

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 кафедры)

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 Стенд для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими
нагрузками

Студент

Н.А. Савченко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Г. Доронкин

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Стенд для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими нагрузками».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение, всего 90 страниц с приложениями. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В качестве конструкторской разработки предложена разработка конструкции стенда для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими нагрузками.

В первом разделе рассмотрены испытания на усталость.

Во втором разделе выполнена конструкторская разработка стенда для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими нагрузками, разработано техническое задание и предложение, проведены конструкторские расчеты стенда, составлено руководство по эксплуатации стенда.

В третьем разделе рассмотрен технологический процесс сертификационных испытаний растяжки передней подвески легкового автомобиля.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний.

В последнем разделе ВКР приведена технико-экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

The title of the senior thesis is: «A stand for testing the suspension brace of a car with cyclic loads».

The explanatory note consists of 5 parts, introduction and conclusion, list of references and other sources, attachments, totally 90 pages with attachments. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system «KOMPAS-3D». The senior thesis is fully consistent with the issued assignment.

As a design development we proposed to develop a construction of a stand for testing car suspension braces by cyclic loads. According to technical requirements, the braces must be tested in pairs using the cyclic loading method. The amount of load is regulated by the crank stroke and by changing the length of the connecting rod and controlled by a strain-gauge sensor.

The first part dealt with fatigue testing.

In the second part the design of the stand for testing car suspension braces by cyclic loads was developed. The terms of reference and the technical proposal were drawn up. The technical characteristics of a developed construction were calculated, and the operation manual was written.

The third part described the technological process of certification tests of a passenger car front suspension.

The fourth part covered the safety and environmental friendliness of the project.

The last part of the senior thesis showed the technical and economic efficiency of the project.

In the conclusion of graduation project, outputs were drawn.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	10
2 Конструкторская часть	13
2.1 Техническое задание на разработку стенда для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески.....	13
2.2 Техническое предложение на разработку стенда для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески.....	18
2.3 Конструкторские расчеты основных элементов разрабатываемого устройства.....	37
2.4 Руководство по эксплуатации стенда для циклических испытаний растяжек передней подвески.....	45
3 Технологический процесс сертификационных испытаний растяжки передней подвески легкового автомобиля	56
3.1 Функциональное предназначение растяжки	56
3.2 Возможные неисправности передней подвески. Причины и варианты их устранения.....	57
3.3 Технологическая карта испытания растяжки передней подвески легкового автомобиля.....	58
4 Производственная и экологическая безопасность проекта	60
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний	60
4.2 Определение профессиональных рисков.....	62
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	63
4.4 Пожарная безопасность	69
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний	71
5 Экономическая эффективность проекта.....	73

Заключение	81
Список используемой литературы и используемых источников.....	82
Приложение А Спецификации.....	85

Введение

«Сертификационные испытания необходимы для проведения процедуры сертификации продукции (сертификационные услуги) на соответствие требованиям стандартов. Другими словами, если продукция входит в перечень продукции подлежащих обязательной сертификации, то для получения сертификата соответствия или регистрации декларации о соответствии необходимо провести сертификационные испытания. Результатом испытания является Протокол сертификационных испытаний» [11].

«Сертификационные испытания проводят аккредитованные испытательные лаборатории или центры испытаний по направлению Органа по сертификации, сертификационной компании, сертификационного центра или по заявке от Заявителя для выдачи (получения) сертификата соответствия (регистрации декларации о соответствии, получения Одобрения типа транспортного средства). Никакие другие организации не аккредитованы на то, чтобы проводить испытания. Периодичность проведения испытаний сертификационных зависит от выбранной системы сертификации и обычно составляет от 1 до 2 лет» [2].

«В случае если схема сертификации продукции допускает проводить испытания в неаккредитованной испытательной лаборатории (центре), то орган по сертификации продукции вправе привлечь к проведению испытаний продукции неаккредитованную испытательную лабораторию. В отношении различных групп продукции на территории Российской Федерации и Таможенного союза разработаны и действуют нормативные документы, в частности ГОСТы (как национальные, так и межгосударственные), которые содержат требования к проведению как к самой продукции, так и к методам испытаний продукции (порядок, методы и методики испытаний)» [12].

«К аккредитованным испытательным лабораториям предъявляется целый ряд требований, в частности требования к: испытательному

оборудованию, средствам измерений (состояние, класс точности, наличие поверки и калибровки и прочее); условиям проведения испытаний (температура, влажность и т.п. в помещениях испытательной лаборатории); нормативной документации, используемой в процессе проведения испытаний. Основным нормативным документом, устанавливающим термины и определения, применяемые в области испытаний и контроля качества продукции, является ГОСТ 16504 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения, а также: ГОСТ 31814 Оценка соответствия. Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия; ГОСТ Р 51293 Идентификация продукции. Общие положения; ГОСТ Р 51672 Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия» устанавливает требования к разработке нормативных документов, подготовке и проведению сертификационных испытаний продукции» [12].

«Задача сертификационных испытаний (цель испытаний) – получение качественных или количественных характеристик продукции, то есть проведение оценки способности сертифицируемой продукции в заданных условиях выполнять возложенные на неё функции, а также установить, соответствуют ли характеристики продукции величинам, заданным в нормативных документах» [13].

«Сертификационные испытания проводятся в соответствии с положениями, содержащимися в законе от 27.12.02 № 184-ФЗ, методами, изложенными в ГОСТ или других нормативных документах, принятых в соответствии с действующим законодательством» [12].

«Общие правила по отбору и идентификации продукции при осуществлении обязательного подтверждения соответствия, предназначенной для проведения испытаний установлены в ГОСТ 31814 Оценка соответствия. Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия и ГОСТ Р 51293

Идентификация продукции. Общие положения, а также в нормативной документации на конкретную продукцию. Отбор образцов для проведения испытаний производится в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах, методиках, программах и методиках испытаний, содержащихся в области аккредитации испытательной лаборатории, содержащих правила и методы испытаний, в том числе правила отбора образцов. При отсутствии или недостаточной информации о правилах и порядке проведения отбора образцов конкретной продукции следует использовать положения ГОСТ 31814 Оценка соответствия. Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия.

Данный нормативный документ определяет общие требования к порядку отбора типовых образцов, учитывая: однородность; выборку по составу; выборку по количеству; соответствие образцов идентификационным признакам продукции. Количество образцов продукции для проведения испытаний определяется в соответствии с требованиями Технических регламентов, нормативных документов на конкретную продукцию и методов и методик испытаний продукции с учетом необходимости сохранения контрольного образца. Отбор образцов проводится, как правило, в присутствии ответственных лиц изготовителя (заказчика) на складе готовой продукции методом случайной выборки. Так же отбор образцов продукции может проводиться непосредственно ответственным лицом изготовителя (заказчика). Отбор образцов продукции оформляется актом отбора образцов. Местом отбора образцов может быть: склад готовой продукции или производственное помещение изготовителя, помещение таможенного терминала; место нахождения партии (склад готовой продукции изготовителя; таможенный склад; склад покупателя, если продукция находится на ответственном хранении; ёмкость транспортного средства); место нахождения единицы продукции (на производственном участке изготовителя, на месте монтажа изделия у покупателя, на складе временного хранения)» [11].

«Результаты, полученные в ходе проведения испытаний продукции, оформляются протоколом испытаний.

Протокол испытаний является одним из основных доказательных документов соответствия или несоответствия продукции требованиям, предъявляемым к ней при подтверждении соответствия продукции. Помимо данных, полученных в ходе проведения испытаний, в протоколе могут содержаться ссылки на предельно допустимые значения контролируемых величин (параметров), регламентированные нормативными документами. Числовые значения и параметры, полученные в ходе проведения испытаний, должны быть в пределах допустимых значений. Вне зависимости от результата (соответствует или не соответствует продукция предъявляемым к ней требованиям), полученного в ходе проведения испытаний продукции, результаты испытаний оформляются протоколом испытаний, который передаётся заказчику испытаний» [18].

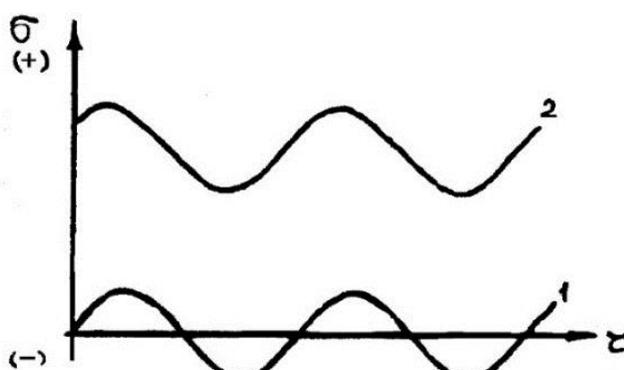
«Положительные результаты испытаний дают право на оформление сертификата соответствия либо декларации о соответствии (при полном соответствии других составляющих сертификации и декларирования). В соответствии с требованиями к содержанию протоколов испытаний, протоколы испытаний (если это необходимо для толкования результатов испытаний) должны включать в себя: наименование документа; наименование и адрес Лаборатории, где проводятся испытания; наименование и адрес заказчика или изготовителя; идентификацию используемого метода испытаний; описание и идентификацию изделия, прошедшего испытания; дату получения изделия и дату проведения испытаний; результаты испытаний с указанием (при необходимости) единиц измерений; описание условий окружающей среды при отборе, если они могут повлиять на результаты испытаний.

После оформления протокол испытаний подписывается экспертом испытательной лаборатории, проводившим испытания» [11].

1 Состояние вопроса

«Современные методы испытаний на усталость весьма разнообразны. Они отличаются характером изменений напряжений во времени, схемой нагружения (изгиб, растяжение-сжатие, кручение), наличием или отсутствием концентраторов напряжений. Усталостные испытания проводятся при различных температурах и в разных средах. Основные требования и методика усталостных испытаний обобщены в ГОСТ 25.502-79» [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

«Во время любого усталостного испытания на образец действуют циклические напряжения, непрерывно изменяющиеся по величине, а часто и по знаку. Типичные примеры используемых циклов напряжений показаны на рисунке 1. Циклом напряжений называют совокупность переменных значений за один период их изменения. За максимальное напряжение цикла – σ_{max} принимают наибольшее по алгебраической величине напряжение. Минимальное напряжение цикла – σ_{min} – наименьшее по алгебраической величине. Если $R_\sigma = -1$, то такой цикл называют симметричным (кривая 1 на рисунке 1). Если минимальное и максимальное напряжение цикла не равны по величине, то он называется асимметричным (кривая 2 на рисунке 1). Для испытаний чаще всего используют знакопеременные циклы с $R_\sigma = -1$ » [23].



1 – симметричный цикл; 2 – асимметричный

Рисунок 1 – Разновидности циклов напряжений

«По ГОСТ 25.502-79 испытания на усталость проводят на образцах круглого и прямоугольного сечений, гладких и с надрезом. Диаметр цилиндрической части гладких образцов обычно составляет от 5 до 10 мм, а у образцов с надрезом от 10 до 20 мм при глубине надреза от 2,5 до 5,0. Ширина рабочей части плоских образцов составляет от 10 до 20 мм и толщина от 5 до 10 мм» [11].

«Характеристики выносливости сильно зависят от размеров образца, часто они значительно выше у образцов с меньшим сечением. Также результаты усталостных испытаний очень чувствительны к качеству и состоянию поверхностного слоя образца. Качество поверхности должно соответствовать 9-10 классу чистоты» [1].

«Первичным результатом усталостного испытания одного образца является число циклов до разрушения (долговечность) при заданных характеристиках цикла. Критерием разрушения является разрушение образца; или образование трещины определенной протяженности; или значительное развитие пластической деформации образца.

Широкое распространение получили испытания на малоцикловую усталость (статическую выносливость). Их проводят с использованием относительно высоких напряжений и малой частоты циклов напряжений, обычно не более 5 Гц, имитируя условия эксплуатации конструкций, например, самолетных, которые подвергаются воздействию относительно редких, но значительных по величине циклических нагрузок.

База испытаний на малоцикловую усталость не превышает 5×10^4 циклов. Малоцикловое нагружение сопровождается развитием общей или местной (в вершине надреза или трещины) пластической деформации, величина и закономерности которой определяют условия и характер разрушения.

Малоцикловые испытания чаще всего проводят по схеме растяжение-сжатие. Критериями выносливости материала в условиях малоцикловой усталости могут служить предел ограниченной выносливости, усталостная

долговечность, величина отношения σ_{max}/σ_b , при котором образец разрушается после заданного числа циклов нагружения» [3].

Выводы по разделу.

В данном разделе рассмотрен вопрос различными методами испытаний, в том числе и циклическим нагрузкам, при которых в основном испытывают элементы подвески. Проведен обзор оборудования и стендов, способных провести различные виды циклических нагрузок.

Также в разделе приведены государственные стандарты, в которых отображены требования, предъявляемые к подвеске легковых и грузовых автомобилей, к ее элементам и к самим испытаниям на усталость.

В следующем разделе предлагается составить техническое задание и предложение на стенд для проведения циклических испытаний растяжек, провести расчеты основных элементов стенда и составить технологическую карту их испытания.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку стенда для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески

Разработать стенд для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески автомобилей Lada.

На раме стенда, конструктивно, предусмотреть возможность быстрой установки и смены испытуемого объекта, без дополнительной наладки стенда.

В качестве привода предлагается использовать электродвигатель с блоком управления и измерительно информационным блоком.

Стенд входит в сферу испытания оборудования.

Стенд стационарная конструкция устойчивая от разрушения под воздействием пульсирующих, как симметричных, так и разнонаправленных нагрузок, обеспечивающая безопасные испытания растяжек подвески.

Функционально, растяжка нижнего рычага передней подвески (рисунок 2) обеспечивает вертикальное положение колеса, сохраняет амплитуду колебаний стойки в рабочем диапазоне, контролирует крен при поворотах и кивки при торможении.

Растяжки нижнего рычага передней подвески, для снижения веса, изготавливаются из легкосплавных материалов, обеспечивающих жесткость и энергоемкость, но совершенно неремонтопригодные. Завод изготовитель гарантирует длительное использование этого элемента подвески.

Стенд для испытания основан на имитации циклической нагрузки, действующей, на растяжку нижнего рычага передней подвески и предназначен, для проверки соответствия, с заявленным производителем нормативов, циклической долговечности согласно ТУ 4591-027-20976755-2012

Создать необходимые условия:

- геометрия силы – синусоидальная;
- частотный период – 3 Гц;
- приложенная сила – 0,5 – 1,5 кН;

По методике испытания, растяжки надежно соединяются с помощью дуговой сварки, используя металлическую пластину. Конфигурация и размеры пластины, произвольны, длина и форма сварного шва не принципиальны.

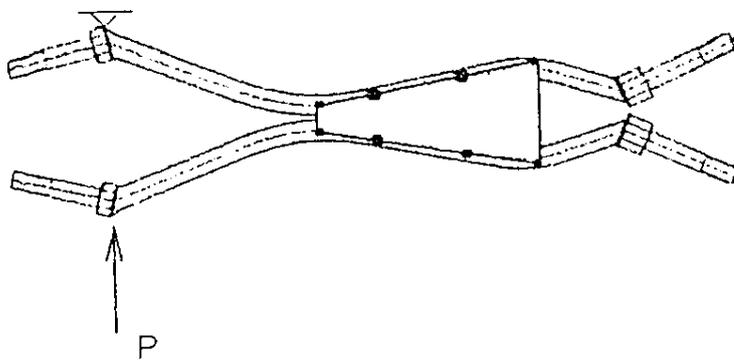


Рисунок 2 – Эскиз испытания

Стенд устанавливается в производственной лаборатории, состояние и условия которой должны соответствовать требованиям методик испытаний: температура воздушной среды от плюс 19°C до 24°C, влажность – от 15% до 75%.

Вопрос экспорта не рассматривается.

Задание на разработку выпускной квалификационной работы выдано, кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Тольяттинского государственного университета.

Источником разработки является стенд, используемый в Испытательном центре (Аттестат Ростехрегулирования № РОСС RU.0001.516560).

Проектируя стенд, рекомендуется использовать существующую техническую литературу: И 3124.37.101.043, ГОСТ 12.1.019-2017, авторские свидетельства, международный патентный классификатор, ТУ 4591-027-20976755-2012, стандарты по безопасности.

Провести проверку авторства конструкции, используя реестр программного обеспечения, обеспечив патентную чистоту изобретения.

Тема разработки условного обозначения и специального наименования не имеет.

К конструкции стенда для испытаний и последующей сертификации растяжек подвески, предъявляются основные требования:

- требования безопасности: Крепкая рама стенда должна иметь запас прочности, для выполнения безопасных испытаний;
- в ходе испытаний, минимизировать регламентированные действия по смене очередных, проверяемых растяжек подвески;
- для удешевления конструкции стенда, рекомендуется применение нормализованных и унифицированных узлов и блоков, стандартных крепежных изделий и металлопроката;
- гидравлическая система стенда обеспечивает циклическое плавное изменение синусоидальной нагрузки в диапазоне от 0,5 до 1,5 кН;
- контроль выполнения заданного, установочного количества 2000000 циклов;
- для повторяемости приложенной загруженности, испытываемые элементы должны быть закреплены строго горизонтально.
- использовать трёхфазное электрическое питание 380 В;
- конструкция должна обеспечивать отсутствие труднодоступных мест для проведения уборки и обслуживания;
- в конструкции должны быть минимизированы работы по наладке и регулировке;
- использование стандартных подшипников;

- разработать защитные кожухи на движущиеся части, для обеспечения безопасного проведения испытательных работ;
- для постоянного контроля над работой двигателя использовать магнитный пускатель, исключающий бесконтрольный запуск электродвигателя при сбое в электрической сети;
- надежное заземление стенда;
- стенд должен осуществлять одновременное испытание одной пары растяжек, с учетом расположения на автомобиле;
- в ярко оранжевый цвет красятся движущиеся элементы конструкции, в серый цвет остальные элементы;
- при обслуживании, выполняя смазочные работы использовать рекомендованные материалы, не требующие специальных приспособлений;
- для обеспечения безопасной работы оператора конструкция не должна иметь острых кромок, заусенцев, все углы должны быть скруглены;
- предпочтительный размер менее 2100×810×1210 мм;
- масса не должна превышать 500 кг;
- электродвигатель мощностью, менее 3 кВт.

В эксплуатационной карте предусмотреть график технического обслуживания и проверки технического состояния стенда.

Стенд для испытаний и последующей сертификации циклической долговечности растяжек нижнего рычага изготовить в единственном числе.

Запуск в серийное производство не предполагается, следовательно: необязателен и поиск на патентную чистоту.

Внешний облик стенда должны соответствовать правилам технической эстетики и подчеркивать функционал изделия. Композиционное равновесие обеспечивается симметричным расположением элементов конструкции.

К работе на стенде допускаются рабочие, прослушавшие специализированный инструктаж по технике безопасности и изучившие алгоритм выполнения работ на стенде.

Для поддержания работоспособного состояния и безотказной работы стенда, проводить обязательное техническое обслуживание не реже 1 раза в 6 месяцев.

Конструктивно стенд должен легко разбираться и собираться для замены или ремонта вышедшего из строя узла. Транспортировка так же производится в разобранном виде: узлы и агрегаты, снимаются с рамы и упаковываются в маркированные контейнеры. Хранение должно производиться в теплом и сухом месте.

Уровень шума нормируется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Считаются допустимыми, значения технологической вибрации в закрытом помещении не превышающие, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Значения технологической вибрации в закрытом помещении

Среднеприведенная геометрическая частотная полоса, Гц	Числовые показатели по осям X_o, Y_o, Z_o							
	Ускорения вибрации				Скорость вибрации			
	м/с ²		дБ		м/с		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	–
значения эквивалентные корректированные	–	0,013	–	73	–	0,038	–	77

Экономические характеристики проектируемого стенда принимаем ориентировочно следующим значениям:

- инвестиции, включающие затраты на изготовление и испытания опытного образца, капитальные вложения в период, не длительней 12 месяцев, сумма вложений 200000 р.;
- расчетная себестоимость стенда на этапе производства опытного образца составляет 120000 р., рассчитанная рентабельность изделия 5%.

Время окупаемости проекта ориентировочно 12 месяцев.

Выполняя задание по разработке технического предложения, проработать компоновку в двух и более вариантах с эскизами.

На экспертизу предоставить рукописный вариант ТЗ, ТП, ЭП и расчёты. Место проведения экспертизы кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ТГУ.

Для согласования предоставляются, техническое предложение и эскизный проект. Согласование с другими структурами не обязательно.

2.2 Техническое предложение на разработку стенда для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию универсального стенда в комплектации для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески. В качестве исходного варианта конструкции, предложено использовать конструкцию стенда, находящегося в лаборатории.

Стенд представляет собой сварную раму из металлопроката, электродвигатель, ременную передачу, поворотные кулаки для крепления шкивов, шатун, трос, с возможностью регулировки длины, для изменения величины нагрузки, стол для крепления растяжек, датчик для фиксации циклов, частотный регулятор для изменения частоты вращения электродвигателя.

Стенд обеспечивает проведение испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески автомобилей Lada с заданными техническими условиями:

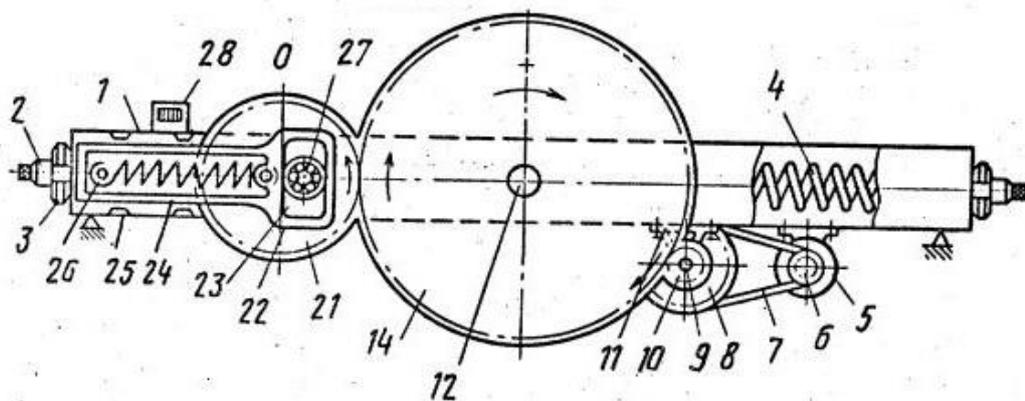
- форма графика воздействия – синусоида;
- периодичность воздействия – 3Гц;
- усилия циклические – от 0,5кН до 1,5кН.

Проведенный мониторинг аналогов, выявил наличие установок для испытания образцов на усталость, авторское свидетельство № 1245933, класс пульсирующих усилий G01N3/32, от 1986 г., а также установка для испытания образцов на усталость (заявка № 4776138/25-28, класса пульсирующих усилий G01N3/32, от 1990 г.) установки состоят из корпуса, установленных на нем торцевым и консольным захватом, привода вращения торцевого захвата, механизма пульсирующих усилий, включающего эксцентрик с приводом вращения, шаровую подвеску, связанную с консольным захватом, упругий элемент, соединяющий подвеску с эксцентриком.

Однако, в условиях испытаний задают либо константную, либо ступенчатую дельту амплитуды воздействия. Организовывать циклические нагрузки для испытания растяжек подвески, на имеющихся типах стендов невозможно.

«Рассмотрим, существующий стенд для испытания упругих компонентов на усталость (рисунок 3). Состоящий из рамы с направляющей, двух опор, к которым крепиться один конец упругого компонента, размещенный в направляющем ползуне с подвижными опорами для крепления соответствующих концов упругих компонентов. Привод движения ползуна, состоящий из: кривошипного механизма, пальца связанного с ползуном, опорами, установленными в совокупности, соосно направляющей и симметрично относительно ползуна. Стенд оснащен зубчатой передачей, одно зубчатое колесо закреплено на оси основного кривошипа, а второе на раме с дополнительным кривошипом, закрепленным силовой пружиной. Силовая пружина связывает с рамой, дополнительный кривошип, передаточное отношение зубчатой передачи два к одному, то есть отношение первого диаметра зубчатого колеса к диаметру второго (авторское свидетельство №1803786, класс. G01N 3/32, 1993г.)» [33].

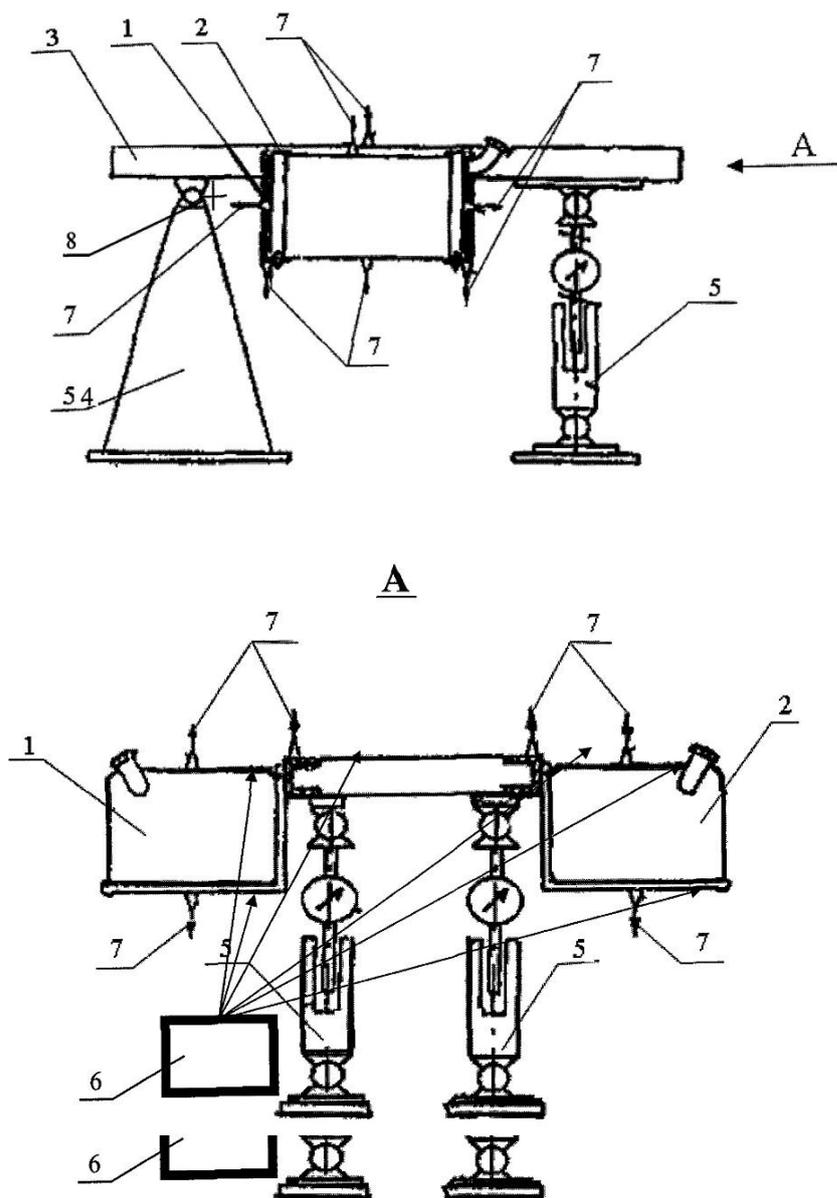
Недостатком стенда является сложность его конструкции.



- 1 – рама; 2 – винтовые опоры; 3 – гайка; 4 – упругий элемент;
 5 – электродвигатель; 6 – шкив; 7 – ремень; 8 – шкив; 9 – вал; 10 – шестерня; 11 –
 кронштейн; 12 – кривошипный механизм; 13 – подшипник;
 14 – зубчатое колесо; 15 – палец; 16 – подшипник; 17 – паз; 18 – ползун;
 19 – проушина; 20 – ось; 21 – зубчатое колесо; 22 – кривошип; 23 – паз;
 24 – ползун; 25 – направляющая; 26 – пружина силовая; 27 – подшипник;
 28 – счетчик циклов

Рисунок 3 – Стенд для испытания упругих компонентов на усталость

Рассмотрим, существующий стенд для испытаний узлов и агрегатов автотранспортных средств (рисунок 4) «состоящий из рамы 3, двух гидроцилиндров 5, опоры 4, топливных баков 1 и 2, измерительного комплекса 6 (нетбук – база данных, акселерометры для измерения проекций линейного ускорения, калибр акселерометров, датчики вибродиагностики 7), обеспечивающего визуальный контроль режимов испытания» [8].



1, 2 – бак; 3 – рама; 4 – опора; 5 – гидроцилиндр; 6 – измерительный комплекс;
7 – датчики вибродиагностики; 8 – ось балансира

Рисунок 4 – Стенд для испытаний узлов и агрегатов автотранспортных средств

«Рама стенда 3 с помощью оси балансира 8, крепится к опоре 4, представленная степень свободы, позволяет раме совершать возвратно-поступательные движения под заданным углом вокруг оси балансира. Топливные баки для правильной развесовки, крепятся кронштейнами симметрично относительно оси рамы стенда. Гидравлические цилиндры монтируются под лонжеронами рамы в воображаемой плоскости, равноудаленной от мест крепления топливных баков к раме, по аналогии симметрично относительно продольной оси рамы стенда» [16].

Описание работы стенда.

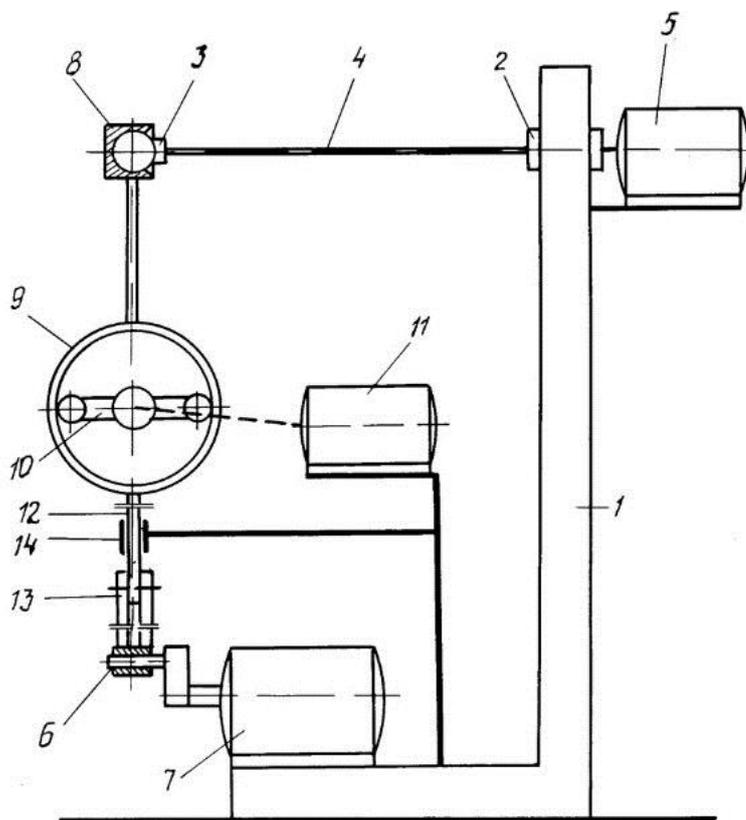
«Гидравлические цилиндры 5, создают вибрацию рамы 3 с закрепленными на ней баками 1 и 2, при которой возникают нагрузки на элементах крепления баков, подобные возникающим эксплуатационным нагрузкам автомобиля. Измерительный комплекс 6, считывая показания с датчиков вибродиагностики 7 в контрольных точках на лонжеронах рамы, баках и элементах их крепления, производит расчет позволяющий осуществлять контроль режимов испытания. С помощью системы управления поддерживаются равные виброускорения на обоих баках и их крепежных к раме 3, элементах» [16].

Режим равных виброускорений в процессе испытаний, то есть синхронизация, задается тонкой настройкой возбуждения каждого цилиндра с учетом реального времени.

Недостатком стенда является конструктивная сложность.

Рассмотрим, существующий стенд для испытания образцов на усталость (рисунок 5), «состоит из корпуса, установленных на нем торцевым и консольным захватом, привода вращения торцевого захвата, механизма пульсирующих усилий, включающего эксцентрик с приводом вращения, шаровую подвеску, связанную с консольным захватом, упругий элемент, соединяющий подвеску с эксцентриком, обеспечивающий условия испытаний, как при ступенчатом, так и при циклически плавном изменении амплитуды усилий. Упругая деталь выполнена в виде кольца, снабженная

упором, установленным внутри кольца с приводом вращения и возможностью взаимодействовать с его внутренней поверхностью» [9].



1 – корпус; 2 – торцовый захват; 3 – консольный захват; 4 – образец; 5 – привод вращения торцевого захвата; 6 - механизм нагружения; 7 - привод вращения; 8 - шаровая подвеска; 9 - упругая деталь; 10 – упор; 11 – привод; 12 – тяга; 13 – шарнир; 14 – направляющая

Рисунок 5 – Стенд для испытания образцов на усталость

Описание работы стенда.

Включается привод 5, вращательное движение передается образцу 4 через захват 2. Для создания циклической нагрузки на консольный захват 3, используя эксцентрик 6 и упругую деталь в виде кольца 9, дополнительно задействуют привод 7. Чтобы изменить амплитуду воздействия в циклическом режиме, дополнительно задействуют привод 11 вращающий упор 10. Прикладывая тягу последовательно к разным частям кольца, кольцо деформируется, изменяя жесткость деформирования кольца эксцентриком, меняя амплитуду воздействия на образец. Для создания ступенчатого изменения амплитуды дополнительный привод 11 включают периодически.

«Универсальный стенд позволяет создавать три различных вида условий для испытания: постоянные, ступенчатые или циклически изменяющиеся амплитуды нагрузки.

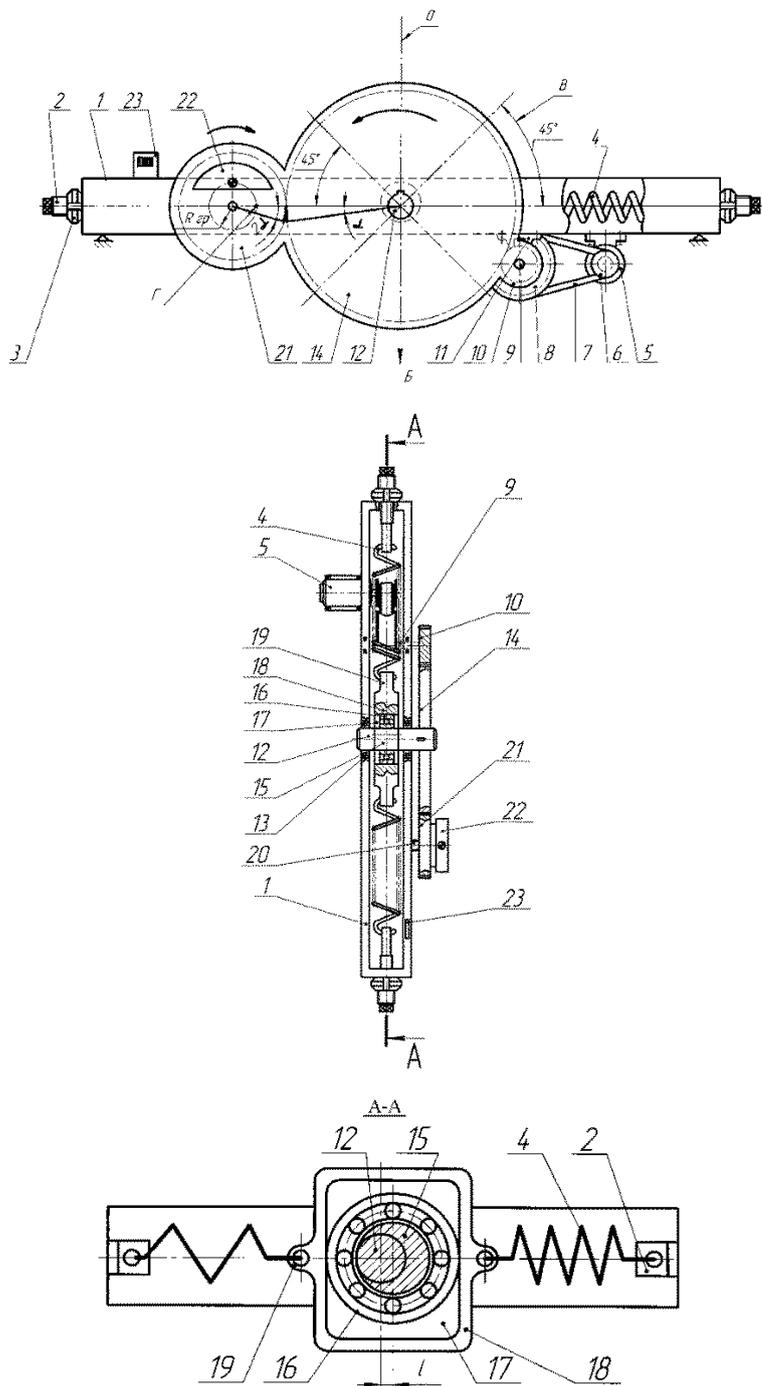
Энергоемкость универсального стенда является недостатком» [14].

Рассмотрим, существующий стенд для испытания упругих элементов на усталость (рисунок 6).

«Стенд состоит из: рамы 1; на противоположных концах рамы жестко закреплены регулируемые винтовые опоры 2, с гайками 3, к которым фиксируется одна из сторон проверяемого упругого элемента 4, привод электродвигателя 5, со шкивом 6, ремнем 7, соединен с шкивом 8; запрессованным на вал 9 с жестко зафиксированной шестерней 10. Вал 9 закреплен кронштейнами 11 к раме 1. По центру рамы 1 расположен вал кривошипного механизма 12 на подшипниках качения 13 с одной стороны, за проекцией рамы 1 жестко насажено зубчатое колесо 14, образующее зубчатую передачу с шестерней 10. На пальце 15, вала кривошипного механизма 12, посажен подшипник 16, располагаясь в прямоугольном пазу 17 ползунка 18, с проушинами 19 для закрепления сторон проверяемых упругих элементов 4. Брусья рамы 1 служат направляющими для ползуна 18. Прямоугольный паз 17, своей наибольшей стороной ориентирован по вертикали, вертикальное «возмущение» пальца 15 не воздействует на ползун 18, а горизонтальная сторона паза выполнена с меньшим зазором относительно посадочного размера подшипника 16. Ползун 18 отслеживает каждое горизонтальное «биение» пальца 15 и передавая их испытуемым упругим элементам 4.

На внешней стороне рамы 1 на ось 20 размещено зубчатое колесо 21, образующее пару с зубчатым колесом 14. Сверху на раму 1 установлен счетчик подсчета циклов 23. На рисунке 6 буквенные обозначения: Б – направление действия силы тяжести; В – угол максимального крутящего момента уравнивания; Г – положение центра тяжести груза при

максимальном крутящем моменте уравнивания; О – ось максимального эксцентриситета» [24].



1 – рама; 2 – неподвижная опора; 3 – гайка; 4 – испытуемые упругие элементы; 5 – двигатель привода; 6 – шкив; 7 – ремень; 8 – шкив; 9 – вал; 10 – шестерня; 11 – кронштейн; 12 – вал кривошипного механизма; 13 – подшипник; 14 – зубчатое колесо; 15 – палец; 16 – подшипник; 17 – прямоугольный паз; 18 – ползун; 19 – проушины; 20 – ось; 21 – зубчатое колесо; 22 – груз; 23 – счетчик циклов

Рисунок 6 – Стенд для испытания упругих элементов на усталость

«Алгоритм работы стенда.

К проушинам 19 подвижными концами, крепятся испытуемые упругие элементы 4. Откручивая гайки 3, к неподвижным опорам 2 крепятся соответствующие концы упругих элементов 4. Включив двигатель 5 привода, колесо 14 проворачивают в определенное положение, так чтобы палец кривошипного механизма стал в нейтраль, то есть не создавая усилий ни на один из упругих элементов, находящихся в горизонтальной плоскости. Гайками 3 подтягиваются излишние зазоры в точках крепления упругих элементов 4 с проушинами 19 и опорами 2, при необходимости (по заданным техническим условиям для упругих элементов 4), задаются преднатяги или сжатия. Чтобы зафиксировать колесо 14 в установочном (нейтральном) положении используются специальные фиксаторы, а для определения положения – риски, метки либо на колесе 14, либо на раме 1, при этом положение оси вращения колеса 21 должно находиться под центром тяжести груза 22.

Включив привода двигателя 5, поворачиваясь, палец 15, будет сжимать один упругий элемент 4, а другой - растягивать, происходит расход энергии груза 22. Колесо 14 повернувшись на 90° один из упругих элементов 4 максимально сожмет, а другой максимально растянет, одновременно колесо 21 повернется на 180° , т.е. груз 22 полностью потеряет энергию. Крутящий момент станет равен нулю, т.к. в этом положении плечо действия сил от упругих элементов уменьшится до нуля ($1 \cdot \cos 90^\circ = 1 \cdot 0 = 0$). Если продолжить поворот еще на 90° , упругие элементы 4 будут отдавать накопленную энергию, крутящий момент отрицателен. Энергия будет поглощаться грузом 22. При дальнейшем повороте, процесс будет повторяться на каждые 90° поворота колеса 14 и 180° колеса 21, т.к. отношение диаметров колеса 14 и колеса 21 равно 2

Сложность конструкции является недостатком» [14].

Анализируя конструктивные особенности готовых стендов, приходим к выводу: ни один из готовых стендов, в полной мере не отвечает

установленным в ТЗ требованиям, значит необходимо разработать новую конструкцию.

Согласно заданию выполняем два варианта компоновки стенда: привод на нижнем уровне (рисунок 7) и привод вертикально на одном уровне с испытуемым элементом (рисунок 8).

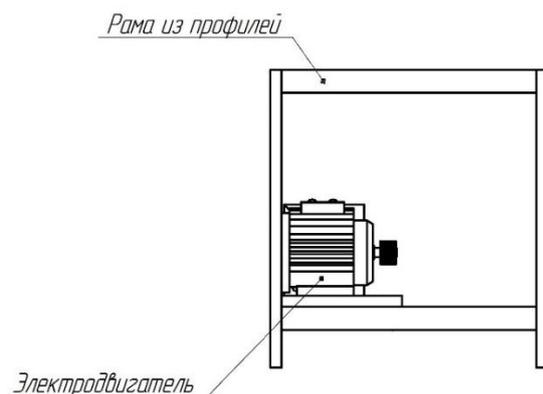


Рисунок 7 – Вариант компоновки с приводом на нижнем уровне

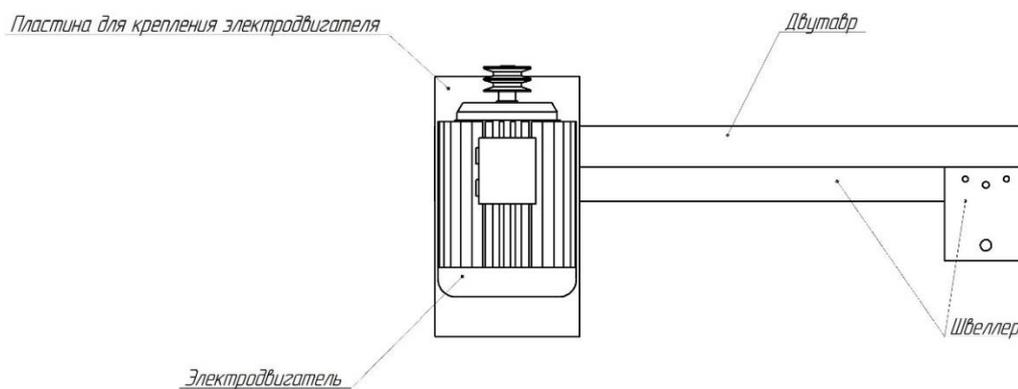


Рисунок 8 – Вариант компоновки с приводом вертикально на одном уровне

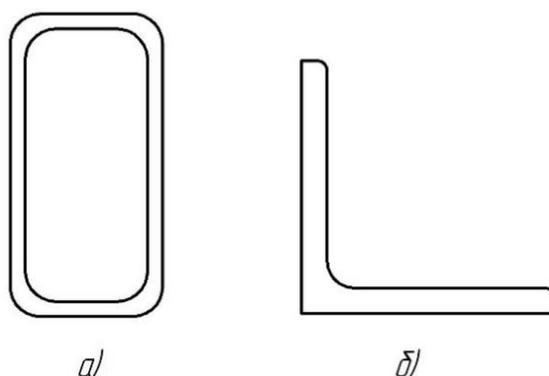
Положительным моментом первого варианта компоновки, считаем использование небольшой площади, но при этом возрастает металлоемкость, усложняется привод стенда. Учитывая положительные и отрицательные стороны, предпочтительным вариантом считаем компоновку с вертикальным расположением привода, на уровне испытуемой детали.

Датчик подсчета количества циклов можно вынести на отдельный стол, оградив его от воздействия вибраций работающего стенда, но в таком случае будет занято больше производственного пространства, большая длина кабеля, возникает необходимость защиты кабеля от повреждений. Компактное решение, разместить датчик для подсчета количества циклов на раме стенда, а действие вибраций ослабить специальными приспособлениями в месте крепления.

Существует несколько способов менять величину нагрузки: корректировка длины троса, смена места положения испытуемой детали на столе, использование эксцентрикового механизма. Самые простые в исполнении варианты: первый и второй.

Выберем оптимальный вариант исполнения составляющих компонентов стенда.

Рама – является базовой деталью стенда, функционально, координирует позиционно все элементы конструкции, доступность надежного крепления, легкого монтажа и демонтирования. Учитывая требования к технологичности конструкции, обозначенные в ТЗ, имеются два варианта изготовления рамы: рама из профильной тонкостенной трубы (рисунок 9а) и горячекатаного уголка (рисунок 9б).



а) профильная тонкостенная труба; б) горячекатаный уголок

Рисунок 9 – Варианты материалов для изготовления рамы

Предпочтительней представляется первый вариант, преимуществом является меньшая масса станда, при меньших габаритных размерах сечения.

Тип привода зависит от его предназначения и условий, в которых исполнительный механизм будет работать.

В промышленности применяются три варианта линейных приводов: гидравлические, пневматические, электрические.

Основные преимущества гидропривода:

- возможность универсального преобразования механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки, простота управления и автоматизации;
- возможность держать постоянным силу и момент, без дополнительной работы насоса, предохраняя двигатель и исполнительные механизмы от перегрузок;
- двигатели имеют высокий показатель передаваемой мощности на единицу объема;
- применяя минеральное масло в качестве рабочей жидкости, обеспечиваем надёжную смазку трущихся частей;
- надёжная работа при высоких давлениях в системе, до 27 МПа;
- равномерное распределение усилий при включении нескольких приводов;
- упрощённая компоновка: привода могут располагаться на значительном удалении от двигателя, без потерь передаваемой мощности.

Недостатки гидропривода:

- утечка рабочей жидкости в местах соединения арматуры, при высоких показателях рабочего давления;
- закипание рабочей жидкости, требующие применения дополнительно установленных охладительных элементов, теплообменников;

- необходимость поддержания в процессе эксплуатации, герметичности системы, препятствуя попаданию воздуха, сохраняя чистоту рабочей жидкости;
- необходимость использовать дополнительные средства противопожарной безопасности при использовании горючей рабочей жидкости;
- зависимость рабочих настроек гидропривода от температурных показателей в помещении и соответственно вязкости рабочей жидкости.

Превосходство пневматического привода, в сравнении с гидравлическим и электрическим приводом.

- относительная простота и экономичность конструкции. Изготовление узлов и деталей для пневматических машин и механизмов позволяет ориентироваться на допуски невысокой точности механической обработки. Утечка воздуха не столь критично, как в гидроприводе, снижает эффективность работы и КПД системы т.к. компрессор работает постоянно;
- пневматический привод безопасен, соответствует требованиям взрывозащищённости;
- надежная работа в диапазоне экстремальных температур, в районах с экстремальными условиями;
- длительный срок службы, в сравнении с гидравлическим- и электрическим приводом;
- сравнимо высокое быстродействие;
- передача сжатого воздуха по магистральным, разветвлённым трубопроводам с целью обеспечения пневматической энергией многих потребителей;
- отсутствует необходимость в наличии защитных устройств, от излишнего давления, у конечного потребителя;

- при условии соблюдения общих правил безопасности, полностью исключается механический травматизм, для обслуживающего персонала.

Область применения пневматического привода ограничивается экономическими соображениями из-за больших потерь энергии на работающих постоянно, компрессорах и пневмодвигателях и некоторыми другими недостатками:

- достаточно высокая стоимость пневматической энергии, при низком КПД. Гидравлический привод и электрический имеют КПД, 70% и 90%, соответственно, КПД пневматического привода не превышает 30%;
- узкая направленность применения пневматического оборудования, низкая универсальность;
- сложность обеспечения постоянной скорости движения выходной штанги, при условии переменной внешней нагрузки и фиксации штанги в определенном, промежуточном положении;
- уровень шума, работающей установки достигает 135 дБ, эффективные средства борьбы снижения шума отсутствуют;
- небольшая скорость передачи импульса, приводящей к определенной отсрочке выполнения операций. Скорость передачи пневматического импульса равна скорости звука и зависит от давления, находится в интервале от 150 до 360 м/с. Скорость передачи импульса: гидропривод и электропривод 1000 и 300000 м/с., соответственно.

Электропривод механизмов, достоинства и недостатки в сравнении другими системами приводов:

- устройство электрических приводов элементарно;
- диагностика выполнима в режиме реального времени;
- возможность удаленного управления;
- точность регулировки скорости, промежуточного положения;

- возможность полной автоматизации параметров процессов;
- тихая работа электропривода, в сравнении с другими приводами;
- возможность применить в работе реверсивное движение;
- простой и быстрый монтаж, демонтаж электрического привода к системе.

Недостатком электрического привода является инерционность и невозможность применения в взрывоопасных местах.

Проанализировав приводы, считаем предпочтительный электрический привод, так как он тише, точен в управлении параметрами движения и имеет возможность удаленного управления.

Проанализируем варианты реализации передачи движения: передача цепная (рисунок 10) и передача ременная (рисунок 11).

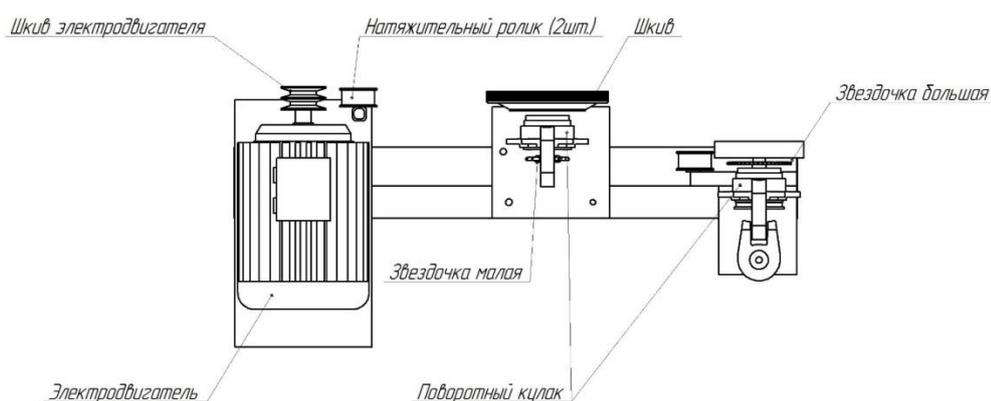


Рисунок 10 – Вариант компоновки с цепным приводом

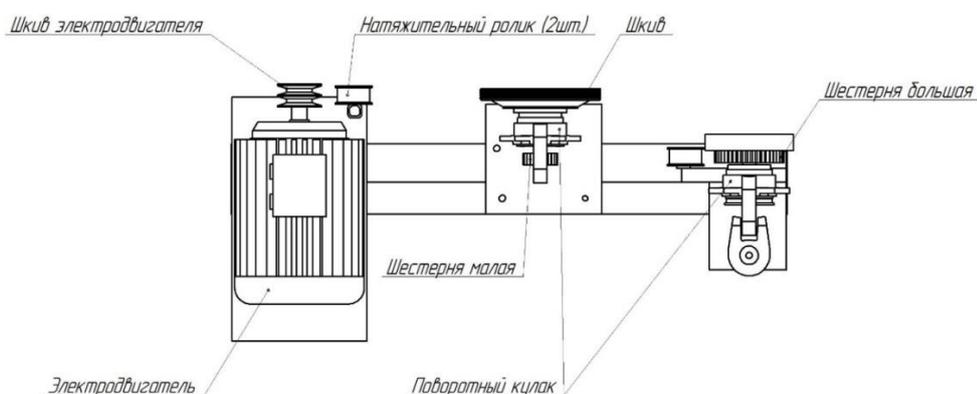


Рисунок 11 – Вариант компоновки с ременным приводом

Достоинства при использовании цепной передачи:

- малая чувствительность к погрешностям в расположении парных валов;
- цепь может передавать движение вращения, нескольким звездочкам;
- передача вращательного движения возможна на относительно большое расстояние.

Недостатки при использовании цепной передачи:

- неравномерность движения, повышенный шум при выполнении функциональных процессов;
- цепь под действием нагрузки растягивается;
- постоянный контроль и при необходимости регулировка натяжения цепи, нанесение и замена смазки, по регламенту;
- быстрый амортизационный износ шарниров цепного механизма;
- сравнительно высокая стоимость.

Достоинства при использовании ременной передачи:

- простота конструкции;
- ведущий и ведомый шкивы можно располагать на расстояния, превышающие 15 метров;
- плавность хода и отсутствие шума при работе;
- механизмы не подвержены перегрузке за счёт демпфирующих свойств ремня и возможности проскальзывать по шкиву;
- способность работать на больших угловых скоростях.

Недостатки при использовании ременной передачи:

- растрескивание ремня, малая долговечность (на больших угловых скоростях, заявлено работает в интервале от 1000 ч. до 5000 ч.);
- нестабильное передаточное отношение (т.к. ремень неизбежно проскальзывает);
- относительно немалые размеры.

Проанализировав, выбираем ременную передачу в качестве передаточного механизма, она проще конструктивно, цена ниже, работает плавно и бесшумно.

Поликлиновый ремень работает со шкивом имеющим клиновую канавку. Поликлиновая ременная передача, имеет повышенное сцепление со шкивами и благодаря гибкости ремня, можно использовать шкивы маленького диаметра, а значит меньшие размеры и большее передаточное отношение.

Поликлиновый ремень (рисунок 12) состоит из покрытия, несущего слоя и основы. Основа выглядит как параллельные ребра клиновидного сечения, проходящие вдоль ремня, обеспечивающие фрикционное сцепление со шкивом. Ремень изготовлен из каучука на основе полихлоропрена, армированного композитными волокнами.

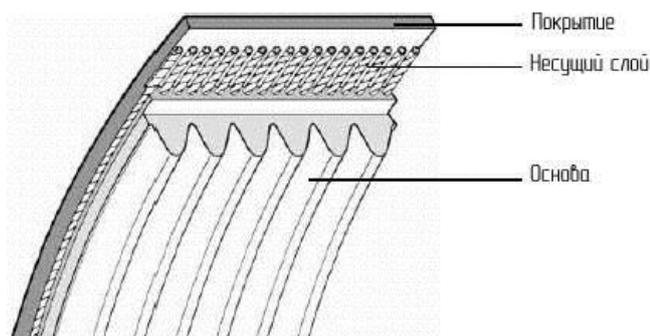


Рисунок 12 – Поликлиновый ремень

Несущий слой представляет собой высокопрочные композитные нити не имеющие линейного удлинения, вваренные в основу и распределенные по всей площади ремня. Эти свойства обеспечивают неизменность длины при больших усилиях на растяжение и позволяют выдерживать высокие нагрузки.

Прочное и гибкое покрытие защищает несущий слой от истирания при контакте с натяжным роликом.

Для подсчета количества циклов применим тензодатчик (рисунок 13).
Технические характеристики тензодатчика представлены в таблице 2.



Рисунок 13 – Тензодатчик

Таблица 2 – Технические характеристики тензодатчика

«Датчик S-типа	Номинальная нагрузка, т	Материал прибора (DIN)	Влагозащита	Длина кабеля, м
CAS SBS-2	2,0	HeC	IP68	5
1				2
Рабочий коэффициент передачи (РКП), мВ/В				2,0±0,002
Диапазон значения нуля, мВ/В				0±0,02
Общая ошибка, %FS				0,02
Повторяемость, %				0,01
Ползучесть (30 мин.), %				0,02
– температурный дрейф нуля %/10°C				0,02
– температурный дрейф сигнала %/10°C				0,013
– рекомендуемое напряжение возбуждения, В				11
– максимальное напряжение возбуждения, В				16
– входное сопротивление, Ом				400±3,3
– выходное сопротивление, Ом				350±3,3
– сопротивление изоляции, МОм				>2000
Безопасная перегрузка, % НПВ				151
Компенсируемый диапазон температур, °С				от минус 12 до плюс 43
Рабочий диапазон температур, °С				от минус 35 до плюс 8» [4].

Достоинства тензодатчика CAS SBS-2: простота конструкции, способность мгновенно реагировать на воздействие, малый вес и небольшой размер, небольшая стоимость.

Предлагаю использовать двухрядный подшипник ступицы ВАЗ-2108, типа HUB-1 (рисунок 14).

Конструктив подшипника: двухрядная конструкция, вид шариковых радиально-упорных подшипников, закрытого типа без фланцев крепления к ступице.

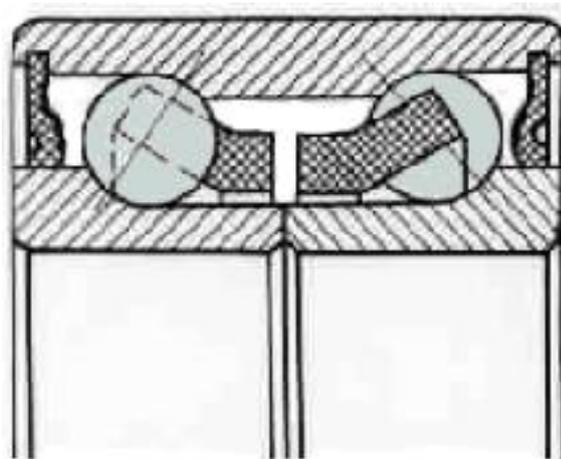


Рисунок 14 – Схема ступичного подшипника

Технические параметры и размеры подшипника передней ступицы
Артикул: 256907-6 EK12L20. Подшипник необслуживаемый, не требующий смазки ГОСТ 520-2002, имеет очень высокий ресурс.

«В международной системе обозначается кодом – 532066DA:

- внутренний диаметр (d): 34 мм;
- наружный диаметр (D): 64 мм;
- высота: 37 мм;
- масса: 0,445 кг;
- диаметр шарика: 9,525 мм;
- количество шариков: 28 шт.;
- динамическая грузоподъемность: 31,5 кН;
- номинальная частота вращения: 6000 мин⁻¹» [5].

2.3 Конструкторские расчеты основных элементов разрабатываемого устройства

2.3.1 Расчет ременной передачи

Исходные данные: электродвигатель мощностью 1,5 кВт; $n=1500 \text{ мин}^{-1}$; $i=3,6$; работа двухсменная; желательное межосевое расстояние $a_{жс} \approx 450 \text{ мм}$.

Предварительный выбор сечения ремня в зависимости от передаваемой мощности.

По рисунку 15 принимаем сечение ремня РК.

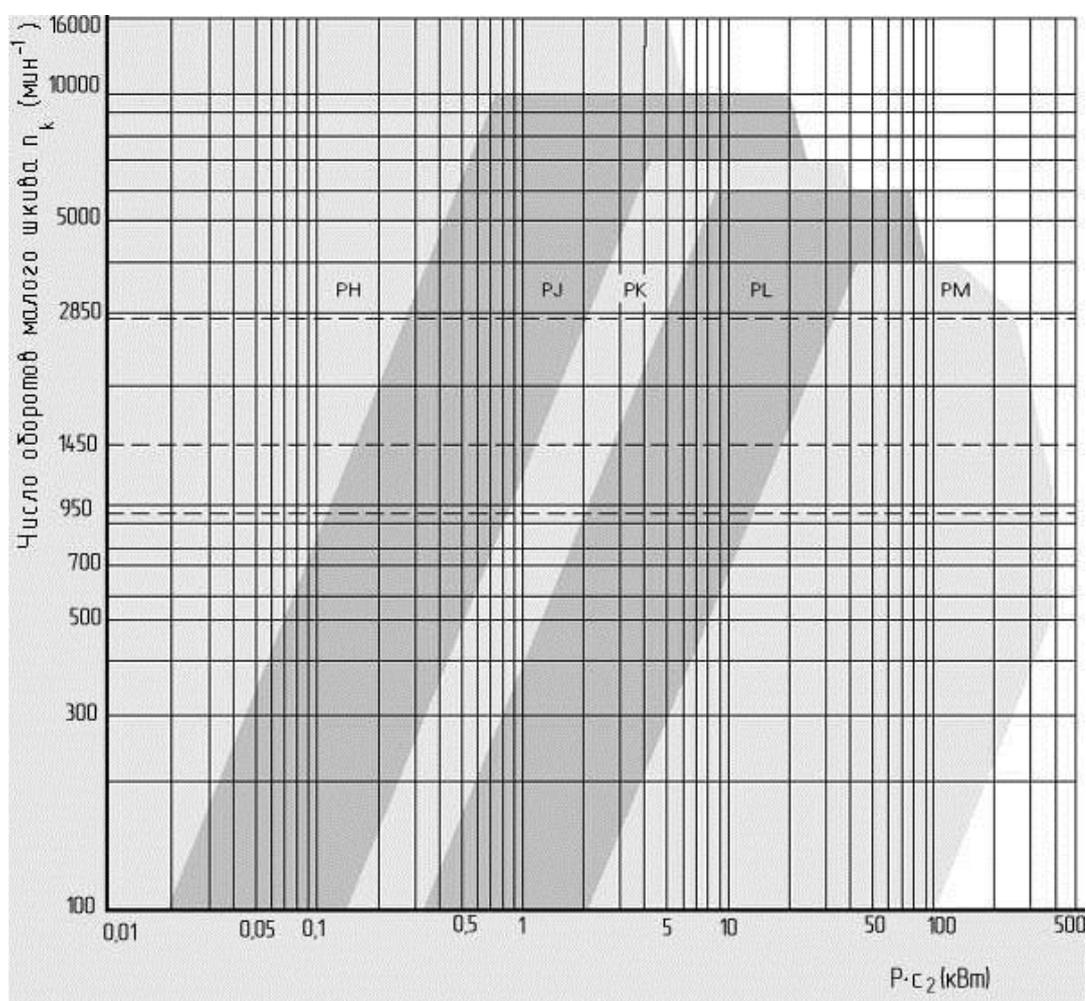


Рисунок 15 – Номограмма для выбора сечения ремня

По таблице 3 определяем минимально допустимый диаметр шкива для выбранного сечения.

Таблица 3 – Геометрические размеры поликлиновых ремней

Обозначение	PH	PJ	PK	PL	PM
Шаг ребер, s , мм	1,6	2,34	3,56	4,7	9,4
Высота ремня, h , мм	2,7	4,0	5,4	9,0	14,2
Нейтральный слой, h_b , мм	0,8	1,2	1,5	3,0	4,0
Минимальный диаметр шкива, d_b , мм	13	20	45	75	180
Максимальная скорость, V_{max} , м/с	60	60	50	40	35
Диапазон длины, L , мм	1140... 2404	356... 2489	527... 2550	991... 2235	2286... 16764

Принимаем минимально допустимый диаметр шкива 60 мм.

Определяем диаметр второго шкива:

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

$$d_{b2} = 60 \cdot 3,6 = 216 \text{ мм.}$$

Определяем ориентировочную длину поликлинового ремня:

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

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

Для сечения РК принимаем ближайшее стандартное значение $L=1397$ мм.

Уточняем межосевое расстояние:

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

$$a = \frac{1}{4} \cdot \left[1397 - \frac{(60 + 216)}{2} \cdot 3,14 + \sqrt{\left(1397 - \frac{(60 + 216)}{2} \cdot 3,14 \right)^2 - 2 \cdot (216 - 60)^2} \right] = 445 \text{ мм.}$$

«Необходимо предусмотреть пространство для натяжения ремня в процессе эксплуатации и для надевания ремня на шкивы.

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

где β – угол обхвата меньшего шкива» [7].

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

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

$$x = \frac{0,008 \cdot 1397}{\sin \frac{160}{2}} = 11,34 \text{ мм},$$

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

где h_f – коэффициент высоты сечения.

По таблице 4 для сечения ремня РК принимаем $h_f=3$.

Таблица 4 – Коэффициент высоты

Сечение ремня	PH	PJ	PK	PL	PM
Коэффициент высоты, h , мм	1,5	2,5	3	6	11

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

Определяем окружную скорость V , м/с:

$$V = \frac{\pi \cdot (d_1 + 2 \cdot h_b) \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \leq [V], \quad (7)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot (60 + 2 \cdot 1,5) \cdot 1500}{60 \cdot 1000} = 4,948 \text{ м/с} \leq [V] = 50 \text{ м/с.}$$

Условие гарантирует срок службы ремня 1000–5000 ч.

«Определяем допускаемую мощность, передаваемую поликлиновым ремнем с десятью клиньями:

$$P_n = P_0 \cdot C_p \cdot C_\alpha \cdot C_l, \quad (8)$$

где P_0 – допустимая приведенная мощность, передаваемая одним поликлиновым ремнем с десятью клиньями, принимаем – 1,8 кВт;

C_p – коэффициент динамичности нагрузки и длительности работы, для спокойной нагрузки, при двухсменном режиме работы принимается равным 0,9;

C_α – коэффициент угла обхвата на меньшем шкиве, принимается равным 0,92 при $\beta=160^\circ$;

C_l – коэффициент влияния отношения расчетной длины ремня к базовой, принимается – 1» [5].

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

«Определяем число клиньев поликлинового ремня, шт:

$$z = 10 \cdot \frac{P_{ном}}{P_n}, \quad (9)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя» [6].

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

Принимаем число клиньев ремня равным 10.

Определяем силу предварительного натяжения F_0 , Н:

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_{ном} \cdot C_l}{V \cdot C_\alpha \cdot C_p}, \quad (10)$$

$$F_0 = \frac{850 \cdot 1,5 \cdot 1}{4,948 \cdot 0,92 \cdot 0,9} = 311,2 \text{ Н.}$$

Определяем окружную силу, передаваемую поликлиновым ремнем:

$$F_t = \frac{P_{ном} \cdot 10^3}{V}, \quad (11)$$

$$F_t = \frac{1,5 \cdot 10^3}{4,948} = 303,15 \text{ Н.}$$

«Определяем ширину ремня по формуле:

$$b = \frac{F_t}{\delta \cdot [k]}, \quad (12)$$

где $[k]$ – допустимая удельная окружная сила, МПа, для резинотканевых ремней принимаем равной 2,25 МПа;

δ – толщина ремня, мм, для резинотканевых ремней принимаем равной 2,5 мм» [26].

$$b = \frac{303,15}{2,5 \cdot 2,25} = 53,89 \text{ мм.}$$

Для обеспечения эластичности ремня, ширину округляем до стандартного значения 63 мм.

Определяем площадь поперечного сечения ремня A , мм²:

$$A = b \cdot \delta, \quad (13)$$

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

«Проверяют прочность ремня по максимальным напряжениям в сечении ведущей ветви:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_u + \sigma_v \leq [\sigma]_p, \quad (14)$$

где σ_1 – напряжения растяжения от силы F_1

$$\sigma_1 = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2 \cdot A}, \quad (15)$$

$$\sigma_1 = \frac{311,2}{157,5} + \frac{303,15}{2 \cdot 157,5} = 2,93 \text{ МПа.}$$

Напряжение изгиба определяется по формуле:

$$\sigma_u = E_u \cdot \frac{H}{d_{b1}}, \quad (16)$$

где E_u – модуль продольной упругости при изгибе, для прорезиненных ремней принимаем 80 МПа;

H – высота сечения ремня, принимается равной 4 мм.

$$\sigma_u = 80 \cdot \frac{4}{60} = 5,33 \text{ МПа.}$$

Напряжение от центробежных сил определяется по формуле:

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-6}, \quad (17)$$

где ρ – плотность материала, кг/м^3 , для поликлинового ремня принимаем равной 1300 кг/м^3 .

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

$[\sigma_u]_p$ – допускаемое напряжение растяжения, МПа, принимаем для поликлинового ремня равное 9 МПа» [5].

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

Условие выполняется.

«Определяем расчетную долговечность ремня по формуле:

$$H_0 = \frac{\sigma_{-1}^6 \cdot 10^7 \cdot C_u \cdot C_p}{\sigma_{\max}^6 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot U}, \quad (18)$$

где σ_{-1} – предел выносливости материала ремня, МПа, для прорезиненных поликлиновых ремней принимаем равным 9 МПа.

C_u – коэффициент, учитывающий влияние передаточного числа ременной передачи.

$$C_u = 1,5 \cdot \sqrt[3]{u} - 0,5, \quad (19)$$

$$C_u = 1,5 \cdot \sqrt[3]{3,6} - 0,5 = 1,798.$$

где U – число пробегов ремня в секунду, с^{-1} » [5].

$$U = \frac{V}{L}, \quad (20)$$

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

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

2.3.2 Расчет троса на прочность

«Прочность троса определяется по формуле:

$$\frac{N}{A} \leq R_{dh} \cdot \frac{\gamma_c \cdot \gamma_b}{\gamma_n}, \quad (21)$$

где N – нагрузка испытываемая тросом, принимается равной 1500 Н;

A – площадь сечения троса, мм²,

γ_c – коэффициент общих условий работы канатного элемента, принимается равным 1;

γ_b – коэффициент условий работы, учитывающий влияние на прочность каната концевых анкерных креплений и промежуточных концентраторов напряжений, равен 1;

γ_n – коэффициент надежности по назначению, учитывающий степень ответственности и капитальности сооружения, принимаемый в соответствии с действующими нормативными документами, равен 1» [7].

$$A = \pi \cdot R^2, \quad (22)$$

$$A = 3,141 \cdot 1,5^2 = 22,2 \text{ мм}^2.$$

Расчетное сопротивление каната определяется по формуле:

$$R_{dh} = 0,63 \cdot R_{un}, \quad (23)$$

где R_{un} – наименьшее временное сопротивление проволоки разрыву по государственным стандартам или техническим условиям, принимаем равным 390 МПа для проволоки из стали 08кп группы 1.

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

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

$$212,22 \text{ МПа} \leq 245,7 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

2.3.3 Проверка подшипников на долговечность

В качестве подшипникового узла принимаем подшипник передней ступицы 256907 (грузоподъемность динамическая 31,5 кН).

«Определяем долговечность подшипника:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (24)$$

где C – динамическая грузоподъемность, кН;

P – эквивалентная динамическая нагрузка, кН. В стенде действует динамическая нагрузка от 0,5 до 1,5 кН, принимаем среднюю нагрузку около 1 кН;

p – индекс, в зависимости от конструкции подшипника, для шариковых подшипников принимаем равным 3» [10].

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

2.4 Руководство по эксплуатации стенда для циклических испытаний растяжек передней подвески

Руководство по эксплуатации стенда для циклических испытаний в растяжек передней подвески, предназначено для ознакомления с принципом действия устройства, содержащее данные, необходимые для правильного использования и проведения сервисных работ.

Допуск к работе на стенде получает персонал, ознакомившийся с технической документацией, выполнивший пробные испытания с опытным специалистом, прослушавший общий инструктаж по тех. безопасности.

К проведению сервисных работ и мелкому ремонту стенда, допускаются специалисты, знающие правила технической эксплуатации, тех. документацию и получившие, после проверки знаний специальной комиссии, квалификационную группу не ниже пятой

Стенд имитирует циклическую нагрузку, действующую на растяжку нижнего рычага, передней подвески, в ходе эксплуатации.

Стенд для проведения сертификационных испытаний должен использоваться в лаборатории. Стенд не предполагает расположение вне помещения.

Технические характеристики приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики стенда

Характеристика	Значение характеристики
Вариант стенда	стационарный
Мощность электрического двигателя, кВт	1,6
Форма нагружения	синусоидальная
Частота нагружения, Гц	3
Нагрузка изменяемая циклически, кН	от 0,5 до 1,5
Размер устройства, мм	1390×1370×420

Комплектность поставки стенда представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Комплектность поставки стенда

Наименование комплектующего элемента	Единица измерения	Количество
Электродвигатель	шт.	1
Рама	шт.	1
Тензодатчик	шт.	1
Частотный регулятор	шт.	1
Устройство для нагружения	шт.	1
Крепеж	шт.	40
Руководство по монтажу	шт.	1

Продолжение таблицы 6

Наименование комплектующего элемента	Единица измерения	Количество
Паспорт	шт.	1
Инструкция по эксплуатации	шт.	1

Стенд должен эксплуатироваться согласно ГОСТ 15150-69 климатическое исполнение, категория размещения У5: умеренный макроклимат, эксплуатация в помещениях с навесом:

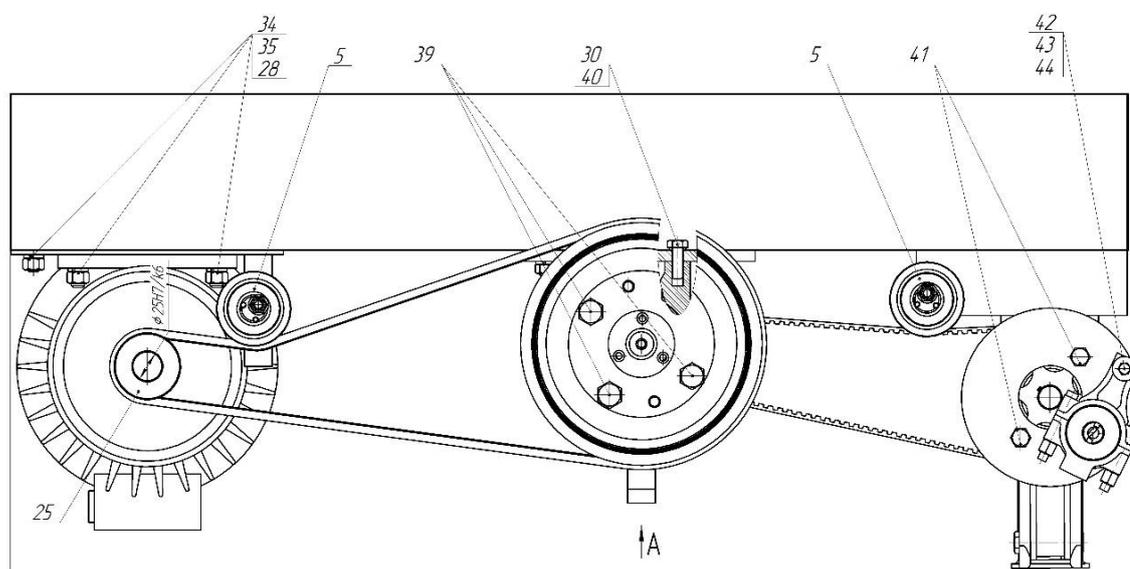
- оптимальная температура от минус 5°С до плюс 35°С;
- атмосферное давление от 570 до 800 мм.рт.ст.;
- максимальная относительная влажность до 100% при плюс 25°С.

Аттестация испытательного оборудования, основные положения обеспечения единства измерений по ГОСТ Р 52931-2008.

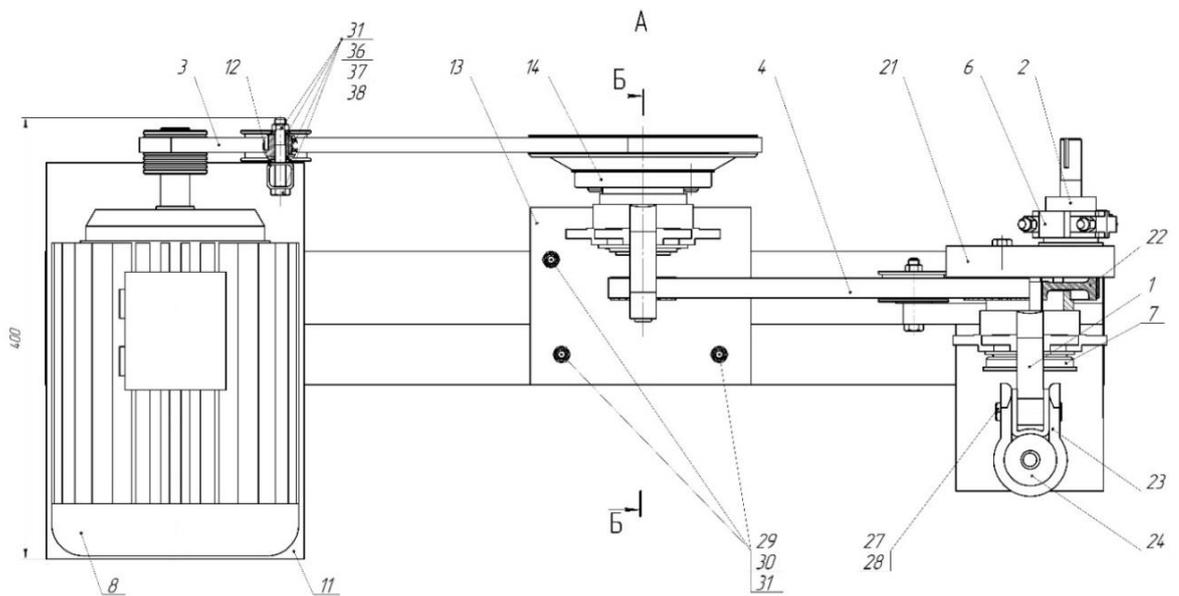
С помощью частотного регулятора осуществляется управление параметрами испытания растяжек передней подвески.

Основные конструкционные элементы стенда в комплектации для испытаний растяжек передней подвески: площадка для испытаний, рама, привод. Спецификации на основные элементы стенда прилагаются к данной работе (Приложение А рисунки А.1, А.2, А.3, А.4, А.5, А.6).

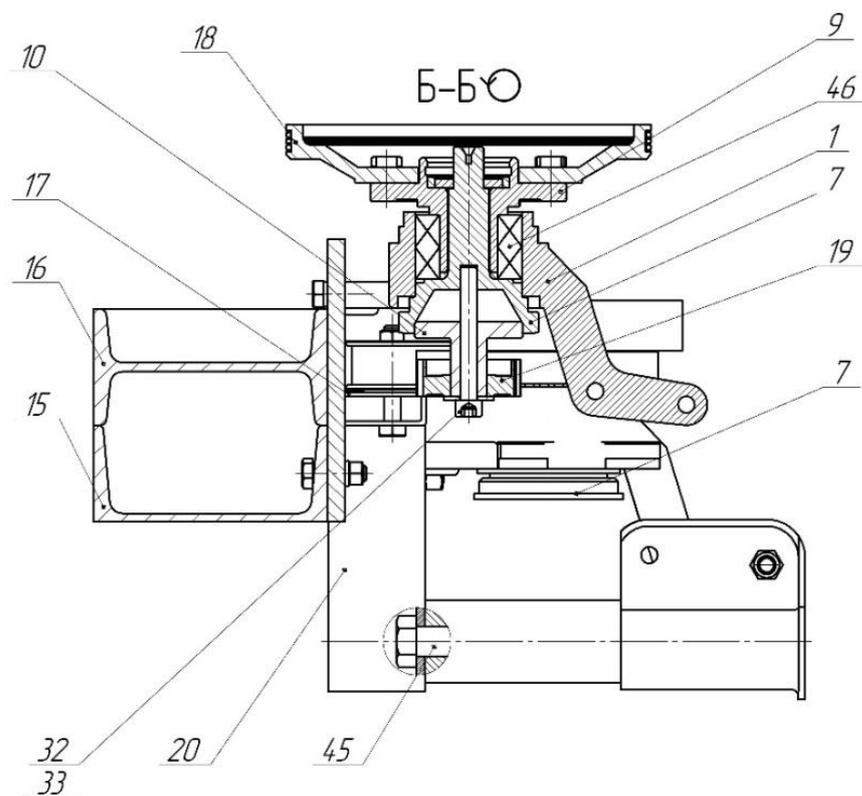
Привод стенда представлен на рисунке 16.



а) вид сверху



б) вид сбоку



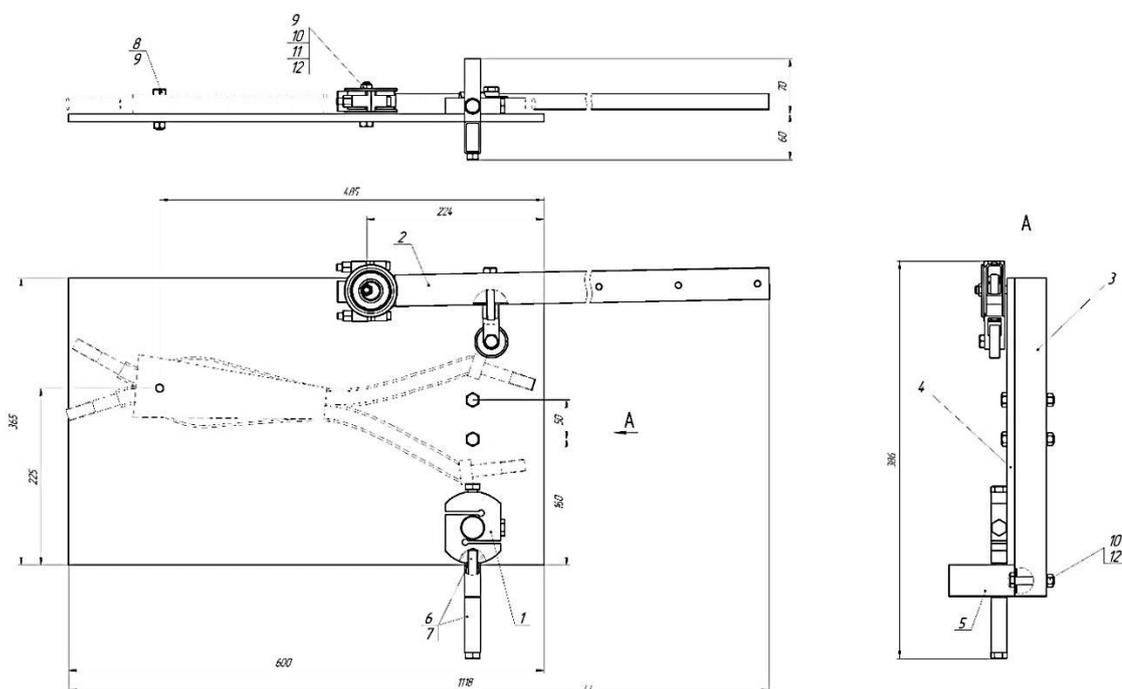
в) вид в разрезе

- 1 – поворотный кулак; 2 – ступичная ось; 3 – поликлиновый ремень; 4 – зубчатый ремень; 5 – натяжной ролик; 6 – шатун; 7 – ШРУС; 8 – электродвигатель; 9 – ступица; 10 – втулка; 11 – площадка для крепления электродвигателя; 12 – прямоугольный профиль; 13 – лист стальной; 14 – ступица; 15 – швеллер; 16 – двутавр; 17 – прямоугольный профиль; 18 – шкив; 19 – малый шкив; 20 – швеллер; 21 – диск металлический; 22 – большой шкив; 23 – держатель; 24 – ось; 25 – шкив; 27–45 – метиз; 46 – подшипник

Рисунок 16 – Привод стенда

Основной элемент станда – рама, изготовлена из металлопроката. На раме смонтирован привод, в состав которого входит: электродвигатель 8; ременные передачи 3, 4; поворотные кулаки с подшипниками 1; шкивы; шатун 6; трос, с возможностью изменения длины (нагруженности); площадка для закрепления растяжек, датчик отсчета циклов.

Площадка для испытания растяжек (рисунок 17) предназначена для фиксации растяжек.



1 – тензодатчик; 2 – устройство нагружения; 3 – прямоугольный профиль; 4 – лист стальной; 5 – прямоугольный профиль; 6–13 – крепеж

Рисунок 17 – Площадка для испытания растяжек

Принцип работы устройства.

Для задания требуемых технических условий, проводится подготовительное испытание без растяжек (форма графика нагружения – синусоидальная; интенсивность нагружения 3 Гц; вид нагрузки циклический – от 0,5 до 1,5 кН). Скорость вращения вала электродвигателя регулируется

частотным регулятором и соответствует требуемой интенсивности нагружения.

При подготовке к испытаниям, растяжки, привариваются дуговой сваркой с помощью металлических пластин и крепятся болтом к испытательной площадке.

Месторасположение и установка стенда.

Стенд для испытания растяжек передней подвески должен использоваться в рекомендованных условиях для выполнения сертификационных испытаний. Одно из главных требований расположения – наличие ровной горизонтальной поверхности. Стационарное место размещения под стенд, определяет служба главного инженера, на свободные площади, учитывая нормы и правила расстановки сертификационного оборудования. Установленное оборудование необходимо заземлить проводом с сечением не менее 12 мм².

Подготовка стенда к работе

Работы по подготовке производится на обесточенном стенде, лишь в исключительных случаях допускается работа по подготовке на работающем стенде условий сертификационных испытаний:

- консервационную смазку удалить с частей стенда, при необходимости обезжирить;
- проверить надежность соединений деталей стенда, отсутствие люфтов;
- проверить работоспособность регулятора частоты вращения электродвигателя.
- проверить надежность соединения заземляющего провода;
- проверить визуально, состояние механизмов стенда.

Маркировка стенда.

Алюминиевая заводская табличка, заклёпанная на раме, несет информацию о товарном знаке и названии изготовителя, о предпочтительных

технических условиях, о порядковом номере присвоенным изготовителем, о дате выпуска.

Транспортировка, хранение:

Подготовка к длительному хранению и укладка разборных элементов стенда, подшивка сопроводительной документации производится по упаковочному алгоритму. Варианты внутренней упаковки и временной противокоррозионной защиты выбирается из предложенных ГОСТ 9.014-78. Тара для транспортировки, деревянная, на экспорт, делается по стандарту ГОСТ 24634-81.

Алгоритм работы на стенде в комплектации для испытаний растяжек передней подвески:

- закрепить растяжки передней подвески, на площадке для испытаний;
- включить кнопкой пуск, электродвигатель;
- установить частотным регулятором заданную частоту вращения;
- оператор, не реже одного раз в час контролирует заданную нагрузку и фиксирует количество пройденных циклов.

Мероприятия по безопасности на стенде:

- а) допуск к работе на стенде получает персонал, ознакомившийся с технической документацией, выполнивший пробные испытания с опытным специалистом, прослушавший общий инструктаж по технике безопасности;
- б) персонал, допущенный к работе на стенде должен уметь правильно пользоваться средствами индивидуальной защиты;
- в) при работающем стенде запрещается:
 - 1) работать при отсутствии надежного заземления;
 - 2) проводить ремонтные и другие работы, если вал электродвигателя продолжает вращаться (полностью не остановлен);

- 3) вести сварочные работы, используя открытый огонь, в непосредственной близости;
- 4) производить испытания с неисправными защитными кожухами, или совсем без них.

Техническое обслуживание, по завершению испытания:

- отключить электропитание,
- проверить сварные соединения и состояние резьбовых соединений,
- произвести уборку рабочей зоны.

Безопасность испытаний.

Допуск к работе на стенде получает персонал, ознакомившийся с технической документацией, выполнивший пробные испытания с опытным специалистом, прослушавший общий инструктаж по тех. безопасности.

Техническое обслуживание, алгоритм проведения:

Общее положение.

Техническое обслуживание стенда, может быть ежесменным (один раз в смену) и регламентированным.

Уборка рабочего места, обслуживание стенда, визуальный осмотр, производится по завершении рабочей смены. Регламентированное обслуживание, обслуживание по регламенту, включающее техническое обслуживание отдельных узлов и механизмов стенда, с определенной периодичностью в соответствии с таблицей и в исключительных случаях:

- после замены отдельных элементов стенда,
- произведя мелкий ремонт механизмов,
- по завершению настроечных работ,
- после продолжительных простоев в работе.

Ежесменное обслуживание стенда проводится оператором.

К регламентированному обслуживанию, профилактическим работам, допускаются специалисты, знающие правила технической эксплуатации,

техническую документацию и получившие, после проверки знаний специальной комиссии, квалификационную группу не ниже пятой.

Ежесменное техническое обслуживание.

В процессе сертификационных испытаний следует содержать рабочее место в чистоте и порядке.

Готовясь к началу испытаний, следует убрать из рабочей зоны посторонние предметы не связанные с выполнением технологического процесса.

Регламентные работы, профилактика проводится на ежегодной проверке технического состояния: визуально проверяется состояние лакокрасочных покрытий, отсутствие коррозии, надёжность резьбовых соединений, допустимое провисание ремня, чистота контактных пар, отсутствие повреждений изоляционных материалов.

В случае обнаружения очагов коррозии, следует зачистить поврежденное место, обезжирить и покрыть эмалью (лаком).

«При удалении жировых пятен и старой смазки, запрещается применять агрессивные растворители, ацетоны, кислоты и щёлочи, способные повредить лакокрасочное покрытие стенда» [19].

Регламент обслуживания элементов узлов, механизмов и агрегатов стенда представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Регламент обслуживания элементов узлов, механизмов и агрегатов стенда

Интервал обслуживания	Содержание работ. Метод их применения	Приборы, инструменты
«Ежесменное	Визуальная проверка всех крепежных соединений, подтяжка крепежа при необходимости	Динамометрический, гаечные ключи
Раз в 4-5 смен	Проверка и при необходимости подтягивание натяжения ремня	Монтировка, ключи
Раз в 6 месяцев	Замена ремней	Монтировка, ключи» [19].

Текущий ремонт.

Возможные неисправности станда, причины и способы их решения приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Возможные неисправности станда и способы их решения

Неисправность	Возможные причины	Методы решения
«1. Электрический двигатель не запускается, гудит	1. Отсутствие или очень низкое напряжение в сети. 2. Отсутствие одной из фаз в обмотке статора, в подводящих проводах. 3. Неправильное подключение фаз. 4. Подклинивание приводного устройства. 5. Перегрузка двигателя» [15].	1. Проверить работу стабилизатора, устранить неисправность по питанию. 2. Обмотку статора перемотать или заменить на новую. 3. Проверить подключение фаз. 4. Устранить перекоп, восстановить центровку механизма 5. Проверить заявленную мощность двигателя
2. Двигатель вращается медленно	1. От вибрации пропала одна из фаз 2. Сильно занижено напряжение сети	1. Подключить отсутствующую фазу. 2. Проверить работу стабилизатора, устранить неисправность по питанию
«3. Сильная вибрация работающего двигателя	1. Несоосность валов. 2. Неотбалансированы детали привода	1. Восстановить соосность. 2. Сбалансировать привода» [17].
«4. Остановка работающего двигателя	1. Отсутствие эл. питания. 2. Недопустимо понижено напряжение питающей сети» [15].	1. Устранить неисправность в питающей аппаратуре. 2. Проверить работу стабилизатора, устранить неисправность по питанию
5. Обрыв ремня	1. Ресурс ремня выработан	1. Установить новый ремень
6. Обрыв троса	1. Ресурс троса выработан	1. Установить трос новый

Условия складского хранения.

«Стенд, до введения в эксплуатацию должен храниться в разобранном виде, упакованным изготовителем, в помещениях с искусственным поддержанием температуры воздуха от плюс 5 до плюс 40°С и влажности до 80% – категория условий хранения "Л" ГОСТ 15150-69. В этом помещении, сухом и тёплом, должно быть чисто, исключается содержание паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других агрессивных веществ, способствующих

возникновению коррозии металлических изделий и повреждения материалов изоляции» [23].

Стенд может храниться без упаковки в отапливаемых складских помещениях при поддержании температуры воздуха от плюс 10°C до плюс 35°C, до 80% влажности.

«Транспортирование узлов, механизмов и агрегатов стенда.

Транспортирование производится в транспортной таре и должно быть в соответствии с требованиями:

- ГОСТ 23170-78 для условий транспортирования «С»;
- «техническими условиями погрузки и крепления грузов»;
- «общими специальными правилами перевозки грузов» (тарифное руководство 4-М).
- транспортная тара по ГОСТ 24634-81» [20].

Выводы по разделу.

При выполнении конструкторской части работы было составлено техническое задание и предложение с подробным описанием агрегатов, узлов и элементов стенда для испытания на циклическую долговечность растяжек подвески легкового автомобиля. Проведены конструкторские расчеты основных элементов и составлено руководство по эксплуатации стенда.

3 Технологический процесс сертификационных испытаний растяжки передней подвески легкового автомобиля

3.1 Функциональное предназначение растяжки

Растяжка нижнего рычага передней подвески (рисунок 18) сокращает плечо рычага, соединяет рычаг с поперечиной, создавая при этом, жесткость крепления, собранность элементов подвески.



Рисунок 18 – Растяжка передней подвески

Растяжка соединяется на рычаге и поперечине с помощью демпфирующих, резиновых проставок, обеспечивающих с одной стороны: жесткое крепление, с другой: снижение ударных нагрузок, от подвески на кузов авто. На концах растяжки находятся крепежные штыри с нарезанной метрической резьбой М16×1,5. Регулировка положения рычага подвески относительно поперечины, осуществляется регулировочными шайбами, нанизываемые на крепежный штырь. Растяжка отливается из легированной стали и покрывается антикоррозионной краской, сохраняя металл от воздействия дорожных реагентов, солей и влаги. Растяжка нижнего рычага, принимая удары и вибрацию при движении автомобиля, снижает пагубное влияние на остальные элементы подвески.

3.2 Возможные неисправности передней подвески. Причины и варианты их устранения

В таблице 9 представлены возможные неисправности передней подвески.

Таблица 9 – Возможные неисправности передней подвески

Возможная неисправность	Способ устранения
«Посторонний шум и стук в подвеске во время движения»	
Разгерметизированы стойки подвески	Замена или ремонт стойки
Ослабли болты, крепящие штангу стабилизатора поперечной устойчивости к кузову. Износ резинового сайлентблока растяжки или штанги	Подтянуть болты, заменить изношенный сайлентблок
Ослабло крепление верхней опоры стойки подвески к кузову	Протяните все гайки верхней опоры
Просадка, разрушение резиновой опоры стойки	Заменить резиновый элемент опоры стойки
Износ резинометаллических шарниров рычагов подвески, растяжек или стоек штанги стабилизатора	Заменить сайлентблок, шарнир
Износ шарового шарнира рычага подвески	Заменить шаровый шарнир или рычаг в сборе
Просадка или поломка пружины подвески	Поменять местами, заменить пружину
Удар в конце хода сжатия	Заменить ограничитель, буфер
Большое биение колеса	Балансировка колес » [21].
«Подтекание жидкости из стойки (амортизатора задней подвески)»	
Износ или разрушение сальника штока, пыльника	Замените сальник, пыльник и закачайте газ или масло
Забоины, задиры на штоке, повреждение хромового покрытия	Замените поврежденный шток, сальник, пыльник и закачайте газ или масло
Усадка или повреждение уплотнительного кольца корпуса стойки (резервуара амортизатора)	Заменить кольцо уплотнительное» [25].
«Недостаточное сопротивление стойки подвески (амортизатора задней подвески) при ходе отдачи»	
Неисправность перепускного клапана	Заменить поврежденную деталь
Недостаточный объем рабочей жидкости или газа вследствие утечки	Заменить поврежденные детали и добавить до номинала жидкость или газ
Задиры на цилиндре и поршневом кольце	Замените поврежденные детали и жидкость
Износ или повреждение нейтрального фторопластового слоя направляющей втулки	Заменить фторопластовую втулку
Осадка пружины клапана отдачи	Замените пружину
Наличие в жидкости посторонних примесей	Масло заменить» [21].

Продолжение таблицы 9

Возможная неисправность	Способ устранения
«Недостаточное сопротивление стойки подвески (амортизатора задней подвески) при ходе сжатия	
Негерметичность клапана сжатия	Замените поврежденные детали или устраните их неисправности
Недостаточное количество жидкости из-за утечки	Замените поврежденные детали и залейте жидкость
Износ штока или повреждение фторопластового слоя направляющей втулки	Замените изношенные детали
Наличие в жидкости посторонних примесей	Замените жидкость на газ
Износ, деформация или разрушение дисков клапанов сжатия	Замените изношенные или поврежденные диски» [22].
«Частые пробои подвески	
Осадка пружины подвески	Замените пружину или поменяйте местами
Не работает амортизатор задней подвески	Ремонт или замена стойки» [23].

3.3 Технологическая карта испытания растяжки передней подвески легкового автомобиля

В таблице 10 представлена технологическая карта испытания растяжки передней подвески легкового автомобиля. Общая трудоёмкость – 31,1 чел./мин. (0,52 чел./ч.), исполнитель – испытатель.

Таблица 10 – Технологическая карта испытания растяжки передней подвески легкового автомобиля

Наименование операции, перехода	Количество точек воздействия	Приборы и инструмент	Трудоёмкость, мин	Технические требования
1 Подготовка растяжки к испытанию	–	–	15,0	–
1.1 Изготовить соединительные пластины	2	Сверлильный станок, молоток, кернер	10	Размеры пластин согласно требованиям чертежа
1.2 Приварить пластины к растяжкам	8	Сварочный аппарат	5	–
2 Установка растяжки	–	–	3,0	–
2.1 Закрепить растяжки передней подвески на стенд	2	Два ключа на 10 мм	1,5	–

Продолжение таблицы 10

Наименование операции, перехода	Количество точек воздействия	Приборы и инструмент	Трудоёмкость, мин	Технические требования
2.2 Закрепить трос на устройстве для нагружения	2	Два ключа на 8 мм	1,5	–
3 Настройка стенда	–	–	7,8	–
3.1 Запустить электрический двигатель	1	–	0,3	–
3.2 Установить частоту вращения для настройки нагрузки	1	Частотный регулятор	0,5	1 Гц
3.3 Нагрузить растяжку	1	–	3	min нагрузка 0,5 кН, max нагрузка 1,5 кН
3.4 Установить частоту нагружения	1	Частотный регулятор	2	3 Гц
3.5 Проверить величину нагрузки	1	Тензометрический датчик	2	min нагрузка 0,5 кН, max нагрузка 1,5 кН
4 Испытания	–	–	2	–
4.1 Каждый час производить контроль нагрузки и количества циклов	1	Счетчик импульсов Овен СИ8, тензометрический датчик	2	min нагрузка 0,5 кН, max нагрузка 1,5 кН
5 Завершение испытаний	–	–	3,3	–
5.1 При достижении 2.000.000 циклов, выключить электрический двигатель	1	–	0,3	–
5.2 Снять трос с устройства для нагружения	2	Два ключа на 8 мм	1	–
5.3 Снять растяжки передней подвески со стенда	2	Два ключа на 10 мм	1,5	–

Выводы по разделу.

В данном разделе рассмотрена функциональная принадлежность растяжки подвески легкового автомобиля, рассмотрены основные неисправности передней подвески, причины и способы их устранения.

Также разработана карта испытания растяжки передней подвески легкового автомобиля.

4 Производственная и экологическая безопасность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются: рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений; рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии; рациональная организация рабочих мест; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства; механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия» [35].

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности.

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию» [35].

В таблице 11 представлен паспорт безопасности на технологический процесс проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний.

Таблица 11 – Паспорт безопасности на технологический процесс проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Проверка растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний	1 Подготовка растяжки к испытанию. 2 Установка растяжки. 3 Настройка стенда 4 Испытания. 5 Завершение испытаний	Инженер-испытатель	Стенд для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими нагрузками, сверлильный станок, молоток кернер, сварочный аппарат, счетчик импульсов Овен СИ8, тензометрический датчик, частотный регулятор	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

4.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения
1 Подготовка растяжки к испытанию. 2 Установка растяжки. 3 Настройка стенда. 4 Испытания. 5 Завершение испытаний	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты для сборки
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, станок
	Повышенный уровень шума	Электроинструмент, станок
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, сварочный аппарат, станок» [27].
	Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	Сварочный аппарат, сварка рамы
	Излучение сварочной дуги	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат, сварка рамы
	Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл	Сварочный аппарат, сварка рамы
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании
	Напряжение зрительных анализаторов	
Статические нагрузки, связанные с рабочей позой		

4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [29].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья,

- предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
- 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [29];
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
 - в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
 - г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствии с действующими нормами;
 - д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
 - е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
 - ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране

труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (классов) по охране труда компьютерами, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;

- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи» [27].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [30]	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015 – обеспечение дистанционного управления оборудованием» [31]	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)

Продолжение таблицы 13

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> – уменьшение величины шума на пути его распространения; – снижение шума в источнике; – проведение лечебно-профилактических мероприятий; – организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля; – контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин; – введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях); – архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений; – формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест; – акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов. 	Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход; противошумные шлема и каски; противошумные костюмы
Возможность поражения электрическим током	<p>К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – изоляция токопроводящих элементов (рабочая, двойная, усиленная); – зануление; – заземление; – защитное отключение. <p>К организационным мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени работы, ответственных лиц, мер безопасности; – обучение персонала и оформление допуска; 	Диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики, предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги,

Продолжение таблицы 13

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<p>– надзор над проведением работ. Технические средства защиты от действия электрического тока:</p> <p>а) изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики);</p> <p>б) «предохранительные - специальные средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность во время проведения электромонтажных работ в особо сложных условиях: на высоте, при световом, тепловом и механическом воздействии электрической дуги (предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы)» [31];</p> <p>в) ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты)</p>	<p>специальные знаки и плакаты</p>
<p>Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное Излучение сварочной дуги Электромагнитные поля</p>	<p>Питание электрической дуги разрешается производить только от сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей.</p>	<p>Брезентовый костюм с огнезащитной пропиткой, ботинки и рукавицы (перчатки), защитные шлема или щитки со специальными светофильтрами, регулирующие затемнение в зависимости от силы сварочного тока</p>
<p>Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл</p>	<p>Непосредственное питание сварочной дуги от силовой, осветительной и контактной сети не допускается</p>	
<p>Отсутствие или недостаток естественного света</p>	<p>Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройстводополнительного освещения на рабочем месте рабочего.</p>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 13

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра	
<p>Напряжение зрительных анализаторов.</p> <p>Статические нагрузки, связанные с рабочей позой</p>	<p>«Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям НПА.</p> <p>В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и так далее современным требованиям эргономики, антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека» [30].</p>	—
<p>Монотонность труда, вызывающая монотонию</p>	<ul style="list-style-type: none"> – расширение круга обязанностей; – усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; – руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. <p>«Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых являются едиными. С сокращением рабочего дня потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда» [31].</p> <ul style="list-style-type: none"> – обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение. Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета 	—

4.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и сооружений. СНиП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категоризируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники,
- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при проверке растяжки передней подвески на стенде представлен в таблице 4.

Таблица 14 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при проверке растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [27].
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [32].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [27].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей

Продолжение таблицы 14

Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [31].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [30].

4.5 Экологическая безопасность технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Идентификация экологических факторов технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний

Структурные составляющие процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Проверка растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний	«Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [28].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия при проверке растяжки передней

подвески на стенде циклических испытаний представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются

Вывод по разделу.

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс проверки растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний (таблица 11);
- выявлены профессиональные риски при проверке растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний (таблица 12) и определены пути их снижения (таблица 13);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при проверке растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний (таблицы 14, 15);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия при проверке растяжки передней подвески на стенде циклических испытаний (таблица 16).

5 Экономическая эффективность проекта

«Рассчитаем затраты на изготовление конструкции стенда для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвески по формуле (25):

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{о.н}}, \quad (25)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [26]

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле (26):

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (26)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей» [26].

В таблице 17 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 17 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама	Прямоугольная труба 60×30	63	63	52,3	3294,9
	Швеллер №8	13,5	13,5	23,4	315,9
	Швеллер №14	10	10	26,2	262

Продолжение таблицы 17

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
	Двугавр №14	6	6	35,6	213,6
	Лист горячекатаный	7	7	45,1	315,7
Итого:	–	–	–	–	4402,1

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле (27):

$$C_{o.d} = C_{прн} \cdot C_m, \quad (27)$$

где $C_{прн}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.

$$C_{прн} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (28)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч. (в данном случае изготавливаем устройство для нагружения – 1 шт., площадку для испытаний – 1 шт.),

$$t = 1 \cdot 3,4 + 1 \cdot 2,5 = 5,9 \text{ чел. - ч.}$$

где C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч. Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда:

$12792/(7 \cdot 21) = 87,02$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $87,02 \cdot 1,42 = 123,56$ р./ч.; k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, 1,025...1,03» [26].

$$C_{\text{ПРН}} = 5,9 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 750,87 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле (29):

$$C_{\text{д}} = \frac{(5 \dots 12) \cdot C_{\text{нр}}}{100}, \quad (29)$$

$$C_{\text{д}} = \frac{10 \cdot 750,87}{100} = 75,09 \text{ р.}$$

Рассчитываем начисления на заработную плату по формуле (30):

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (C_{\text{нр}} + C_{\text{д}})}{100} \quad (30)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (750,87 + 75,09)}{100} = 247,79 \text{ р.},$$

«Рассчитываем стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей по формуле (31):

$$C_{\text{М}} = Ц \cdot Q_3, \quad (31)$$

где $Ц$ – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [26].

В таблице 18 представлена стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 18 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка материала	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Устройство для нагружения	Сталь 40Х	1	3	28,0	84,0
Площадка для испытаний	Сталь 45	1	5	22,0	110,0
Итого:	–	–	–	–	194,0

$$C_M = 3 \cdot 28 + 5 \cdot 22 = 194 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 750,87 + 75,09 + 247,79 + 194 = 1267,75 \text{ р.}$$

«Рассчитываем полную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке по формуле (32):

$$C_{CB.P} = C_{CB} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (32)$$

где C_{CB} – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{д.сб}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{соц.сб}$ – отчисления соцстраху рабочих, р.» [26].

«Рассчитываем основную заработную плату рабочих, занятых на сборке по формуле (33):

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (33)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{CB} = k_c \cdot \sum t_{c.б}, \quad (34)$$

где $t_{c.б}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч.;

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25» [26].

В таблице 19 представлена трудоемкость сборки составных частей станда.

Таблица 19 – Трудоемкость сборки составных частей станда

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, чел./ч.	Часовая тарифная ставка	Тарифная зарплата
Заготовительная	4	2	123,56	247,12
Сварочная		4		494,24
Токарная		3		370,68
Фрезерная		3		370,68
Сверлильная		4		494,24
Слесарная		4		494,24
Сборочная		20		2471,2
Окрасочная		1		123,56
Испытательная		1		123,56
Итого:		–		42

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 42 = 52,5 \text{ чел.} \cdot \text{ч.},$$

$$C_{CB} = 52,5 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 6681,5 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 6681,5 = 668,15 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (6681,5 + 668,15) = 2204,9 \text{ р.},$$

$$C_{сб.п} = 6681,5 + 668,15 + 2204,9 = 9554,56 \text{ р.}$$

«Расчитываем общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления по формуле (35):

$$C_{он} = \frac{C'_{пф} \cdot R_{оп}}{100}, \quad (35)$$

где $C'_{\text{пр}}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, р.;

$R_{\text{оп}}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [26].

$$C'_{\text{пр}} = C_{\text{прн}} + C_{\text{сб.л}} \quad (36)$$

$$C'_{\text{пр}} = 750,87 + 6681,5 = 7432,38 \text{ р.}$$

$$C_{\text{он}} = \frac{7432,38 \cdot 40}{100} = 2972,95 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты) представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Ремень ГРМ	шт.	250	2	500
Кулак поворотный с подшипником	шт.	1650	2	3300
Ролик натяжной	шт.	220	2	440
Электродвигатель АИР90L4	шт.	6500	1	6500
Болты	шт.	12	27	324
Гайка	шт.	9	24	216
Шайба	шт.	7	8	56
Шкив	шт.	1100	1	1100
Итого:	–	–	–	12436

$$C_{\text{п.д}} = 500 + 3300 + 440 + 6500 + 324 + 216 + 56 + 1100 = 12436 \text{ р.}$$

Далее рассчитываем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости конструкторской разработки.

Рассчитываем затраты на изготовление конструкции по формуле (25):

$$C_{\text{кон}} = 4402,1 + 1267,75 + 9554,56 + 2972,95 + 12436 = 30633,36 \text{ р.}$$

Как видно из расчетов, общие затраты на изготовление конструкции равны 30633,36 р.

Далее рассчитываем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости конструкторской разработки.

Рассчитываем годовую экономию от снижения себестоимости при внедрении конструкции по формуле (37):

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (37)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р. Изучив представленные на рынке аналогичные конструкции стендов для сертификационных испытаний на циклическую долговечность принимаем стоимость прототипа равную 130000 р.

$$\mathcal{E}_Г = 130000 - 30633,36 = 99366,64 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (38):

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (38)$$

$$O_{ОК} = \frac{30633,36}{99366,64} = 0,31 \text{ года.}$$

Рассчитываем годовой экономический эффект от внедрения конструкции по формуле (39):

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \quad (39)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 99366,64 - 0,15 \cdot 30633,36 = 94771,64 \text{ р.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 21.

Таблица 21 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	16000	12967,99
Годовая экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	руб.	–	99366,64
Годовой экономический эффект	руб.	–	94771,64
Срок окупаемости	год.	–	0,31

Выводы по разделу.

При выполнении раздела, посвященного экономической эффективности проекта можно сделать вывод, что годовая экономия, достигаемая за счёт меньшей стоимости составляет 99366,64 р., а срок окупаемости равен 0,31 года, что допустимо для данной конструкции стенда для сертификационных испытаний на циклическую долговечность растяжек подвесок.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Стенд для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими нагрузками» выполнена конструкторская разработка стенда для испытания растяжек подвески автомобиля циклическими нагрузками

В работе проведен обзор растяжек подвесок легкового автомобиля и анализ основных неисправностей передней подвески, причины и способы их устранения. В соответствии с техническими требованиями ТУ 4591-027-20976755-2012, растяжки должны испытываться в паре методом циклического нагружения. Величина нагрузки регулируется ходом кривошипа и изменением длины тяги и контролируется тензометрическим датчиком.

Разработано техническое задание и предложение с подробным описанием элементов стенда для испытания на циклическую долговечность растяжек подвески легкового автомобиля. Проведены конструкторские расчеты основных элементов и составлено руководство по эксплуатации стенда. Рассмотрен технологический процесс сертификационных испытаний растяжки передней подвески легкового автомобиля.

Рассмотрены безопасность и экологичность проекта.

Затраты на изготовление конструкторской разработки стенда можно рассчитать сложением следующих значений: стоимость оригинальных деталей; стоимость покупных изделий; общая заработная плата на сборку; общепроизводственные накладные расходы. В данном конкретном случае затраты на изготовление конструкции составляют 30633,36 р. по сравнению с аналогом 130000,0 руб. Годовая экономия конструкторской разработки составляет 99366,64 руб., годовой экономический эффект – 94771,64 руб., а срок окупаемости равен 0,31 лет.

Из вышесказанного следует, что внедрение данного проекта целесообразно и выгодно.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
3. Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
5. Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
6. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
7. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
8. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
9. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
10. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
11. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

12. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды; введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 58 с.
13. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки; введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.
14. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
15. Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
16. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
17. Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.
18. Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.
19. Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.
20. Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.
21. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель/А.А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
22. Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

23. Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.
24. Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.
25. Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.
26. Лысов М.И. «Рулевые управления автомобилей» – М.: «Машиностроение», 1972 г.
27. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
28. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.
29. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
30. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
31. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
32. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
33. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
34. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
35. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englcwood Cliffs, 1975.

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A4			21.ДП.ПЭА.17161.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
A1			21.ДП.ПЭА.17161.01.000.СБ	Сборочный чертеж	3	
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	21.ДП.ПЭА.17161.01.01.000	Кулак поворотный	2	
		2	21.ДП.ПЭА.17161.01.02.000	Ось ступицы	1	
		3	21.ДП.ПЭА.17161.01.03.000	Ремень поликлиновой	1	
		4	21.ДП.ПЭА.17161.01.04.000	Ремень зубчатый	1	
		5	21.ДП.ПЭА.17161.01.05.000	Ролик натяжной	2	
		6	21.ДП.ПЭА.17161.01.06.000	Шатун в сборе	1	
		7	21.ДП.ПЭА.17161.01.07.000	ШРУС	2	
		8	21.ДП.ПЭА.17161.01.08.000	Электродвигатель	1	
<i>Детали</i>						
		9	21.ДП.ПЭА.17161.01.009	Ступица	1	
		10	21.ДП.ПЭА.17161.01.010	Втулка	1	
		11	21.ДП.ПЭА.17161.01.011	Пластина для крепления электродвигателя	1	
		12	21.ДП.ПЭА.17161.01.012	Профиль прямоугольный 25x25x2	1	
		13	21.ДП.ПЭА.17161.01.013	Стальной лист s=10 мм	1	
21.ДП.ПЭА.171.01.000						
Изм./Лист		№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Савченко				Лит	Листов
Проб.	Даранкин				1	3
Н.контр.	Даранкин				ТГУ, ИМ, гр. АТС-1601В	
Утв.	Бобровский				Копировал	Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на стенд для испытания на циклическую долговечность растяжек передней подвески

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			21.ДП.ПЭА.1716.103.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	21.ДП.ПЭА.1716.103.01.000	Тензометрический датчик	1	
		2	21.ДП.ПЭА.1716.103.02.000	Устройство для нагружения	1	
<i>Детали</i>						
		3	21.ДП.ПЭА.1716.103.01.003	Профиль прямоугольный 40x20x2	1	
		4	21.ДП.ПЭА.1716.103.01.004	Стальной лист	1	s=10 мм
		5	21.ДП.ПЭА.1716.103.01.005	Профиль прямоугольный 40x20x2	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		6		Болт 2М12x130 (S18) ГОСТ 15589-70	1	
		7		Втулка	1	
		8		Болт М10x45 (S16) ГОСТ 15589-70	1	
		9		Гайка М10-6Н ГОСТ 15521-70	5	
		10		Шайба А 10.37 ГОСТ 10450-78	1	
		11		Шайба ГОСТ 28848-90-10-100 HV	2	
			21.ДП.ПЭА.1716.103.000			
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разработ.	Сабченко					
Пров.	Даранкин					
Н.контр.	Даранкин					
Утв.	Бабровский					
Площадка для испытания растяжек				Лист	Лист	Листов
					1	2
				ТГУ, ИМ, гр. АТС-1601В		
<i>Копировал</i>				<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.5 – Спецификация на площадку для испытания растяжек

