Коэффициент высоты, h , мм	1,6	2,6	4	7	12

$$y = \frac{0,005 \cdot 1397 \cdot 3 \cdot \frac{160}{360}}{\sin \frac{160}{2}} = 9,457 \text{ мм}$$

Вычисляем окружную скорость V , м/с по формуле 7:

$$V = \frac{3,141 \cdot 60 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1500}{60 \cdot 1000} = 4,948 \text{ м/с} \quad (6)$$

$$V = \frac{3,141 \cdot 60 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1500}{60 \cdot 1000} = 4,948 \text{ м/с}$$

$$V = 4,948 \text{ м/с} < [V] = 50 \text{ м/с}$$

Согласно условию, срок службы ремня составляет 1000÷5000 ч. Производим расчет возможной мощности, передаваемой поликлиновым ремнем с 10 клиньями P_n , кВт по формуле 7:

$$P_n = P_0 \cdot C_p \cdot C_\alpha \cdot C_l, \quad (7)$$

где, P_0 - допускаемая мощность, которая передается одним ремнем с десятью клиньями, кВт;

$$P_0 = 1,8 \text{ кВт};$$

C_p - коэффициент времени работы и динамичности нагрузки;

$C_\alpha = 0,9$ для спокойной нагрузки, при работе в две смены;

$C_\alpha = 0,92$ при $\beta = 160$;

$C_l = 1$.

$$P_n = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot 1 = 1,49 \text{ кВт}$$

По формуле 8 вычисляем количество клиньев ремня, шт:

$$z = 10 \cdot \frac{P_{ном}}{P_n}, \quad (8)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

$$z = 10 \cdot \frac{1,5}{1,49} = 10,06 \text{ шт.}$$

Используем $z = 10$.

По формуле 9 определяем силу предварительного натяжения F_0 , Н:

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_{ном} \cdot C_L}{V \cdot C_a \cdot C_\rho}; \quad (9)$$

$$F_0 = \frac{850 \cdot 1,5 \cdot 1}{4,948 \cdot 0,92 \cdot 0,92} = 311,2 \text{ Н}$$

По формуле 10 определяем окружную силу, которая передается ремнем, F_t , Н:

$$F_t = P_{ном} \cdot 10^3 / V; \quad (10)$$

$$F_t = 1,5 \cdot \frac{10^3}{4,948} = 303,152 \text{ Н}$$

По формуле 11 производят расчет ширины ремня, мм:

$$b = \frac{F_t}{\delta \cdot [k]}, \quad (11)$$

где $[k]$ - допускающаяся удельная окружная сила, МПа;

Для резинотканевых ремней используем $k = 2,25$ Мпа

δ - толщина ремня, мм

Для резиноканевых ремней устанавливаем $\delta = 2,5$ мм

$$b = \frac{303,152}{2,5 \cdot 2,25} = 53,89 \text{ мм.}$$

Для получения эластичности ремня, ширину округляем до $b = 63$ мм.
По формуле 12 определяем площадь поперечного сечения A , мм²:

$$A = b \cdot \delta; \quad (12)$$

$$A = 63 \cdot 2,5 = 157,5 \text{ мм}^2.$$

По формуле 13 определяется прочность ремня по наивысшим напряжениям в сечении ведущей ветви σ_{max} , МПа:

$$\sigma_l = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2 \cdot A}; \quad (13)$$

$$\sigma_l = \frac{311,2}{157,5} + \frac{303,152}{2 \cdot 157,5} = 2,93 \text{ МПа}$$

σ_u - напряжение изгиба, МПа, определяется по формуле 14;

$$\sigma_u = E_u \cdot \frac{H}{d_{b1}}, \quad (14)$$

где E_u - модуль значения упругости на изгибе, МПа;

Для прорезиненных ремней применяем $E_u = 90$ МПа;

H – высота сечения ремня;

$H = 5$ мм.

$$\sigma_u = 80 \cdot \frac{5}{60} = 5,33 \text{ МПа}$$

σ_v – напряжение, создаваемое центробежными силами, МПа, рассчитывается по формуле 15:

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (15)$$

где ρ - плотность материала, кг/м³;

Для ремня используем; $\rho = 1300$ кг/м³;

$$\sigma_v = 1300 \cdot 4,948^2 \cdot 10^{-6} = 0,0318 \text{ МПа}.$$

$[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение растяжения, МПа.

Используем $[\sigma]_p = 9$ МПа для ремня.

$$\sigma_{max} = 2,93 + 5,33 + 0,0318 = 8,291 \text{ МПа} < [\sigma]_p = 9 \text{ МПа}$$

Условие выполняется. По формуле 16 находим расчетную долговечность ремня H_0 :

$$H_0 = \frac{\sigma_{-1}^6 \cdot 10^7 \cdot C_u \cdot C_H}{\sigma_{max}^6 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot U}, \quad (16)$$

где σ_{-1} - лимит показателя выносливости материала ремня, МПа;

Для прорезиненных ремней используем $\sigma_{-1} = 9$ МПа

C_u - коэффициент, принимающий влияние передаточного числа ременной передачи, рассчитывается по формуле 17:

$$C_u = 1,5 \cdot \bar{u} - 0,5; \quad (17)$$

$$C_u = 1,5 \cdot 3,6 - 0,5 = 1,798$$

C_H - коэффициент нагрузки.

Используем $C_H = 1$ при постоянной нагрузке.

U – число пробегов ремня в секунду, c^{-1} , определяется по формуле 18:

$$U = \frac{V}{L}; \quad (18)$$

$$U = \frac{4,948}{1,397} = 3,541 c^{-1}$$

$$H_0 = \frac{9^6 \cdot 10^7 \cdot 1,798 \cdot 1}{8,291^6 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 3,541} = 1153,83 ч.$$

2.3.2 Расчет троса на прочность

Соотношение, показывающее прочность троса, определяется формулой 19:

$$\frac{N}{A} \leq R_{dh} \cdot \frac{\gamma_c \cdot \gamma_b}{\gamma_n}, \quad (19)$$

где N - нагрузка испытания тросом, Н;

$N = 1500$ Н;

A = площадь сечения троса, $мм^2$, находим по формуле 20:

$$A = \pi \cdot R^2; \quad (20)$$

$$A = 3,141 \cdot 1,5^2 = 22,206 мм^2;$$

R_{dh} - расчетное сопротивление каната, находим по формуле 21:

$$R_{dh} = 0,63 \cdot R_{un} \quad (21)$$

где R_{un} - минимальное временное сопротивление проволоки разрыву по государственным стандартам или техническим условиям.

Примем $R_{un} = 390$ МПа для стальной проволоки 0,8 кПа группы 1.

$$R_{dh} = 0,63 \cdot 390 = 245,7 \text{ МПа}$$

γ_c - коэффициент общих условий работы канатного элемента;

$$\gamma_c = 1;$$

γ_n - коэффициент условий работы, показывающий, что концевые анкерные крепления и промежуточные концентраторы напряжений влияют на прочность каната;

$$\gamma_n = 1.$$

$$\frac{1500}{7,068} \leq 245,7 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1},$$

$$212,224 \text{ МПа} \leq 245,7 \text{ МПа}.$$

Результат расчета соответствует заданным условиям.

2.3.3 Проверка долговечности подшипников

Используем подшипник передней ступицы 256907, его технические параметры: динамическая грузоподъемность: 31,5 кН;

Производим расчет долговечности подшипника по формуле 22:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (22)$$

где C – динамическая грузоподъемность, кН;

P – эквивалентная динамическая нагрузка, кН.

Динамическая нагрузка стенда принимает значения от 0,5 до 1,5 кН, таким образом, выбираем среднюю нагрузку около 1 кН;

p - индекс, зависит от конструкции подшипника;

Принимаем для шариковых подшипников $p = 3$

$$L_{10} = \left(\frac{31,5}{1} \right)^3 = 31255,87 \text{ ч.}$$

2.4 Руководство по эксплуатации испытательного стенда

«Одним из ключевых факторов, влияющих на надежность и долговечность эксплуатации стенда, является работа с ним специально обученного персонала, понимающего принцип работы установки, умеющего справляться с экстренными ситуациями в случае их возникновения. Грамотный подход к эксплуатации стенда – гарант его сохранности и максимально длительного срока службы. Обучение персонала для работы со стендом осуществляется на основании специально разработанных инструкций, содержащих принцип работы механизма, перечень экстренных ситуаций и правильный выход из них.» [14]

К работе на стенде допускаются люди, ознакомившиеся с технической документацией, прошедшие подготовку и инструктаж по технике безопасности.

«Техническим обслуживанием стенда, а также выполнением ремонтных работ различного характера может заниматься исключительно обученный персонал, ознакомленный с сопутствующей технической документацией и имеющий квалификацию по работе с данного типа оборудованием не ниже третьей категории.» [3]

2.4.1 Назначение стенда

В процессе эксплуатации транспортного средства растяжка рычага передней подвески испытывает воздействие циклических нагрузок. В определении силы и характера данного воздействия, а также в проверке способности, рассматриваемой детали, выдерживать эти нагрузки и заключается функционал проектируемого стенда.

По характеру климатической ориентированности, предполагается конструкция стенда внутренней установки, подробнее об этом в пункте 2.4.3.

2.4.2 Технические характеристики стенда

Основные технические характеристики проектируемого стенда сведены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики испытательного стенда

Параметры	Значение параметров
Тип стенда	Стационарный
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Закон нагружения	Синусоидальный
Частота нагружения, Гц	3
Нагрузка цик, кН	От 0,5 до 1,5
Габариты, мм	1392x1375x425

2.4.3 Состав изделия

Состав и комплект изделия приведён в таблице 5.

Таблица 5 - Состав изделия

Наименование	Количество
Электрический двигатель	1
Рама	1
Датчик	1
Частотный регулятор	1
Устройство для нагружения	1
Метизы	
Инструкция по монтажу	1
Паспорт	1
Руководство по эксплуатации	1

Эксплуатация испытательного стенда может проводиться при различных климатических условиях. Для данной конструкции определена маркировка У2, в соответствии с действующим ГОСТ 15150-69.

Данная категория оборудования обладает характеристиками, отображенными в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика категории У2

Климатический фактор	Значение
Температура окружающей среды	+5 °С - 30 °С
Атмосферное давление	75,6 – 106,7
Относительная влажность воздуха	до 100% при t=25°С

Согласно стабильности к механическим воздействиям – Исполнение устройств - обыкновенное по ГОСТ 12997-84.

Приборы соответствуют всем условиям, гарантирующим защищенность покупателя в соответствии с ГОСТ 26104, ГОСТ 12.2.007.0.

2.4.4 Устройство стенда

К конструктивным элементам проектируемого стенда относятся следующие компоненты: привод, рама, площадка для испытаний.

На начальных стадиях разработки конструкции были выявлены недостатки существующих моделей, на основании чего приняты решения по оптимизации конструкции.

Общая компоновка стенда показана на рисунке 14.

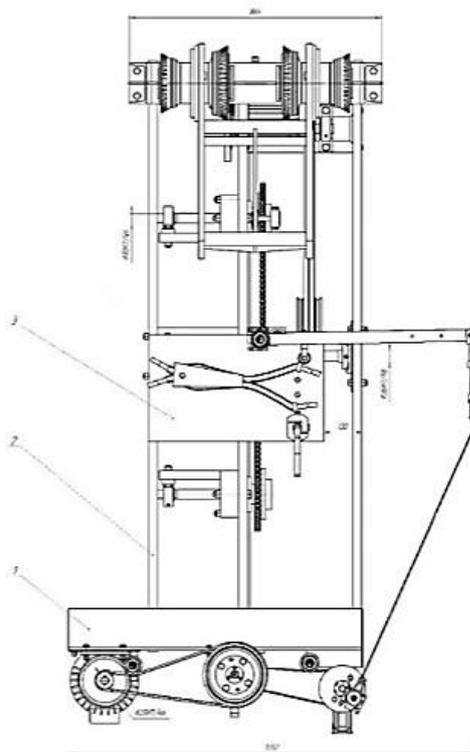


Рисунок 14 – Общая компоновка испытательного стенда

Привод стенда показан на рисунках 15, 16, 17.

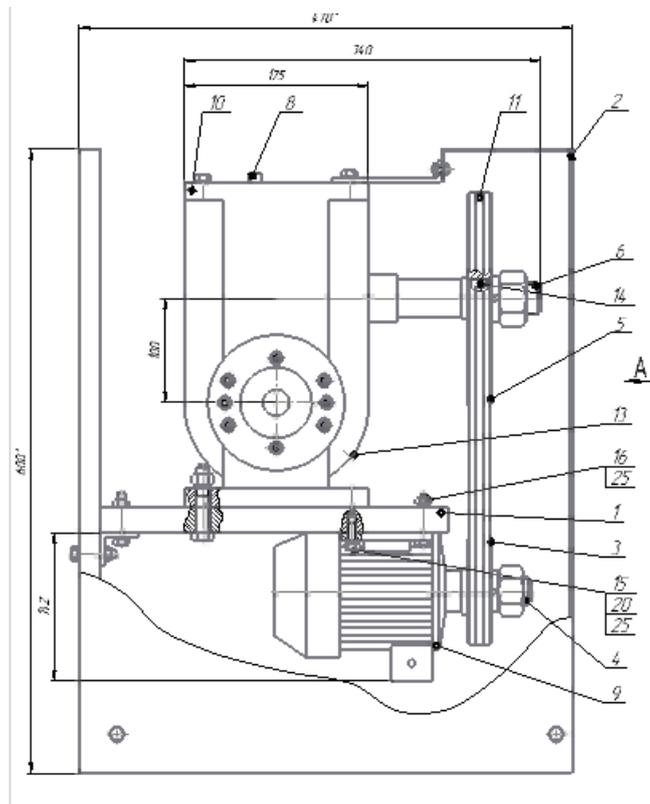


Рисунок 15 - Привод стенда (вид спереди)

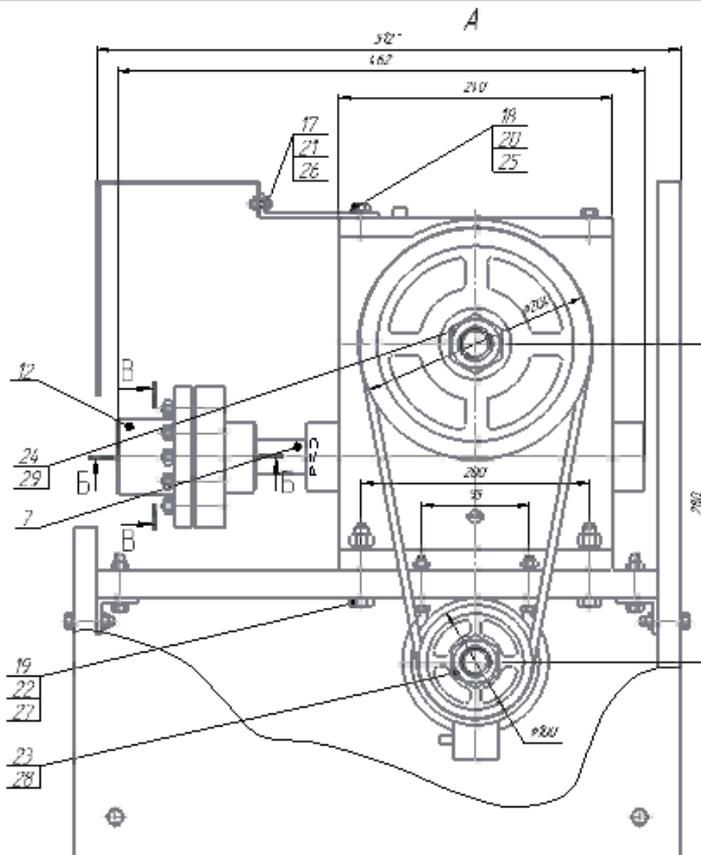


Рисунок 16 - Привод стенда (вид сбоку)

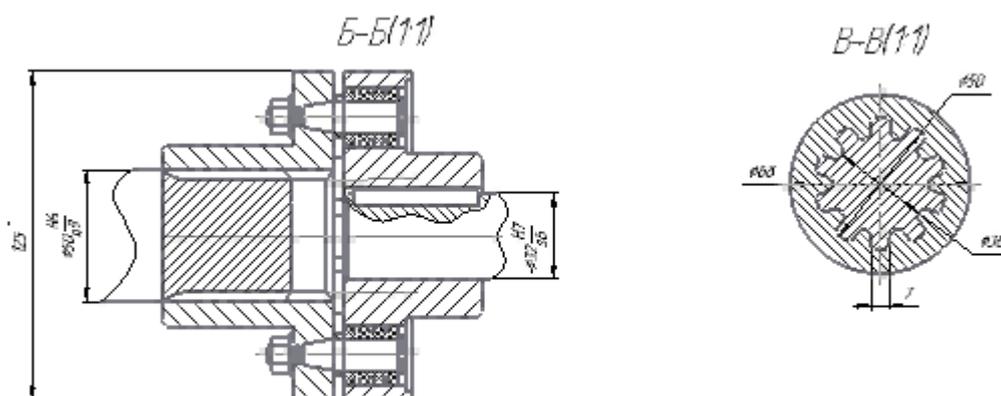


Рисунок 17 - Привод стенда (вид в разрезе)

Стенд имеет раму, выполненную из металлопроката. На раму поставлен привод, который состоит из: электрического двигателя 8,

ременных передач 3,4, поворотных кулаков с подшипниковыми узлами 1, шкивов, шатуна 6, троса, с функцией регулирования длины, для корректирования величины нагрузки, стола для прикрепления растяжек, датчика для подсчёта циклов.

Площадка для тестирования растяжек, представленная на рисунке 18 предназначена для крепления растяжек.

Перед началом испытания ведутся проверки в отсутствии растяжек с целью определения, необходимых технических условий (напряжение по синусоидальному закону; частота циклов нагружения – 3 Гц; циклическая нагрузка – 0,5 - 1,5 кН).

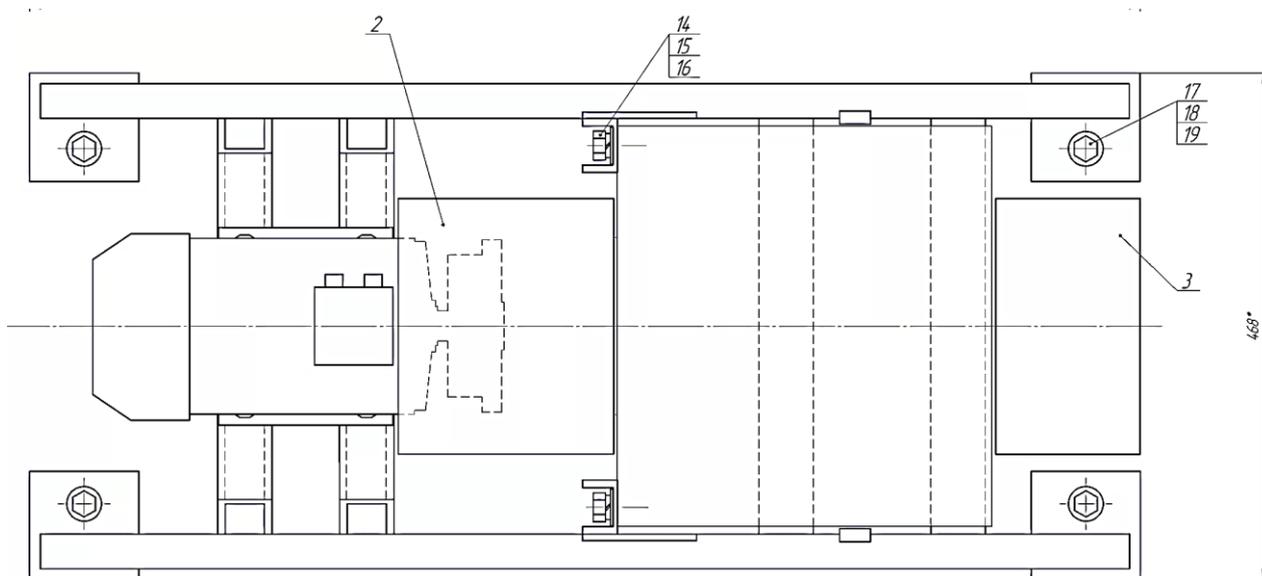


Рисунок 18 – Площадка для испытаний

«Частотным регулятором задается скорость вращения электрического двигателя, требуемая частота нагружения. Растяжки перед тестированием объединяют с помощью металлических пластинок, а также электродуговой сваркой и фиксируются при помощи болта в площадке для испытаний.» [26]

2.4.5 Расположение и монтаж стенда

Устройство данной конструкции предлагается для размещения в испытательных лабораториях. Критериями для установки являются наличие гладкой горизонтальной поверхности, а также соответствие климатическим условиям, указанным ранее. Все элементы корпуса и детали должны быть заземлены перед вводом в эксплуатацию.

2.4.6 Подготовка стенда к работе

Перед непосредственной эксплуатацией после длительного хранения или перевозки необходимо произвести подготовку стенда к работе. Во время подготовительных работ оборудование испытательного стенда должно быть обесточено, если не предусмотрено иных ситуаций, указанных в технической документации. В перечень подготовительных работ входит:

- Снятие консервационной смазки, при наличии;
- Проверка надежности крепежных соединений;
- Проверка правильности работы частотного регулятора;
- Проверка наличия заземления корпуса и иных элементов стенда;
- Проверка работоспособности элементов испытательного стенда.

2.4.7 Порядок работы на стенде

Порядок работы определяется следующим алгоритмом:

1. Фиксация растяжки передней подвески на испытательной площадке;
2. Запуск электродвигателя с предварительным выбором управляющей частоты;
3. Определение наружной частоты вращения;
4. Ежечасная фиксация полученных результатов.

2.4.8 Меры безопасности при работе на стенде

«Для получения допуска к работе со стендом, работник должен быть ознакомлен с конструкцией стенда, ее особенностями и опасными элементами, должен быть проведен инструктаж по технике безопасности при

работе с данной установкой. Также работник должен соблюдать технику пожарной безопасности и знать маршрут возможной эвакуации в случае возникновения опасной для жизни ситуации.» [24]

Лицам, допущенным к выполнению испытаний на упомянутом стенде необходимо предоставить средства индивидуальной защиты от пыли, получения физических травм, шума и ультрафиолетового излучения, в зависимости от ситуации.

Установка, имеющая электрический привод должна быть непременно заземлена, при совершении на ней каких либо работ. Ремонт оборудования возможен только при отключенном двигателе. Все движущиеся часть стенда должны быть изолированными защитными кожухами.

Лицу, эксплуатирующему стенд, категорически запрещается курение на рабочем месте, а также производство работ, связанное с возникновением открытого огня.

2.4.9 Окончание работ и техническое обслуживание

По завершении испытаний, необходимо соблюдать следующие требования, для обеспечения безопасности:

- произвести отключение двигателя;
- после любого рода вмешательства в конструкцию оборудования, произвести проверку болтовых и иного вида соединений в целях обеспечения безопасности труда.

2.4.10 Техническое обслуживание стенда

Меры безопасности:

- К работе со стендом допускается персонал, ознакомленный с действующим руководством по эксплуатации.
- Меры по безопасной работе с устройством находятся в п. 2.4.9.

2.4.12 Порядок технического обслуживания

Периодичность технической проверки оборудования обусловлена характером производимой проверки. Так, проверка перед эксплуатацией производится непосредственно перед началом работ, и частота ее зависит от частоты включения стенда. Точная периодичность отображена в таблице 6, за исключением, кроме того, проверки выполняются по завершении монтажных работ узлов и агрегатов установки, по завершении работ по ремонту узлов и агрегатов оборудования, а также после долгого перерыва в работе оборудования.

«Ежедневное обслуживание стенда производится операторами. К периодическому обслуживанию также проведению предупредительных работ допускается персонал, изучивший техническую документацию, а также имеющий квалификационную группу, в соответствии с техникой безопасности, не ниже третьей. Ежедневное техническое обслуживание в ходе эксплуатации проводится, так как необходимо содержать узлы, аппаратуру и конструкции стенда в чистоте. Перед работой, необходимо проконтролировать защищенность соединения органов управления, защищенность соединения разъемов.» [12]

«Система планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудования – система технических и организационных мероприятий, направленных на поддержание и (или) восстановление эксплуатационных свойств технологического оборудования и устройств в целом и (или) отдельных единиц оборудования, конструктивных узлов и элементов.» [13]

Данный вид работ относится к числу повторяемых каждый год с целью поддержания работоспособности и надлежащего состояния оборудования, производится оценка его состояния с технической точки зрения. Учитывается качество крепежей и соединение, натяжение ременной передачи, надлежащее состояние пайки и сварки в контактных частях, безопасность оборудования, в том числе электрическая.

Если на компоненте станда появится ржавчина, следует произвести чистку и покрыть данное место защитной эмалью. Необходимо производить визуальный осмотр оборудования с проверкой наличия его составных частей. В целях чистки и обработки следует воздержаться от использования сильнодействующих органических химикатов, способных нарушить целостность внешнего покрытия оборудования.

Обслуживание компонентов конструкции ведется в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Обслуживание элементов конструкции станда

Частота обслуживания	Содержание работ	Материалы для проведения работ.	Приборы, инструменты
Каждый день	Визуальная проверка соединений, регулировка крепежа, в случае необходимости	-	Гаечные ключи, ветошь
1 раз в 3 – 5 дней	Проверка и, при необходимости, подтягивание приводных ремней	-	Гаечные ключи
Один раз в 6 месяцев	Замена ремней	-	Гаечные ключи

Текущий ремонт

«Под текущим ремонтом подразумевается ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности оборудования и состоящий в замене или восстановлении отдельных узлов и деталей оборудования.» [19]

В таблице 7 приведены основные причины сбоев в работе оборудования, в частности привода испытательного станда.

Таблица 7 – Возникновение неисправностей и способы их устранения

Неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
1. Не осуществляется пуск электродвигателя, при этом создается гулкий шум	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нестабильность питающего напряжения. 2. Обрыв фазы в обмотке статора, в питающих проводах. 3. Нарушение фазности. 4. Заклинивание приводимого механизма. 5. Перегрузка двигателя. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранение неисправности сети, установление номинальных значений ее параметров. 2. Поиск и устранение обрыва. 3. Проверка соединения фаз. 4. Устранение неисправности. 5. Снижение нагрузки до номинальной.
2. Вращение двигателя с низкой частотой	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отключение одной фазы при эксплуатации 2. Снижение питающего напряжения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранение неисправности в сети. 2. Установление номинальных значений параметров питающей сети
3. Возникновение сильной вибрации при работе двигателя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Несоосность валов. 2. Отсутствие балансировки деталей привода. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранение несоосности валов. 2. Балансировка деталей привода.
4. Останов двигателя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перерыв питания. 2. Снижение питающего напряжения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранение неисправности питающей сети. 2. Установление номинальных значений параметров сети
5. Обрыв ремня	Износ ремня	Замена ремня
6. Обрыв троса	Износ троса	Замена троса

Данный вид ремонта подразумевает под собой техническое обслуживание узлов и агрегатов оборудования.

2.4.13 Хранение комплектующих стенда

«Хранения объектов данного типа осуществляется в заводской упаковке, обеспечивающей сохранность элементов агрегата, подверженных негативному воздействию окружающей среды. В помещениях, в которых осуществляется хранение оборудования должны соблюдаться климатические нормы, указанные в ГОСТ 15150-69 под литерой «Л». Кроме того, помещения, отведенные для хранения, должны исключать наличие агрессивной пыли, различного рода кислот и щелочей, а также газов, способных повредить детали и механизмы конструкции.» [12]

2.4.15 Перевозка узлов, механизмов и агрегатов стенда

«Перевозка производится в специальной транспортной таре, при соблюдении требований, описанных в следующей технической и эксплуатационной документации:

- ГОСТ 23170-78 для условий транспортирования «С»;
- «Технические условия погрузки и крепления грузов»;
- «Общие специальные правила перевозки грузов.» [7]

Выводы по разделу:

В разделе на основании поставленного технического задания произведены расчеты по требуемым характеристикам, среди которых: расчёт ременной передачи, расчет троса на прочность, произведена проверка долговечности подшипников. Кроме того составлено подробное руководство по эксплуатации испытательного стенда.

3 Технологический процесс испытания растяжки передней подвески

3.1 Назначение растяжки передней подвески легкового автомобиля

«Растяжка нижнего рычага передней подвески, показанная на рисунке 19, предназначена для принятия боковой нагрузки от колес при совершении поворотов и иных маневров, таким образом, снижется нагрузка на плечо рычага, к которому крепится непосредственно растяжка и увеличивается прочность крепления элементов подвески.» [21]

Растяжка крепится к рычагу и поперечине передней подвески, фиксируется крепежными штырями таким образом, чтобы была возможность настройки положения рычага к поперечине. Конструкция принимает на себя основные усилия от совершения маневров, а значит работает в режиме регулярных перегрузок, этим и обусловлена необходимость их испытания.

Материалом изготовления растяжки является сталь легированная, окрашенная антикоррозийной краской, защищающей сплав от пыли и влаги.



Рисунок 19 – Растяжка передней подвески

3.2 Технологическая карта испытаний растяжки подвески

Общая трудоёмкость составляет 31,2 чел. - мин (0,52 чел.-ч.). Работы такого характера должен осуществлять специалист в должности инженера-испытателя.

Таблица 8 - Технологическая карта

Наименование операции, перехода	Кол-во точек воздействия	Приборы и инструменты	Трудоемкость, мин	Технические требования
1 Подготовка растяжки к испытанию			18	
1.1 Изготовление соединительных пластин	2	Сверлильный станок, молоток, кернер	12	Размеры пластин согласно требованиям чертежа
1.2 Приваривание пластин к растяжкам	8	Сварочный аппарат	6	
2 Установка растяжки			3	
2.1 Фиксация растяжки передней подвески на стенде	2	2 ключа на 10 мм	1,5	
2.2 Крепеж троса на устройстве для нагружения	2	2 ключа на 8 мм	1,5	
3 Настройка стенда			7,5	
3.1 Запуск электрического двигателя	1		0,5	
3.2 Установка частоты вращения для настройки нагрузки	1	Частотный регулятор	1	1 Гц
3.3 Нагрузка растяжки	1		2	min нагрузка 0,5 кН, max нагрузка 1,5 кН
3.4 Установка частоты нагружения	1	Частотный регулятор	3	3 Гц
3.5 Проверка величины нагрузки	1	Тензометрический датчик	1	min нагрузка 0,5 кН, max нагрузка 1,5 кН
4 Испытания			3	
4.1 Каждый час производится контроль нагрузки и количества циклов	1		3	min нагрузка 0,5 кН, max нагрузка 1,5 кН
5 Завершение испытаний			4	
5.1 При достижении 2.000.000 циклов, выключение электрического двигателя	1		0,5	
Примечание: при разрушении растяжки зафиксировать количество циклов				
5.2 Съем троса с устройства для нагружения	2	Два ключа на 8 мм	1,5	
5.3 Съем растяжки передней подвески со стенда	2	Два ключа на 10 мм	2	

Выводы по разделу:

В данном разделе определено назначение испытательного стенда, а также составлена технологическая карта проведения испытаний растяжек передней подвески легкового автомобиля, определяющая в дальнейшем технологию эксплуатации стенда.

4 Безопасность и экологичность объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика стенда

Технологический паспорт стенда для проведения испытаний растяжек передней подвески представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Технологический паспорт стенда

Тех. процесс	Тех. операция, вид выполняемых работ	Должность работника, выполняющего тех. процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
Испытание растяжки рычага передней подвески методом циклических нагружений	1 Подготовка растяжки к испытанию	Слесарь по ремонту автомобилей	Испытательный стенд	Ветошь
	2 Установка растяжки			
	3 Настройка стенда			
	4 Испытания			
	5 Завершение испытаний			

Перечень технологических операций из представленного перечня рассматриваем в следующем пункте с точки зрения наличия сопутствующих производственных рисков.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 10 – Перечень профессиональных рисков на техническом объекте

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
1 Подготовка растяжки к испытанию	<p>Физические опасные и вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности оборудования; – движущиеся машины и механизмы; – подвижные части производственного оборудования; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенный уровень ультрафиолетовой радиации. 	<p>Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности станда. Сверлильный станок. Молоток, кернер. Сварочный аппарат.</p>
2 Установка растяжки 3 Настройка станда	<p>Физические опасные и вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности. 	<p>Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности станда</p>
4 Подготовка установки к работе	<p>Физические опасные и вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности оборудования; – движущиеся машины и механизмы; – подвижные части производственного оборудования; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенная напряженность электрического поля 	<p>Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности станда. Устройство для нагружения растяжки, привод станда. Электродвигатель, провода.</p>

Продолжение таблицы 10

1	2	2
Испытания	Физические опасные и вредные производственные факторы: – острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности стенда. Устройство для нагружения растяжки, привод стенда. Электродвигатель, провода.
	Нервно-психические перегрузки: – умственное перенапряжение; – перенапряжение анализаторов; – монотонность труда.	Контроль за проведением испытаний
6 Завершение испытаний	Физические опасные и вредные производственные факторы: – острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности стенда.

Наличие профессиональных рисков, описанных в таблице 10, предполагает необходимость разработки мероприятий по их недопущению.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 11 – Методы снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов на человека

Опасного и / или вредный произв. фактор	Организационные методы и тех. средства защиты, снижения, устранения опасного и/или вредного произв. фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов и оборудования.	Рациональная планировка участка и расстановка оборудования, инструктаж, предупреждающие знаки, использование сертифицированного оборудования и инструмента	Спецодежда (куртка, брюки, фартуки, комбинезоны, рукавицы, перчатки, ботинки)
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Рациональная планировка участка и расстановка оборудования, инструктаж персонала, установка предупреждающих знаков и табличек, установка ограждений	Спецодежда (куртка, брюки, фартуки, комбинезоны, рукавицы, перчатки, ботинки)

Продолжение таблицы 11

1	2	3
Повышенная напряженность электрического поля, возможность поражения электрическим током	Оформление допуска к работе, надзор во время работы, четкое производство отключений, инструктаж по работе с электроустановками, защитное заземление, предохранительные устройства, знаки безопасности, дистанционное управление стендами	Спецодежда (куртка, брюки, фартуки, комбинезоны, рукавицы, перчатки, ботинки)
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Уменьшение шума в источнике шума (смазывание трущихся деталей), покупка оборудования с наименьшим уровнем шума, использования противошумных кожухов	СЗ органов слуха (наушники, противошумные шлемы, противошумные вкладыши)
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	Оформление допуска к работе, проведение инструктажа по эксплуатации оборудования и охране труда	СЗ органов зрения
Умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда	Лечебно-профилактические мероприятия: <ul style="list-style-type: none"> – внедрение оптимальных режимов труда и отдыха; – проведение предварительных, периодических медицинских освидетельствований работников для установления годности к выполняемой работе; – устройство комнат психологической разгрузки, физкультурных комнат 	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 12 – Идентификация класса и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Лаборатория для испытаний	Технологическое оборудование	А	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды	Возникающие в результате пожара осколки, части разрушившихся зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок, вынос (замыкание) электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества.

Таким образом, для лаборатории, в которой будут проводиться испытания, определен класс пожарной опасности, критерии которого, представлены в таблице 12.

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

В таблице 13 представлены средства обеспечения пожарной безопасности, позволяющие в кратчайшие сроки после возникновения очага возгорания ликвидировать его, а также предупредить возможность получения увечий работниками лаборатории путем использования средств защиты и пожаротушения. Наличие таких средств в рабочем помещении обязательно и контролируется органами пожарной безопасности.

Таблица 13 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	<ul style="list-style-type: none"> – огнетушитель водный ОВ-10, – универсальный порошковый огнетушитель 10л-ОП-10, – углекислотный огнетушитель – УО-5, – ящик с песком для присыпания разлитых легковоспламеняющихся жидкостей, – асбестовое одеяло 1 на 1 м
Мобильные средства пожаротушения	Спецавтомобили ближайшей пожарной части
Стационарные установки системы пожаротушения	Спринклерная система пожаротушения
Средства пожарной автоматики	Сигнальные извещатели (дымовой и тепловой), прибор приемно-контрольный, пожарный
Пожарное оборудование	Не предусмотрено по нормативам
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Не предусмотрено по нормативам
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Лопата совковая, багор
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Не предусмотрено по нормативам

4.4.2 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 14 – Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование тех. процесса, оборудования тех. объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Испытание растяжки передней подвески методом циклических нагружений	Своевременное и качественное проведение профилактических работ, ремонта, модернизации и реконструкции энергетического оборудования	Проведение профилактических работ по графику, персональная ответственность
	Наличие сертификатов по пожарной безопасности на оборудование, оснастку и инструмент	Покупка только сертифицированного оборудования
	Инструктаж по пожарной безопасности	Проведение всех видов инструктажа под роспись
	Расстановка технологического оборудования не препятствует эвакуации персонала и подходу к средствам пожаротушения	Должно быть обеспечено беспрепятственное движение людей к эвакуационным путям и средствам пожаротушения
	Предписывающие и указательные знаки безопасности на дверях эвакуационных	Наличие предусмотренных знаков
	Разработка плана эвакуации при пожаре	Наличие действующего плана эвакуации на предприятии

В таблице 14 представлены мероприятия, позволяющие обеспечить пожарную безопасность в производственном помещении. Данные мероприятия определяют порядок действий обязательных для выполнения при возникновении чрезвычайной ситуации, дабы исключить возникновение паники, ведущую к непредвиденным последствиям.

Описанные мероприятия в совокупности с соблюдением общепринятых правил противопожарной безопасности определяют четкое распределение ролей и организацию действий по немедленной эвакуации рабочего персонала и ликвидации очага возгорания.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 15 – Экологические факторы технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Испытание растяжки передней подвески методом циклических нагружений
Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Производственный персонал, установка
Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Не выявлено
Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Не выявлено
Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)	Отработанные изношенная спецодежда, отходы от упаковки запчастей (промасленная бумага)

Таблица 16 – Организационно-технические мероприятия способствующие снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду

Наименование технического объекта	Испытание растяжек передней подвески методом циклических нагрузений
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование фильтрующих элементов в имеющихся на участке вытяжных шкафах (зонтах). Контроль за состоянием воздуха в рабочей зоне.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Утилизация и захоронение выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод с соблюдением мер по предотвращению загрязнения почв. Персональная ответственность за охрану окружающей среды.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сбор и складирование отходов осуществляется в специальные закрытые контейнеры, бочки и т.д., установленные в специально отведенных местах. Использованная одежда применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Вывоз отходов производится силами специализированных организаций, с которыми заключается договор на вывоз, утилизацию и захоронение. Персональная ответственность за охрану окружающей среды.

Выводы по разделу:

В разделе проведена оценка порядка проверки растяжек передней подвески способом циклических нагрузений, перечислены осуществляемые процедуры, согласно алгоритму проверки, должности эксплуатирующих сотрудников, производственно-промышленное, а также инженерно-промышленное спецоборудование, указанное в таблице 9.

Произведена оценка рисков при выполнении испытания на каждом его этапов. Типы работ, по которым производилась оценка рисков приведены в таблице 10. Также в таблице определены факторы, которые в лабораторных условиях создают опасность и способствуют, при определенных условиях, причинению вред для жизни и здоровья рабочего персонала.

В таблице 11 приведены организационно-технические мероприятия, способствующие снижению риска негативного воздействия вышеупомянутых факторов на рабочий персонал лаборатории.

Произведена оценка пожарной опасности помещения, в котором предполагается проведение испытаний, следствием чего является

разработанный комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности на объекте, отображенный в таблице 12. В таблице 13 приведены основные средства, используемые для ее обеспечения, а в таблице 14 - сопутствующие материалы.

Экологические аспекты разработки и эксплуатации стенда отражены в таблице 15, а сопутствующие мероприятия в данной сфере – в таблице 16.

5 Экономическая эффективность проекта

5.1 Расчет себестоимости изготовления проектируемой конструкции

5.1.1 Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Стоимость используемого сырья и материалов определяется по формуле 23:

$$M = C_m \cdot Q_m \cdot (1 + K_{мз} / 100) \quad (23)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Себестоимость изготовления проектируемой конструкции

Наименование материала	Ед. изм.	Норма расхода	Ср. цена за единицу	Сумма, руб.
Прямоугольная труба	кг	50	4900	50
Швеллер №8	п/м	326	635,7	326
Швеллер №14	п/м	580	904,8	580
Двутавр №14	п/м	520	660,4	520
Лист горячекатаный	кг	43	980,4	43
Круг	кг	40	80	40
Грунтовка	кг	60	150	60
Краска	кг	80	240	80
Прочее				1000
ИТОГО				9551,3
Транспортно-заготовительные расходы				286,54
Возвратные отходы				200
ВСЕГО				9707,84

5.1.2 Расчет затрат «Покупные изделия»

Объем покупных изделий находим по формуле 24:

$$P_u = C_i \cdot n_i (1 + K_{мз} / 100) \quad (24)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на покупные изделия

Наименование полуфабрикатов	Кол-во	Цена за 1 шт., руб.	Сумма, руб.
Ремень ГРМ	2	200	400
Кулак поворотный с подшипником	2	1500	3000
Ролик натяжной	2	200	400
Электродвигатель АИР90 L4	1	5000	5000
Болт М16х65	4	20	80
Болт М6х20	1	2	2
Болт М10х32	3	6	18
Болт М6х45	2	2,5	5
Болт М16х50	4	20	80
Болт М14х80	4	23	92
Болт М10х65	1	9	9
Болт М10х30	4	5	20
Болт М14х28	4	10	40
Гайка М16-6Н	8	7	56
Гайка М10-6Н	8	4	32
Гайка М14-6Н	8	5	40
Шайба	1	10	10
Шайба 10	7	2	14
Шкив	1	800	800
Прочее			700
ИТОГО			10948
Транспортно-заготовительные расходы			328,44
ВСЕГО			11276,44

5.1.3 Расчет статьи «Зарплата основная»

Определение основной зарплаты производится по формуле 25:

$$Z_c = C_p \cdot T \cdot (1 + K_{но} / 100) \quad (25)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на основную зарплату

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч/час	Часовая тарифная ставка	Тарифная зарплата
1 Заготовительная	3	2	42,17	84,34
2 Сварочная	5	4	50,51	202,04
3 Токарная	5	3	50,51	151,53
4 Фрезерная	4	3	50,51	151,53
5 Сверлильная	4	4	45,04	180,16
6 Слесарная	4	4	45,04	180,16
7 Сборочная	5	20	50,51	1010,2
8 Окрасочная	3	1	45,04	45,04
9 Испытательная	4	1	45,04	45,04
ИТОГО				1761,8
Премияльные доплаты				352,36
Основная заработная плата				2114,16

5.1.4 Расчет статьи затраты «Зарплата дополнительная»

Дополнительную зарплату рассчитываем по формуле 26:

$$Z_c = C_p \cdot T \cdot (1 + K_{нд} / 100) \quad (26)$$

$$Z_o = 2114,16 \cdot (1,1 - 1) = 211,41 \text{ руб.}$$

5.1.5 Расчет статьи «Отчисления в ЕСН»

Объем отчислений в ЕСН рассчитывается по формуле 27:

$$O_c = (Z_o + Z_c) \cdot K_c \quad (27)$$

$$O_c = (2114,16 + 211,41) \cdot 0,26 = 604,65 \text{ руб.}$$

5.1.6 Расчет статьи «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»

Расчет на содержание и эксплуатацию оборудования производится по формуле 28:

$$P_{c.об} = Z_o \cdot K_{об} / 100 \quad (28)$$

$$P_{c.об} = 2114,16 \cdot 1,04 = 2198,73 \text{ руб.}$$

5.1.7 Расчет статьи «Общепроизводственные расходы»

Общепроизводственные расходы определяются формулой 29:

$$C_u = M + \Pi_u + Z_o + Z_d + O_c + P_{c.об} + P_{opr} \quad (29)$$

5.1.8 Расчет статьи «Общехозяйственные расходы»

Общехозяйственные расходы определяются формулой 30:

$$P_{opr} = Z_o \cdot K_{opr} / 100 \quad (30)$$

$$P_{opr} = 2114,16 \cdot 1,6 = 3382,66 \text{ руб.}$$

5.1.9 Расчет статьи «Внепроизводственные расходы»

Внепроизводственные расходы определяются по формуле 31:

$$P_{вн} = C_{пр} \cdot K_{внепр} / 100 \quad (31)$$

$$P_{вн} = 32667,13 \cdot 0,05 = 1633,36 \text{ руб.}$$

Выводы по разделу:

Внедрение устройства показывает, что себестоимость работ на проектируемом оборудовании на 9,3 % выше, чем на существующем, что Внедрение данной разработки позволит эксплуатирующему предприятию увеличить запас прочности.

Заключение

В результате проделанной работы спроектирован стенд для осуществления испытаний растяжек передней подвески легкового автомобиля. Основным методом при проведении испытаний является метод циклического нагружения, позволяющий достоверно отразить способность материалов, из которых изготовлена, рассматриваемая деталь, выдерживать перегрузки, а также установить показатель усталости металла при испытаниях.

Отличия конструкции привода стенда от существующих обусловлено возможностью регулирования по частоте вращения двигателя, что позволяет установить широкий диапазон регулирования при проведении испытаний.

В ходе работы рассмотрены производственные факторы, способные оказать негативное влияние на здоровье человека, а также описаны мероприятия по снижению уровня данного воздействия, путем соблюдения правил техники безопасности на рабочем месте и использования элементов защиты частей тела, подвергающихся воздействию.

Произведен расчет экономической эффективности, показывающий целесообразность внедрения разработки в испытательных целях в лаборатории соответствующего профиля за счет показателей себестоимости.

В результате можем сделать вывод о том, что разработанная конструкция стенда и выбранные компоненты позволяют в полной мере проводить циклические испытания растяжек передней подвески легковых автомобилей с заданными техническими характеристиками.

Разработка может применяться в лаборатории кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» в институте машиностроения Тольяттинского Государственного Университета в учебных и исследовательских целях.

Список используемых источников

1. Автомобили ВАЗ-2108, ВАЗ-21081, ВАЗ-21083, ВАЗ-2109, ВАЗ-21091, ВАЗ-21093, ВАЗ-21099: руководство по ремонту: эксплуатация и техническое обслуживание - Москва: Третий Рим, 2018 - 168 с.: ил. - Прил.: с. 163-167. - ISBN 5-88924-045-5.

2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев; под ред. И. Н. Жестовой. - 8-е изд., перераб. И доп. - Москва: Машиностроение, 2016 - 920 с.: ил. - Библиогр. в конце гл. - Перечень ГОСТов: с. 909-912. - Предм. указ.: с. 913-920. - ISBN 5-217-02963-

3. Воячек, А. И. Основы проектирования и конструирования машин: учебное пособие] / А. И. Воячек, В. В. Сенькин; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Пензенский гос. ун-т". - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2018 - 223, с. : ил.; 20 см.

4. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (Автомобили и автомобильное хозяйство) / В.Е. Епишкин, И.В. Турбин. - Тольятти: ТГУ, 2019 – 113 с.

5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч. - методическое пособие [Текст] / Л.Л. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016 –33 с.

6. Расчёты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость Strength analysis and testing in machine building. Methods of metals mechanical testing. Methods of fatigue testing [Текст]: государственный стандарт Союз ССР ГОСТ 25.502-79: взамен ГОСТ 23026-78, ГОСТ 2860-65 в части пп. 6.1 и 6.2: введён

с 01.01.81 до 01.07.91 / Государственный комитет СССР по стандартам. - Москва: Изд-во стандартов, 2016 г. - 34 с.

7. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие [Текст] / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова. - Тольятти, 2017, - 135 с.

8. Клевлеев, В.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования [Текст] / В.М. Клевлеев, И.А. Кузнецова, Ю.П. Попов. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018 (Тул. тип.). - 255 с.: ил; 22 см. - (Профессиональное образование). ISBN 5- 8199-0061-8.

9. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для вузов [Текст] / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 8-е изд., перераб. И доп.; гриф МО. - Москва: Академия, 2018 - 496 с.: ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 494 - ISBN 5-7695-1041-2.

10. Крылова, Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учеб для вузов [Текст] / Г. Д. Крылова. - 3-е изд., перераб. и доп.; Гриф МО. - Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2016. - 671 с.: ил. - Библиогр.: с. 609-613. - Основ. термины и понятия: с. 614-621. - Прил.: с. 623-671. - ISBN 5-238-00524-5.

11. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. - 5-е изд., перераб. и доп.; Гриф МО. - Москва: Илекса, 2019. - 391 с.: ил. - Библиогр.: с. 383. - ISBN 5-89382-037-2.

12. Малкин, В. С. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" [Текст] / В. С. Малкин, Н. И. Живоглядов, Е. Е. Андреева. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2015. - 108 с.: ил. - Библиогр.: с. 67-68. - Прил.: с. 69-107.

13. Машиностроение: энциклопедия. В 40 т. Разд. 4. Расчет и конструирование машин. Т. IV-3. Надежность машин [Текст] / ред. совет: К.

Фролов (пред.) [и др.]; ред.-сост. В. В. Ключев, А. П. Гусенков; отв. ред. тома К. С. Колесников. - Москва: Машиностроение, 2016. - 592 с.

14. Машины и стенды для испытания деталей [Текст] / В. Л. Гадолин [и др.]; под ред. Д. Н. Решетова. - Москва: Машиностроение, 2019. 343 с.: ил. - Библиогр. в конце разд.

15. Машины и стенды для испытания деталей [Текст] / В. Л. Гадолин [и др.]; под ред. Д. Н. Решетова. - Москва: Машиностроение, 1979.- 343 с.: ил. - Библиогр. в конце разд.

16. Напольский, Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: учеб. для вузов по специальности "Автомобили и автомоб. хоз-во" [Текст] / Г. М. Напольский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Транспорт, 2018. - 271 с.: ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 268-269.

17. Пат. 2049325 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. Установка для испытания образцов на усталость [Текст] / Лодус Евгений Васильевич; заявитель и патентообладатель Лодус Евгений Васильевич - № 5002250/28; заявл. 28.11.1991; опубл. 27.11.2015.

18. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: справочник [Текст] / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 2017. - 639 с.: ил. - Библиогр.: с. 625-629. - Предм. указ.: с. 630-639.

19. Суворов, Г. А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций [Текст] / Г. А. Суворов, Л. Н. Шкаринов, Э. И. Денисов. - М.: Медицина, 2016. - 240 с.

20. Петин, Ю. П. Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. -метод. пособие по курсовому проектированию [Текст] / Ю. П. Петин, Е. Е. Андреева; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2018. - 116 с.: ил. - Библиогр.: с. 78-79. - Прил.: с. 80-116. - 65-50.

21. Чумаков, Л.Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч. - методическое пособие [Текст] Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2018. – 37 с.
22. Карманов А.Н. Бакалаврская работа «Универсальный стенд для испытаний автокомпонентов. Испытание растяжек передней подвески методом циклических нагрузжений.» [Электронный ресурс] URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/2509> (дата обращения 15.04.20)
23. Sparke, P. The century of cars design / P. Sparke – London: - Beazley, - 2017.
24. Hewitt, S. Cars and truck / S. Hewitt – London: - Watts, - 2018.
25. Barton, B. My car / B. Barton – New York: - HarperFestival, - 2018.
26. John, W. Machine theory / W. John – Inglis Charles, - 2019.
27. Ellis, J.R. Stock car racing engine technology / J.R. Ellis – Watts, - 2017.