

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 Разработка стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей

Студент

Ю.А. Чернышов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение, всего 83 страницы с приложением. 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 обкатки компрессоров грузовых автомобилей. Данный стенд намного облегчает, минимизирует затраты времени и средств для проведения проверки компрессоров, так же позволяет повысить качество ремонта, соответственно увеличивая объем предлагаемых услуг.

В первом разделе рассмотрены виды компрессоров и конструкция поршневого компрессора.

Во втором разделе обоснована необходимость разработки стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей, проведена конструкторская разработка стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей, расчет основных элементов конструкции стенда.

В третьем разделе рассмотрена конструкция компрессора КамАЗ, эксплуатация и обслуживание компрессора, разборка и дефектация деталей компрессора.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта.

В последнем разделе ВКР приведена технико-экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

The topic of the graduation project is: «The development of a stand for running-in trucks compressors».

The explanatory note consists of 5 parts, introduction and conclusion, list of references, 1 appendix, totally 83 pages with appendix. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation project is fully consistent with the issued assignment.

As a design development we proposed the construction development of a stand for running-in trucks compressors.

This stand makes much easier the testing of compressors, minimizes the time and money spent. Also, it allows to improve the repair quality, respectively increasing the volume of offered services.

In the first part we dealt with the compressors types and the reciprocating compressor design.

In the second part the necessity of developing a stand for running-in trucks compressors was established. The design of the stand for running-in the trucks compressors was developed. The construction characteristics of the stand's main elements was calculated.

In the third part the technology of maintenance and repair of the KAMAZ compressor was proposed.

In the fourth part the safety and ecological properties of the project were considered.

In the last part of the graduation project the technical and economic efficiency of the project were explained.

In the conclusion the results of the study were reported.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	8
1.1 Виды компрессоров	8
1.2 Конструкция поршневого компрессора.....	11
2 Разработка стенда для обкатки автомобильных компрессоров	15
2.1 Обоснование необходимости разработки.....	15
2.2 Техническое задание на разработку конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей	16
2.3 Назначение, устройство, принцип работы стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей	18
2.4 Конструкторский расчет элементов стенда.....	23
3 Технологический процесс	44
3.1 Конструкция компрессора КамАЗ.....	44
3.2 Эксплуатация и обслуживание компрессора	45
3.3 Разборка компрессора.....	49
3.4 Дефектация деталей компрессора	50
3.5 Ремонт компрессоров пневматического привода тормозов	52
4 Безопасность и экологичность проекта	55
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ	55
4.2 Определение профессиональных рисков.....	57
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	58
4.4 Пожарная безопасность	63
5 Экономическая эффективность проекта.....	69
Заключение	77
Список используемой литературы и используемых источников.....	78
Приложение А Спецификации.....	81

Введение

Грузовым автомобилем называется автономное транспортное средство, предназначенное для перевозки грузов и ограниченной численности пассажиров.

Начало массового производства грузовых автомобилей в России связано с выпуском в 1924 г. на заводе Автомобильного московского общества (завод АМО) первых десяти полуторатонных грузовых автомобилей АМО-Ф15. К 1929 г. производство достигло уже 4000 автомобилей в год, к этому же времени относится начало выпуска трехтонных грузовых автомобилей Я-3 на Ярославском автомобильном заводе. Выпуск этих автомобилей также был невелик и не превышал 1000 машин в год. Такого объема производства автомобилей было недостаточно для обеспечения необходимых транспортных работ в период индустриализации страны в 1930-е гг., и было принято решение о создании Горьковского автомобильного завода, рассчитанного на годовую производительность 100000 грузовых автомобилей грузоподъемностью 1,5 т и 25000 легковых автомобилей, и Московского автомобильного завода (на базе завода АМО) с годовым выпуском 25000 грузовых автомобилей грузоподъемностью 3 т.

В период последних двух десятилетий в связи с переходом на рыночную экономику потребовалось существенное изменение структуры парка выпускаемых грузовых автомобилей, резко сократилась потребность в грузовых автомобилях средней (от 2,5 до 6 т) грузоподъемности и возрос спрос на грузовые автомобили малой (от 0,8 до 1,5 т) грузоподъемности. В этих условиях на Горьковском автомобильном заводе (ОАО «ГАЗ») освоено массовое производство грузовых автомобилей малой грузоподъемности – ГАЗ-2752 «Соболь» (0,9 т) и ГАЗ-3302 «Газель» (1,5 т), а на московском автомобильном заводе ОАО «ЗИЛ» организован массовый выпуск грузового автомобиля ЗИЛ-5301 «Бычок» (2,5 т).

Новые модели созданы с применением принципиально новых конструкций – двигателей с непосредственным впрыском топлива и микропроцессорным управлением, дисковых тормозных механизмов и противоблокировочных систем тормозов, гидроусилителей рулевого управления и другие.

Грузовые автомобили предназначены для выполнения всевозможных транспортных работ, таких как внутригородские перевозки относительно малых партий грузов, транспортировка грузов по дорогам общего пользования и вне их, междугородние перевозки больших партий грузов, перевозка значительных объемов фунта, породы и руды во внедорожных условиях, перевозка скоропортящихся грузов в специальных фургонах. На базе грузовых автомобилей после монтажа специального оборудования выпускаются специализированные транспортные средства – цементовозы, молоковозы, санитарные автомобили, пожарные автомобили, краны и так далее.

Роль грузового автомобильного транспорта в хозяйственной жизни страны непрерывно возрастает. В настоящее время автомобильным транспортом выполняется до 80 % всего объема хозяйственных перевозок.

Постоянно растущая потребность в автомобильных транспортных перевозках способствует ужесточению требований к конструктивному совершенству грузовых автомобилей. В последние годы появились принципиально новые модели грузовых автомобилей разной грузоподъемности, отвечающие современным требованиям по показателям мощности, по безопасности конструкции, то есть таким качествам автомобиля, способствующим снижению вероятности попадания его в дорожно- транспортные происшествия, как управляемость, устойчивость, маневренность, тормозные свойства, противопожарная безопасность, по экологической безопасности (степень воздействия грузового автомобиля на окружающую среду, определяемая вредностью отработавших тазов, внешним шумом, давлением на фунтовую поверхность, возможность

утилизации элементов конструкции после выработки ресурса). На этих автомобилях в качестве обязательного оборудования использованы такие ранее не применявшиеся узлы, как система непосредственного впрыска топлива в бензиновых двигателях, антиблокировочные системы тормозов и другие.

Целью выполнения ВКР является разработка конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей.

В процессе выполнения работы необходимо решить следующие задачи:

- выполнить обзор видов компрессоров;
- рассмотреть конструкцию поршневого компрессора;
- провести конструкторскую разработку стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей;
- рассмотреть вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта;
- провести расчет экономической эффективности разработанного стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей.

1 Состояние вопроса

1.1 Виды компрессоров

Современные грузовые автомобили – это довольно сложные технологические механизмы, которые состоят из множества отдельных узлов и агрегатов. Компрессор для грузовика (рисунок 1) и является одним из таких агрегатов, поскольку он входит в общую пневматическую систему автомобиля для обеспечения его сжатым воздухом. В большинстве случаев на грузовиках устанавливаются компрессоры поршневого типа, одно- или двухцилиндровые, которые обеспечивают одноступенчатое сжатие.



Рисунок 1 – Компрессор грузового автомобиля

На европейские грузовики устанавливаются одноцилиндровые и двухцилиндровые компрессоры.

На МАН ТГА устанавливают и одноцилиндровые и двухцилиндровые компрессоры, на ДАФ 95 и 105 только двухцилиндровые, Мерседес Аксор одноцилиндровые и двухцилиндровые, Ивеко Стралис двухцилиндровые,

Скания двухцилиндровые, Вольво FH12 и Рено Премиум также устанавливается двухцилиндровый воздушный компрессор.

Следует заметить, что производительность автомобильного компрессора напрямую зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя транспортного средства. Компрессор обычно устанавливается в передней части двигателя грузовика и оснащен шестеренчатым или ременным приводом. Это очень важная запчасть для грузового автомобиля. Для смазки компрессора используются смазочные материалы из соответствующей системы автомобильного двигателя.

«Воздух в цилиндры компрессора грузовика попадает через впускные пластинчатые клапаны, минуя при этом впускной трубопровод и воздухоочиститель. После того, как произойдет сжатие воздуха в компрессоре, он поступает в специальные воздушные баллоны (ресиверы) через нагнетательные пластинчатые клапаны, находящиеся в головке цилиндров компрессора грузовика» [1].

Следует сказать, что на компрессоре устанавливается специальное приспособление, регулирующее подачу сжатого воздуха в пневматическую систему автомобиля. Как только давление в пневмосистеме достигнет определенного уровня, подача сжатого воздуха прекращается, а его избыток сбрасывается в атмосферу. По мере понижения давления в пневматической системе грузовика происходит перекрывание выхода сжатого воздуха в атмосферу, и компрессор для грузовика вновь начинает нагнетать его в ресиверы.

Стоит заметить, что компрессоры в грузовиках являются надежными и долговечными агрегатами. Но все равно время от времени необходимо производить их техническое обслуживание и в случае необходимости выполнять ремонт или приобретать данную грузовую запчасть для замены. Что касается ремонта компрессора, то он во многом схож с ремонтом двигателя внутреннего сгорания, в котором имеются поршни.

При выполнении капитального ремонта компрессоров необходимо выполнить следующие действия:

- снять крышку цилиндров и обработать ее внутренние поверхности с помощью пескоструйного аппарата, чтобы удалить остаточные отложения охлаждающих жидкостей и переработанных масел;
- тщательно протереть поверхность крышки;
- тщательно отшлифовать поверхность клапанной плиты, а в том случае, если их несколько, то необходимо отшлифовать все плиты (это необходимо для того, чтобы предотвратить деформацию плит вследствие температурных нагрузок);
- заменить поршневые кольца, а при необходимости и сами поршни (при этом следует учитывать ремонтные размеры цилиндров);
- заменить впускные и выпускные клапаны;
- заменить прокладки и провести обтяжку крепежными болтами.

После того, как ремонт компрессора грузовика будет завершен, его необходимо испытать на специальном стенде, чтобы сверить полученные технические данные с заводскими характеристиками.

Компрессор для грузовика является самым важным элементом тормозной и всей пневматической системы. При этом для его смазки используется общая система смазки двигателя, а что касается охлаждения, то в некоторых случаях компрессор является частью общей системы охлаждения. Следовательно, за техническим состоянием компрессора необходимо тщательно следить и предпринимать меры для того, чтобы он находился всегда в исправном состоянии.

Существует множество причин, по которым компрессор грузовика может выйти из строя и его необходимо будет заменять аналогичной запчастью для грузовика или ремонтировать. Основные причины – это недостаточное количество охлаждающей жидкости или смазывающего материала. Если охлаждение компрессора недостаточное, то это может привести к его перегреву, в результате чего может произойти заклинивание.

В случае если будет недостаток смазывающего материала, то это приведет к быстрому износу трущихся поверхностей компрессора, в частности, поршневых колец или вкладышей коленчатого вала. Следует заметить, что необходимо также следить за степенью износа цилиндропоршневой группы компрессора, чтобы предотвратить попадание масла в пневматическую систему грузовика.

1.2 Конструкция поршневого компрессора

«Поршневой компрессор широко известен в различных отраслях производства как машина, создающая высокое давление воздуха. Компрессоры такого назначения могут создавать чрезвычайно высокие давления, для чего их делают многоступенчатыми. Они могут обеспечивать большие расходы подаваемого газа при сравнительно низких перепадах давления, для чего их выполняют с большими рабочими объемами» [2].

На рисунке 2 показана принципиальная схема поршневого компрессора.

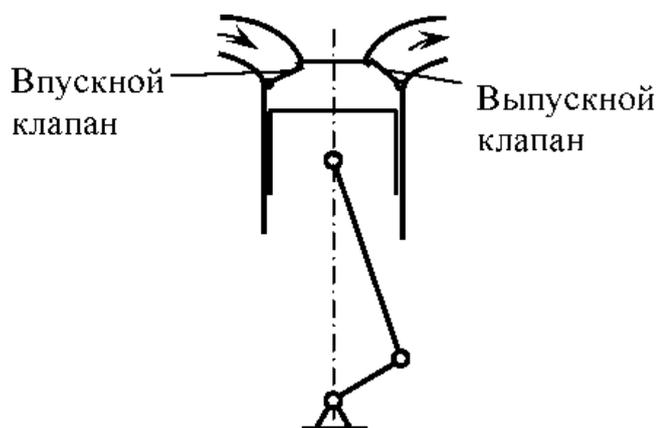


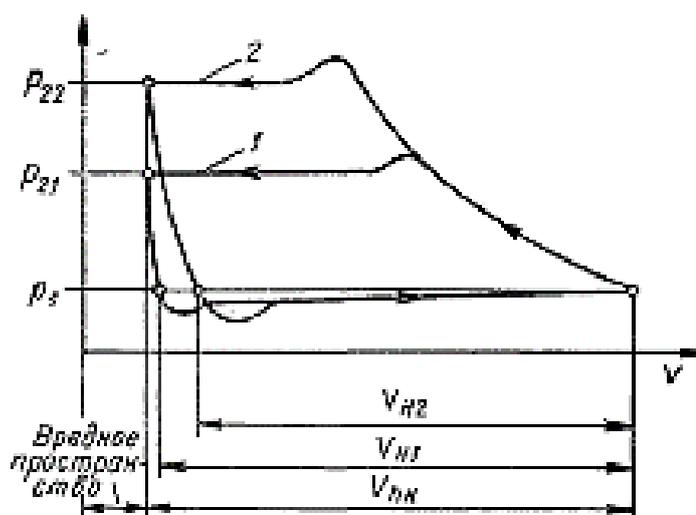
Рисунок 2 – Схема поршневого компрессора

«В корпусе компрессора размещается поршень, имеющий связь с механизмом преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное. Привод поршневого компрессора чаще всего

осуществляется от коленчатого вала двигателя. В головке компрессора размещены впускной и выпускной клапаны. Обычно они являются автоматическими, то есть открываются и закрываются благодаря перепаду давления на них, но могут и иметь привод, аналогичный приводу клапанов в ДВС. Работает компрессор следующим образом.

Когда поршень идет вниз, в его камере давление понижается ниже атмосферного, и в результате перепада давления открывается впускной клапан, через который воздух всасывается в камеру. Затем, когда поршень проходит нижнюю мертвую точку, соответствующую наибольшему объему камеры, давление воздуха начинает возрастать и впускной клапан закрывается. По мере сокращения объема камеры сжатия давление воздуха увеличивается. Когда давление в камере достигает заданных параметров, открывается выпускной клапан, и сжатый воздух подается потребителю, например, двигателю. Таким образом, на каждые два такта работы компрессора или один поворот его вала происходит всасывание воздуха и его нагнетание» [34].

На рисунке 3 приведена диаграмма поршневого компрессора при разных давлениях на выходе.



(p_1 – давление воздуха на входе в компрессор; p_{21} и p_{22} – давления на выходе из компрессора; V_{h1} и V_{h2} – объемы наполнения; V_h – рабочий объем компрессора)

Рисунок 3 – Идеальная диаграмма поршневого компрессора

«На диаграмме видно влияние вредного объема и давления на выходе p_2 на объем наполнения компрессора. Вследствие расширения, заключенного во вредном пространстве воздуха в период наполнения цилиндра объем наполнения и расход воздуха уменьшаются тем сильнее, чем больше вредное пространство и чем выше давление на выходе p_2 » [2].

Зависимость давления воздуха на выходе из компрессора от объемного расхода воздуха при постоянных частотах вращения вала показана на рисунке 4.

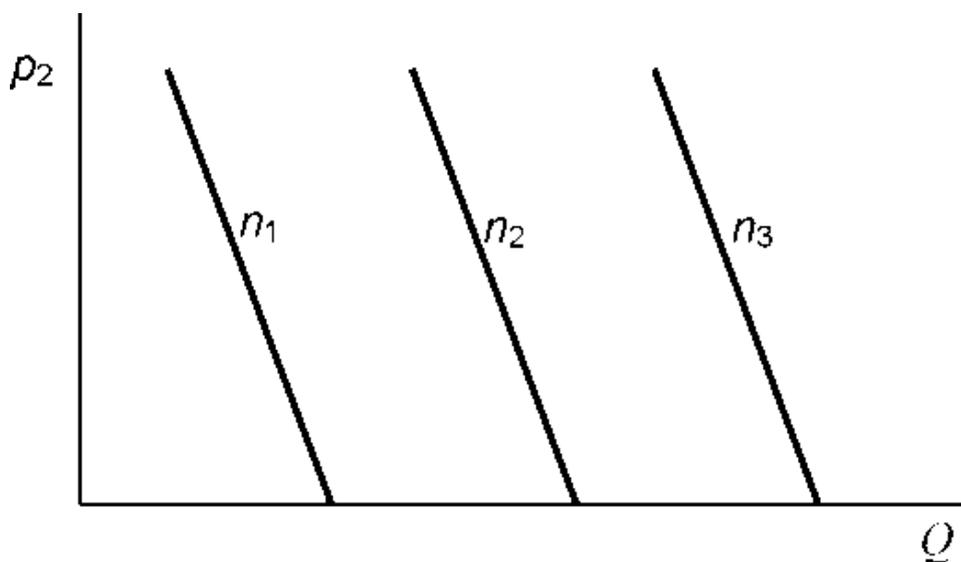


Рисунок 4 – Зависимость давления на выходе из компрессора от объемного расхода воздуха

«Одним из важных параметров нагнетателя является степень повышения давления, которая представляет собой отношение давления воздуха на выходе из нагнетателя к давлению на входе в него. Кроме того, для любого компрессора необходимо знать характеристику, которая определяется как зависимость изменения степени повышения давления и КПД при изменении расхода воздуха и частоты вращения вала» [35].

На рисунке 5 показана универсальная характеристика поршневого компрессора.

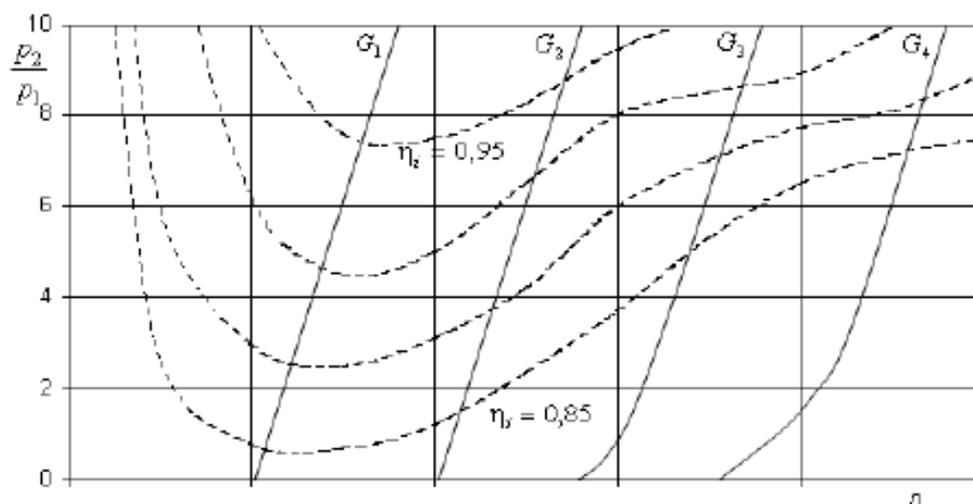


Рисунок 5 – Универсальная характеристика поршневого компрессора

«Анализ характеристики показывает, что достаточно высокий КПД у такого компрессора достигается лишь при высокой степени повышения давления и при сравнительно низких частотах вращения вала.

Достоинства поршневого компрессора заключаются в следующем:

- высокий КПД,
- высокая надежность,
- высокая степень повышения давления (10 и более);

Однако недостатки поршневого компрессора ограничивают его применение:

- громоздкость конструкции,
- загрязнение подаваемого воздуха маслом,
- пульсации давления,
- существенный нагрев компрессора, что снижает его производительность.

Поршневые компрессоры часто используются для наддува крупных судовых двухтактных дизелей, так как их КПД высок на низких частотах вращения вала двигателя» [29].

2 Разработка стенда для обкатки автомобильных компрессоров

2.1 Обоснование необходимости разработки

По данной конструктивной разработке был произведен патентный поиск, в результате которого был выявлен следующий аналог.

Техническое решение «Стенд для обкатки автомобильных компрессоров» – а.с. 943139; индекс В67D5130; авторы Гусейнов Ю.Т., Сухов С.Н., Пинский В.П.; включает в себя раму, электродвигатель и масляный насос.

Принцип работы стенда состоит в следующем: «Вращаясь, вал электрического двигателя передает крутящий момент на шкив, находящийся на его валу. Затем при помощи клинового ремня вращение передается на шкив компрессора и далее через шкив на коленчатый вал. Далее вращательное движение вала при помощи шатунов превращается в поступательное движение поршней. Сжатый воздух через трубопровод поступает в ресивер. Ресивер снабжен редукционным клапаном (давление срабатывания 8 атм.) для предотвращения разрыва баллона от чрезмерного давления, также для контроля давления установлен манометр, по нему определяем величину создаваемого давления и проводим процесс обкатки.

К недостаткам при работе на данном стенде можно отнести: неудобство обслуживания масляного и воздушного баков, высокая вероятность поломки компрессора в случае недостаточного давления масла, высокая вероятность травмирования рабочего, по причине отсутствия защитного кожуха при проведении технологического процесса обкатки» [5].

Основным назначением дипломного проекта, является получение сбалансированной, надежной конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей, обеспечивающей длительный срок гарантированной безотказной его работы. Улучшая и расширяя функционал стенда, предлагается внести существенные изменения в существующие конструкции.

2.2 Техническое задание на разработку конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей

Конструкторская разработка относится к области оборудования предназначенного для технического обслуживания и ремонта автомобилей, а именно к стендам для обкатки автомобильных компрессоров.

Согласно анализу конструкций стенда требуется изготовить стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей.

«Стенд должен представлять собой раму, на верхней крышке которой четырьмя болтами закрепляется компрессор. Снизу рамы должен располагаться электродвигатель. С испытываемым компрессором электродвигатель должен соединяться передачей. Рядом с электродвигателем должен быть установлен шестеренчатый насос, а с компрессором воздушный ресивер и масляный бак. Масло из бака для смазки деталей цилиндропоршневой группы подается в компрессор шестеренчатым насосом. Воздух испытываемым компрессором нагнетается в ресивер, имеющий манометр, который показывает давление, создаваемое компрессором в ресивере. Для предотвращения перегрузки компрессора предусмотреть оснащение ресивера редукционным клапаном» [9].

Разработка ведется в соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей».

При выполнении конструкторской разработки особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы, журналы, методические пособия и другую техническую литературу.

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

Стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей должен состоять из металлической рамы, электрического двигателя, ременной передачи, шестеренчатого насоса, воздушного ресивера, масляного бака, редукционного клапана.

К конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей предъявляются следующие требования:

- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения стенда должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- дизайн стенда должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов;
- разработку конструкции выполнить в универсальной системе автоматизированного проектирования.

Исходя из конструктивных соображений и представленных на рынке предложений, ориентировочно принимаем следующие технические показатели:

Габаритные размеры:

- длина, не более мм 1000;
- ширина, не более мм 500;
- высота, не более мм 750.

Тип привода электрический.

Мощность электродвигателя, Вт не более 8000.

Стенд изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

Использовать стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации.

Составные части конструкции должны легко подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке.

Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части устройства должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении.

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

На экспертизу предоставить в письменном варианте ТЗ, ТП. Место проведения экспертизы – кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет».

На согласование предоставляется техническое предложение с эскизным проектом. Согласование с другими организациями не требуется.

Изготовление опытного образца не предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена.

2.3 Назначение, устройство, принцип работы стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей

Стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей относится к технологическому оборудованию для проведения технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Стенд представляет собой металлический верстак, на верхней крышке которого при помощи четырех болтов закрепляется компрессор. Внизу

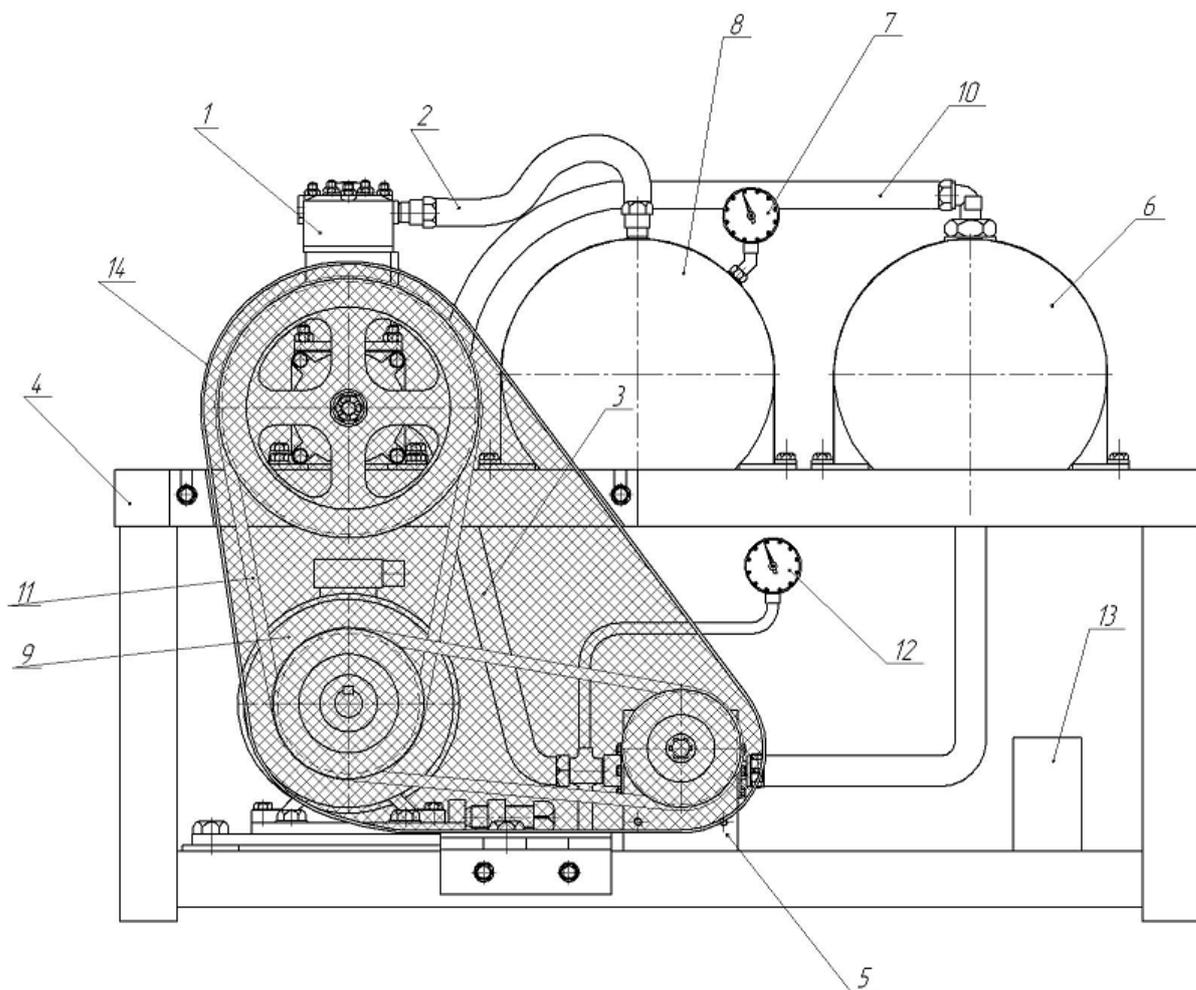
расположен электродвигатель мощностью 7 кВт. С испытываемым компрессором электрический двигатель соединяется при помощи клиноременной передачи. Неподалеку от электрического двигателя установлен шестеренчатый насос, а с компрессором воздушный ресивер и масляный бак. Масло из бака для смазки деталей цилиндропоршневой группы подается в компрессор при помощи шестеренчатого насоса. Воздух испытываемым компрессором нагнетается в ресивер, имеющий манометр, который показывает давление, создаваемое компрессором в ресивере. Для предотвращения перегрузки компрессора ресивер снабжен редукционным клапаном, отрегулированным на давление 8 атм. Спецификация на стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей представлена в Приложении А (рисунок А.1).

Принцип работы стенда состоит в следующем: вращаясь, вал электрического двигателя передает крутящий момент на шкив, находящийся на его валу. Затем при помощи клинового ремня вращение передается на шкив компрессора и далее через шкив на коленчатый вал. Далее вращательное движение вала при помощи шатунов превращается в поступательное движение поршней. Сжатый воздух через трубопровод поступает в ресивер. Ресивер снабжен редукционным клапаном (давление срабатывания 8 атм.) для предотвращения разрыва баллона от чрезмерного давления, также для контроля давления установлен манометр, по нему определяем величину создаваемого давления и проводим процесс обкатки.

Масляный насос снабжен манометром и реле давления, отключающее электропитание стенда при поломке насоса.

В целях повышения безопасности работ на стенде установлен защитный кожух, который предотвратит попадание посторонних предметов между вращающимися шкивами и ремнями.

Общий вид стенда для обкатки автомобильных компрессоров представлен на рисунке 6.



- 1 – компрессор; 2 – трубка для отвода воздуха; 3 – трубка для подвода масла; 4 – рама;
 5 – масляный насос; 6 – масляный бак; 7 – воздушный манометр; 8 – ресивер;
 9 – электродвигатель; 10 – трубка для отвода масла; 11 – ременная передача;
 12 – масляный манометр; 13 – реле давления масла; 14 – защитный кожух

Рисунок 6 – Стенд для обкатки автомобильных компрессоров

На раму, рядом с масляным насосом устанавливаем реле давления масла (рисунок 7). Реле давления предназначено для отключения электрического двигателя стенда при недостаточном давлении масла, тем самым предотвращая работу компрессора без смазки.

Реле давления включает в себя следующие детали: основание 1, жесткого центра 2, основание 3, рычаг 4, микропереключатель 5, два кронштейна 6 и 10, контргайки 7, регулировочный винт 8, пружина 9, мембрана 11, кожух 12. К основанию 1 крепятся кронштейны 6 и 10. На кронштейне 10 с помощью оси 3 закреплен рычаг 4, который одним концом

воздействует на кнопку микровыключателя 5 (реле укомплектовано микровыключателем МП 2102Л ТУ 16-526.322-78, группа коммутационной износостойкости – А), а другим концом – на пружину 9, усилие которой настраивается регулировочным винтом 8.

Положение регулировочного винта фиксируется контргайкой 7. Внутри расточки основания размещена мембрана 11 и жесткий центр 2, воздействующий своим выступом на рычаг.

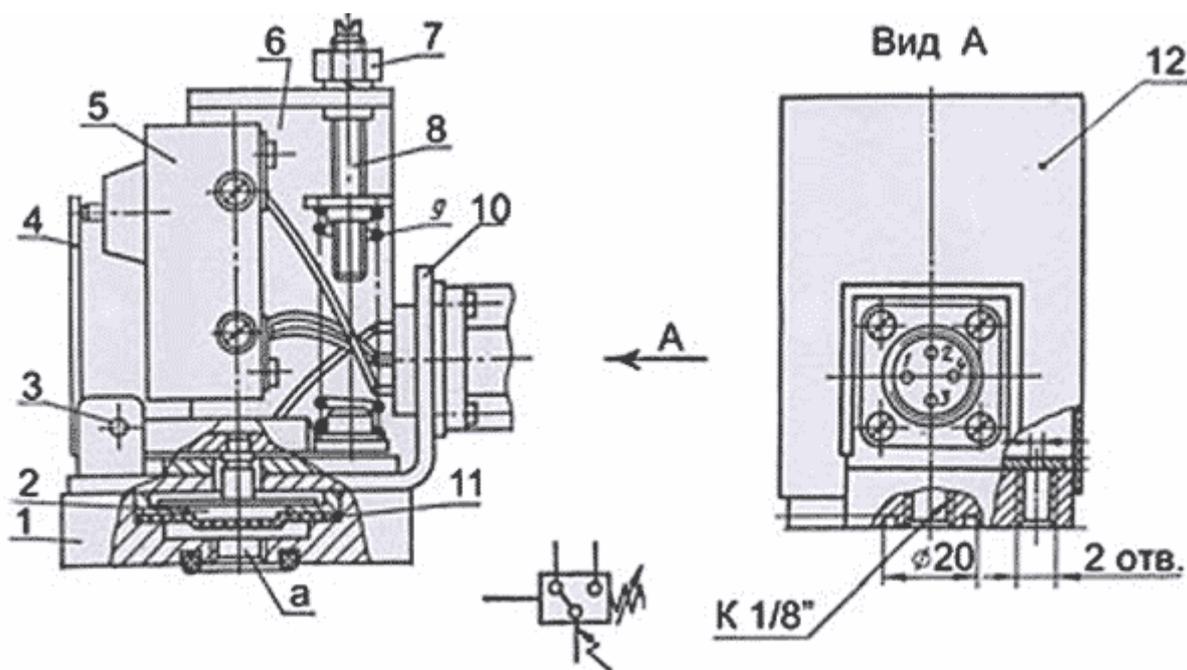


Рисунок 7 – Реле давления масла РД-23

«Принцип работы реле давления основан на сравнении сил, возникающих от давления сжатого воздуха, передаваемых мембраной, и сил упругой деформации пружины. Давление масла, подводимое к отверстию "а", воздействует через мембрану и жесткий центр на рычаг, который может поворачиваться вокруг оси 3. Если момент развиваемый пружиной, превысит момент, от силы давления, действующей на жесткий центр, то рычаг поворачивается, отпуская тем самым кнопку микровыключателя (в исходном положении кнопки микровыключателя нажата), а пружина микровыключателя вызывает переключение его контактов» [5].

Реле закрепляется на раме при помощи двух винтов М8. Подключение реле к электрической системе выполнено при помощи электрического разъема.

Выполнение настройки реле давления происходит при снятом защитном кожухе вращением регулировочного винта. Контроль давления выполняется при помощи манометра. В конце настройки необходимо затянуть контргайку и убедиться в правильности настройки давления.

Рама сваривается из прокатной угловой равнополочной стали. Выбор данного материала обоснован удобством крепления основных частей стенда. Спецификация на раму представлена в Приложении А (рисунок А.2).

В нижней части стенда крепим: на четыре винта электрический двигатель типа 90 L мощностью 7 кВт, масляный насос НШ-10 на 2 болта и реле давления масла на 2 болта.

В верхней части стенда устанавливаем на четыре болта компрессор, а также два бака: воздушный и масляный емкостью 10 литров каждый. Баки закрепляем при помощи четырех жестяных лент. Размеры определяем исходя из длины окружности основания бака (бак в виде цилиндра):

$$l = 2 \cdot \pi \cdot r, \quad (1)$$

$$l = 2 \cdot 3,14 \cdot 120 = 753,6 \text{ мм.}$$

Тогда длину ленты принимаем немного меньше, так как она будет обхватывать бак не по всей длине, то есть какая-то часть бака будет находиться ниже плоскости его крепления. Принимаем следующие размеры ленты: длина 578 мм, ширина 20 мм, толщина 0,5 мм.

В случае неплотного прилегания ленты к баку, можно подложить под нее резиновую ленту.

Проводим трубки: от компрессора к ресиверу (воздушному баку), от масляного бака к насосу, от насоса к компрессору, от днища компрессора к масляному баку, от насоса к реле давления масла и манометру.

Для того чтобы соорудить стенд необходимо иметь: набор гаечных ключей, ножовку по металлу (отрезную машинку) и сварочный аппарат. Материалы: прокатный профиль, трубы, соединительные штуцера, листы металла, воздушный манометр, масляный манометр, реле давления масла, электродвигатель, 2 выключателя, масляный насос, баки.

2.4 Конструкторский расчет элементов стенда

Основной элемент стенда для обкатки компрессоров – электродвигатель. Ранее было принято, что мощность электродвигателя равна 7 кВт, а частота вращения вала – 1420 об/мин.

«Таким электродвигателем является трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР по ГОСТ 15150-69» [8].

Основные размеры электродвигателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные размеры электродвигателя

d_1 , мм	l_1 , мм	l_{30} , мм	b_1 , мм	h_1 , мм	d_{30} , мм	l_{10} , мм	l_{31} , мм	d_{10} , мм	b_{10} , мм	h , мм	h_{10} , мм	h_{31} , мм
24	50	337	8	7	210	125	56	10	140	90	11	225

На вал электродвигателя насаживаем шкив с диском и ступицей, выступающей с одного торца обода с двумя канавками: одна канавка под ремень привода масляного насоса, другая – компрессора. Шкив закрепляем на валу при помощи призматической шпонки. Учитывая, что диаметр вала электродвигателя и диаметр посадочного отверстия шкива равны соответственно 24 мм и 25 мм, выбираем: шпонка 8×7×40 ГОСТ 23360-78 [7].

«Для компенсации вытяжки ремней в процессе их эксплуатации, компенсации отклонений длины ремней, а также легкости надевания новых ремней должно быть предусмотрено регулирование межосевого расстояния ременных передач (натяжное устройство). Натяжное устройство – из двух плит: одна из них неподвижная, которую крепим к верстаку стенда, другая –

перемещаемая по неподвижной при регулировании натяжения ремней. Плиты – из стальных листов» [23].

Электродвигатель крепим к верхней плите винтами. Верхняя плита перемещается по нижней при помощи толкающих винтов.

Рассчитаем резьбовые соединения на прочность.

«Условие прочности резьбы по напряжению среза согласно [13] выражается следующей формулой:

$$\tau = \frac{F_{зат}}{\pi \cdot d_1 \cdot H \cdot K \cdot K_M} \leq [\tau], \quad (2)$$

где $F_{зат}$ – сила затяжки винта, согласно данным [13] сила затяжки винта должна составлять 1500 Н;

d_1 – внутренний диаметр резьбы; по ГОСТ 10338-63 [6] внутренний диаметр резьбы составляет 6,647 мм;

H – глубина завинчивания винта в плиту, рассчитываемая по формуле (3);

K – коэффициент полноты резьбы; так как резьба треугольная, то коэффициент полноты резьбы равен 0,87 [13];

K_M – коэффициент неравномерности нагрузки по виткам резьбы, принимаем 0,6 [13];

$[\tau]$ – допускаемое напряжение среза, рассчитанное по формуле (4).

$$H = l - h_{10}, \quad (3)$$

где l – длина винта; с учетом толщины крепежной лапы электродвигателя и толщины плиты принимаем 20 мм [5];

h_{10} – толщина крепежной лапы электродвигателя.

$$[\tau] = 0,6 \cdot \sigma_T, \quad (4)$$

где σ_T – предел текучести, согласно [10] для стали 45 предел текучести равен 360 МПа» [13].

$$[\tau] = 0,6 \cdot 360 = 216 \text{ МПа}.$$

По формуле 3 получаем:

$$H = 20 - 11 = 9 \text{ мм}.$$

Принимаем глубину завинчивания стандартной и равной: $H = 1,2 \cdot d = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ мм}$, где $d = 8 \text{ мм}$ – наружный диаметр резьбы ранее выбранного винта [13].

$$\tau = \frac{1500}{3,14 \cdot 6,647 \cdot 9 \cdot 0,87 \cdot 0,6} \leq 15,3 \text{ Н/мм}^2 = 153 \text{ МПа} \leq 216 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдено.

«Условие износостойкости ходовой резьбы по напряжениям смятия согласно [20] выражается следующей формулой:

$$\sigma_{CM} = \frac{F_{3AT}}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma_{CM}], \quad (5)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, по [6] 7,188 мм;

h – высота профиля резьбы, по [6] 0,676 мм [6];

z – число рабочих витков, рассчитываемое по формуле 6;

$[\sigma_{CM}]$ – допускаемое напряжение смятия, рассчитываемое по формуле 6.

$$z = \frac{H}{p}, \quad (6)$$

где p – шаг резьбы, по [6] шаг резьбы принимаем 1,25» [13].

$$z = \frac{9,6}{1,25} = 7,68.$$

$$[\sigma_{CM}] = 0,8 \cdot \sigma_T, \quad (7)$$

$$[\sigma_{CM}] = 0,8 \cdot 360 = 288 \text{ МПа}.$$

По формуле 5 получаем:

$$\sigma_{CM} = \frac{1500}{3,14 \cdot 7,188 \cdot 0,676 \cdot 7,68} = 12,80 \text{ Н/мм}^2 = 128 \text{ МПа} \leq 288 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдено.

По такой же методике рассчитаем резьбу толкающих винтов – установочных винтов с квадратными головками и цилиндрическими концами: винт М20×50.48 ГОСТ 1482-75.

$$\tau = \frac{1400}{3,14 \cdot 17,924 \cdot 24 \cdot 0,87 \cdot 0,6} = 20,58 \text{ Н/мм}^2 = 205,8 \text{ МПа} \leq 216 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдено.

По формуле 5 получаем:

$$\sigma_{CM} = \frac{14000}{3,14 \cdot 18,376 \cdot 1,353 \cdot 9,6} = 18,68 \text{ Н/мм}^2 = 186,8 \text{ МПа} \leq 288 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдено.

«Как было сказано ранее, шкив на валу электродвигателя закреплен при помощи призматической шпонки 8×7×40 ГОСТ 23360-78 [7]. В этом соединении возникают напряжения смятия, в продольном сечении шпонки – напряжения среза.

Необходимо рассчитать это соединение. Для этого сначала делаем некоторые допущения: шпонка врезана в вал электродвигателя наполовину своей высоты, что дает равномерность распределения напряжений по высоте и длине шпонки; плечо равнодействующей этих напряжений равно половине диаметра вала электродвигателя» [22].

«Условие прочности по напряжению смятия согласно [16] выражается следующей формулой:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{h \cdot l_p \cdot d} \leq [\sigma_{см}], \quad (8)$$

где T – крутящий момент на валу электродвигателя, рассчитываемый по формуле (9);

h – высота шпонки; равна 7 мм;

l_p – рабочая длина шпонки, рассчитываемая по формуле (10);

d – диаметр вала электродвигателя, равен 24 мм;

$[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия, согласно [10] равняется 20 МПа.

$$T = 97,36 \cdot \frac{N_{дв}}{n}, \quad (9)$$

где $N_{дв}$ – мощность электродвигателя, равна 7 кВт;

n – частота вращения вала электродвигателя, 1420 об/мин.

$$l_p = l - b, \quad (10)$$

где l – длина шпонки, принимаем 40 мм;

b – ширина шпонки, принимаем 8 мм» [13]

$$l_p = 40 - 8 = 32 \text{ мм}.$$

$$T = 97,36 \cdot \frac{7}{1420} = 0,480 \text{ Н} \cdot \text{м} = 480 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$\sigma_{CM} = \frac{4 \cdot 480}{7 \cdot 32 \cdot 24} = 0,357 \text{ Н/мм}^2 = 357 \text{ МПа} \leq 20 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдено.

«Условие прочности по напряжению среза согласно [13] выражается следующей формулой:

$$\tau = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l_p \cdot d} \leq [\tau], \quad (11)$$

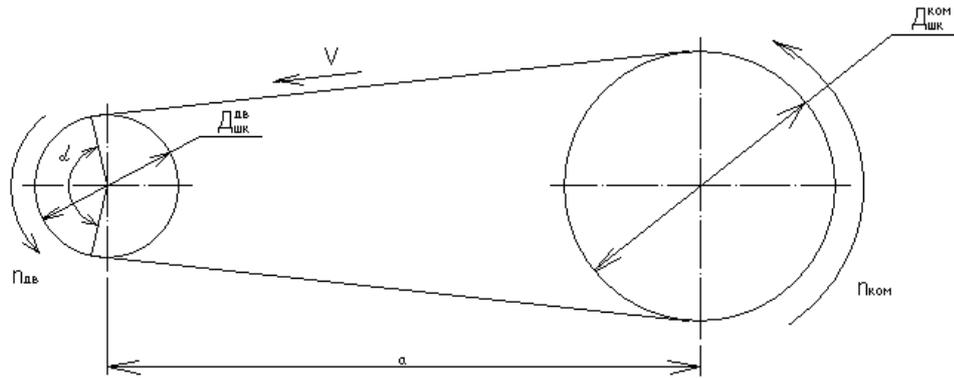
где $[\tau]$ – допускаемое напряжение среза, согласно [13] допускаемое напряжение среза равно 12 МПа» [13].

$$\tau = \frac{2 \cdot 480}{8 \cdot 32 \cdot 24} = 0,156 \text{ Н/мм}^2 = 1,56 \text{ МПа} \leq 12 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдено.

Верхняя плита перемещается по нижней и стопорится при помощи четырех винтов: винт М16×22.58 ГОСТ 10338-63. Для лучшего крепления плит под головки винтов подкладываем шайбы (по одной): шайба 16.01.059 ГОСТ 11371-78.

Рассчитаем клиноременную передачу непосредственно от шкива электродвигателя к шкиву компрессора. Для наглядности покажем передачу на рисунке 8.



$D_{ШК}^{КОМ}$ – диаметр шкива компрессора, 224 мм; $D_{ШК}^{ДВ}$ – диаметр шкива двигателя, 125 мм;
 i_p – передаточное отношение ременной передачи, 1,792; $n_{ДВ}$ – частота вращения вала
электродвигателя, 1420 об/мин; $N_{ДВ}$ – мощность электродвигателя, 7 кВт

Рисунок 8 – Клиноременная передача

«Определяем ориентировочное межосевое расстояние по формуле:

$$a = 0,55 \cdot (D_{ШК}^{КОМ} + D_{ШК}^{ДВ}) + h, \quad (12)$$

где h – высота сечения ремня; согласно выбранным шкивам 10,5 мм при ранее подобранном сечении ремня Б» [7].

По формуле (12) получаем:

$$a = 0,55 \cdot (224 + 125) + 10,5 = 202,45 \text{ мм}.$$

Определяем расчетную длину ремня по формуле:

$$l = 2 \cdot a + \pi \cdot \frac{D_{ШК}^{КОМ} + D_{ШК}^{ДВ}}{2} + \frac{(D_{ШК}^{КОМ} - D_{ШК}^{ДВ})^2}{4 \cdot a}, \quad (13)$$

$$l = 2 \cdot 202,45 + 3,14 \cdot \frac{224 + 125}{2} + \frac{(224 - 125)^2}{4 \cdot 202,45} = 964,9 \text{ мм}.$$

Из ряда стандартных чисел [7] принимаем длину ремня 1000 мм.

Уточняем межосевое расстояние по формуле:

$$a = \frac{2 \cdot l - \pi \cdot (D_{\text{шк}}^{\text{КОМ}} + D_{\text{шк}}^{\text{ДВ}}) + \sqrt{(2 \cdot l - \pi \cdot (D_{\text{шк}}^{\text{КОМ}} + D_{\text{шк}}^{\text{ДВ}}))^2 - 8 \cdot (D_{\text{шк}}^{\text{КОМ}} - D_{\text{шк}}^{\text{ДВ}})^2}}{8}, \quad (14)$$

$$a = \frac{2 \cdot 1000 - 3,14 \cdot (224 + 125) + \sqrt{(2 \cdot 1000 - 3,14 \cdot (224 + 125))^2 - 8 \cdot (224 - 125)^2}}{8} =$$

$$= 220,48 \text{ мм}.$$

Определяем угол обхвата шкива электродвигателя по формуле:

$$\alpha = 180 - 60 \cdot \frac{D_{\text{шк}}^{\text{КОМ}} - D_{\text{шк}}^{\text{ДВ}}}{a}, \quad (15)$$

$$\alpha = 180 - 60 \cdot \frac{224 - 125}{220,48} = 153 \text{ град}.$$

Определяем скорость ремня по формуле:

$$V_P = \frac{\pi \cdot D_{\text{шк}}^{\text{ДВ}} \cdot n_{\text{ДВ}}}{60 \cdot 1000}, \quad (16)$$

$$V_P = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 1420}{60000} = 9,3 \text{ м/с}.$$

Определяем частоту пробегов ремня по формуле:

$$\nu = \frac{1}{V}, \quad (17)$$

$$\nu = \frac{1}{9,3} = 0,108 \text{ м/с}.$$

«Определяем допускаемую мощность, передаваемую одним ремнем по формуле:

$$[N_K] = \frac{N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L}{C_P}, \quad (18)$$

где N_0 – номинальная мощность передачи; при передаточном отношении ременной передачи равному 1,792 и частоте вращения вала электродвигателя 1420 об/мин номинальная мощность передачи согласно [7] равна 2,5 кВт;

C_α – коэффициент угла обхвата, при угле равному 153 град. коэффициент угла обхвата согласно [7] равен 0,93;

C_L – коэффициент, учитывающий длину ремня; при длине ремня 1000 м и сечении Б коэффициент равен 0,84;

C_P – коэффициент динамичности и режима работы, при среднем режиме работы коэффициент равен 1,4» [7].

Подставляем значения в формулу (18) получаем:

$$[N_K] = \frac{2,5 \cdot 0,93 \cdot 0,84}{1,4} = 1,395 \text{ кВт.}$$

Определяем силу предварительного натяжения ремня по формуле:

$$F_0 = 0,85 \cdot \frac{N_{ДВ} \cdot C_L}{V \cdot C_\alpha \cdot C_P}, \quad (19)$$

$$F_0 = 0,85 \cdot \frac{7 \cdot 0,84}{9,3 \cdot 0,93 \cdot 1,4} = 0,4856 \text{ кН.}$$

Определяем окружную силу по формуле:

$$F_0 = \frac{N_{ДВ}}{V}, \quad (20)$$

$$F_0 = \frac{7}{9,3} = 0,7527 \text{ кН}.$$

«Проверяем прочность ремня по максимальным напряжениям в сечении ведущей ветви по формуле:

$$\sigma_{\text{MAX}} = \sigma_{\text{ШК}}^{\text{ДВ}} + \sigma_{\text{И}} + \sigma_{\text{V}} \leq [\sigma_{\text{P}}], \quad (21)$$

где $\sigma_{\text{ШК}}^{\text{ДВ}}$ – напряжение растяжения, рассчитываемое по формуле (22);

$\sigma_{\text{И}}$ – напряжение изгиба, рассчитываемое по формуле (23);

σ_{V} – напряжение центробежных сил, рассчитываемое по формуле (24);

$[\sigma_{\text{P}}]$ – предел прочности на растяжение, согласно [17] – предел прочности на растяжение равен 13 Н/мм².

$$\sigma_{\text{ШК}}^{\text{ДВ}} = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2 \cdot A}, \quad (22)$$

где A – площадь поперечного сечения ремня, при сечении Б равен 138 мм²»[7].

$$\sigma_{\text{И}} = 80 \cdot \frac{h}{D_{\text{ШК}}^{\text{ДВ}}}, \quad (23)$$

$$\sigma_{\text{V}} = 1250 \cdot V^2 \cdot 10^{-6}. \quad (24)$$

$$\sigma_{\text{ШК}}^{\text{ДВ}} = \frac{0,4856 \cdot 10^3}{138} + \frac{0,7527 \cdot 10^3}{2 \cdot 138} = 6,2 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{И}} = 80 \cdot \frac{10,5}{125} = 6,7 \text{ Н/мм}^2.$$

Подставляем значения в формулу (24) и получаем:

$$\sigma_v = 1250 \cdot 9,3^2 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ Н/мм}^2.$$

Подставляем значения в формулу (21) и получаем:

$$\sigma_{MAX} = 6,2 + 6,7 + 0,1 = 13 \text{ Н/мм}^2.$$

Условие прочности соблюдено.

«Насос крепим к верстаку при помощи прокатной угловой неравнополочной стали. Уголок к раме – на два болта: болт М10×30.58 ГОСТ 7808-70. Насос крепим на четыре болта: болт М8×22.58 ГОСТ 7808-70» [6].

В уголке просверливаем отверстие диаметром 22 мм под шлицевой вал привода насоса, как показано на рисунке 9.

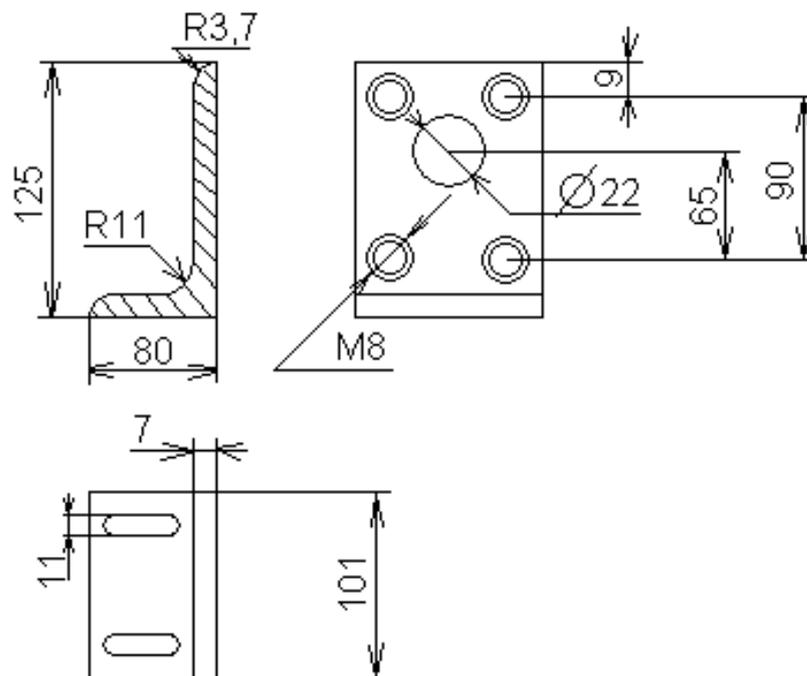


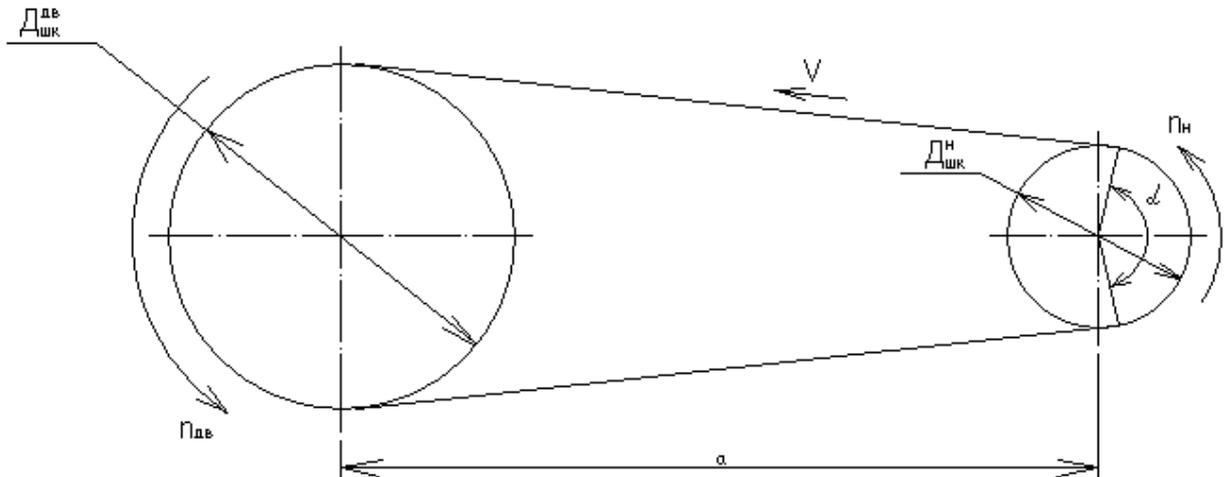
Рисунок 9 – Приспособление для крепления насоса к верстаку

На вал насоса насаживаем шкив. Размеры его определим при расчете клиноременной передачи от электродвигателя к насосу. Произведем расчет по рисунку 10.

Пользуемся методикой, приведенной выше.

Определяем ориентировочное межосевое расстояние по формуле (12):

$$a = 0,55 \cdot (125 + 100) + 10,5 = 134,25 \text{ мм} .$$



$D_{шк}^{ДВ}$ – диаметр шкива двигателя, 125 мм;

i_p – передаточное число ременной передачи, 1,25; $D_{шк}^Н$ – диаметр шкива насоса, 100 мм;

n_H – частота вращения вала насоса; $n_H = i_p \cdot n_{ДВ} = 1,25 \cdot 1420 = 1775$ об/мин.

Рисунок 10 – Клиноременная передача

Определяем расчетную длину ремня по формуле (13):

$$l = 2 \cdot 134,25 + 3,14 \cdot \frac{125 + 100}{2} + \frac{(125 - 100)^2}{4 \cdot 134,25} = 622,9 \text{ мм} .$$

Из ряда стандартных чисел принимаем длину ремня 630 мм.

Уточняем межосевое расстояние по формуле (14):

$$a = \frac{2 \cdot 630 - 3,14 \cdot (125 + 100) + \sqrt{(2 \cdot 630 - 3,14 \cdot (125 + 100))^2 - 8 \cdot (125 - 100)^2}}{8} =$$

$$= 137,8 \text{ мм} .$$

Определяем угол обхвата шкива насоса, подставляя значения в формулу (15):

$$\alpha = 180 - 60 \cdot \frac{125 - 100}{137,8} = 169 \text{ град.}$$

Для определения скорости ремня подставляем значения в формулу (16) и получаем:

$$V_p = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1775}{60000} = 9,3 \text{ м/с.}$$

Определяем частоту пробегов ремня по формуле (17):

$$\nu = \frac{1}{9,3} = 0,108 \text{ с/м.}$$

Определяем допускаемую мощность, передаваемую одним ремнем по формуле (18):

$$[N_k] = \frac{2,58 \cdot 0,98}{1,4} = 1,806 \text{ кВт.}$$

Определяем силу предварительного натяжения ремня, подставляя значения в формулу (19):

$$F_0 = 0,85 \cdot \frac{7}{9,3 \cdot 0,98 \cdot 1,4} = 0,5486 \text{ кН.}$$

Определяем окружную силу, подставляя значения в формулу (20):

$$F_0 = \frac{7}{9,3} = 0,7527 \text{ кН}.$$

Проверяем прочность ремня по максимальным напряжениям в сечении ведущей ветви по формуле (21):

$$\sigma_{MAX} = 6,7 + 8,4 + 0,1 = 15,2 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_P] = 16 \text{ Н/мм}^2.$$

Условие прочности соблюдено.

Шкив устанавливаем на вал насоса на шлицы.

Рассчитаем соединение на прочность.

Боковые поверхности зубьев шлицевого соединения работают на смятие, а основание их – на изгиб и срез. Решающее значение имеет расчет на смятие.

На смятие расчет ведем по формуле:

$$\sigma_{CM} = \frac{T}{K_3 \cdot z \cdot h \cdot d_{CP} \cdot l}, \quad (25)$$

где T – номинальный крутящий момент, равняется 3530 Н·м;

K_3 – коэффициент неравномерности нагрузки по зубьям, согласно данным [4] коэффициент неравномерности нагрузки по зубьям равняется 0,8;

z – число зубьев;

h – рабочая высота зубьев, определяется по формуле (26);

d_{CP} – средний диаметр соединения, определяется по формуле (27);

l – рабочая длина зуба, 3,4 мм [4];

$[\sigma_{CM}]$ – допускаемое напряжение на смятие; согласно [4] при средних условиях эксплуатации допускаемое напряжение на смятие равняется 15 Н/мм².

$$h = \frac{D - d}{2} - f, \quad (26)$$

где f – фаска зуба, согласно данным [4] принимаем фаску 0,3 мм.

$$d_{CP} = \frac{D + d}{4}, \quad (27)$$

$$d_{CP} = \frac{20 + 16}{4} = 9 \text{ мм}.$$

Подставляем значения в формулу (26) и получаем:

$$h = \frac{20 - 16}{2} - 0,3 = 1,7 \text{ мм}.$$

Подставляем значения в формулу (25) и получаем:

$$\sigma_{CM} = \frac{3530}{0,8 \cdot 6 \cdot 1,7 \cdot 9 \cdot 3,4} = 14,14 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_{CM}] = 15 \text{ Н/мм}^2.$$

Условие прочности по напряжению смятия соблюдено.

Теперь определим размеры баков: воздушного и масляного, зная их объемы (по 10 л каждый). Оба бака имеют сварной стальной корпус (толщина стенок равна 5 мм).

Размеры определяем исходя из следующих соображений. На виде сверху мы видим следующие длины: длину компрессора и она равна 230 мм, двигателя – 337 мм. Насос имеет небольшие размеры по сравнению с предыдущим оборудованием, поэтому его размеры не учитываем. И, чтобы не получилась рама стенда громоздкой, принимаем длины баков равными по 225 мм. Отсюда, зная объем бака, получаем его диаметр днища по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot L}}, \quad (28)$$

где V – объем бака, принимаем 10 л или $10 \cdot 10^6$ мм³;

L – длина (высота) бака, принимаем 225 мм.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 225}} = 240 \text{ мм}.$$

Имея размеры устанавливаемого оборудования, определяем размеры рамы: длина – 960 мм, ширина – 350 мм, высота – 400 мм.

Покажем раму на рисунке 11.

Чтобы закрепить оборудование, необходимо к раме прикрепить стальные пластины из углеродистой стали обыкновенного качества размерами: $350 \times 50 \times 5$ (2 шт.) и $340 \times 50 \times 5$ (6 шт.), как это показано на рисунке 12.

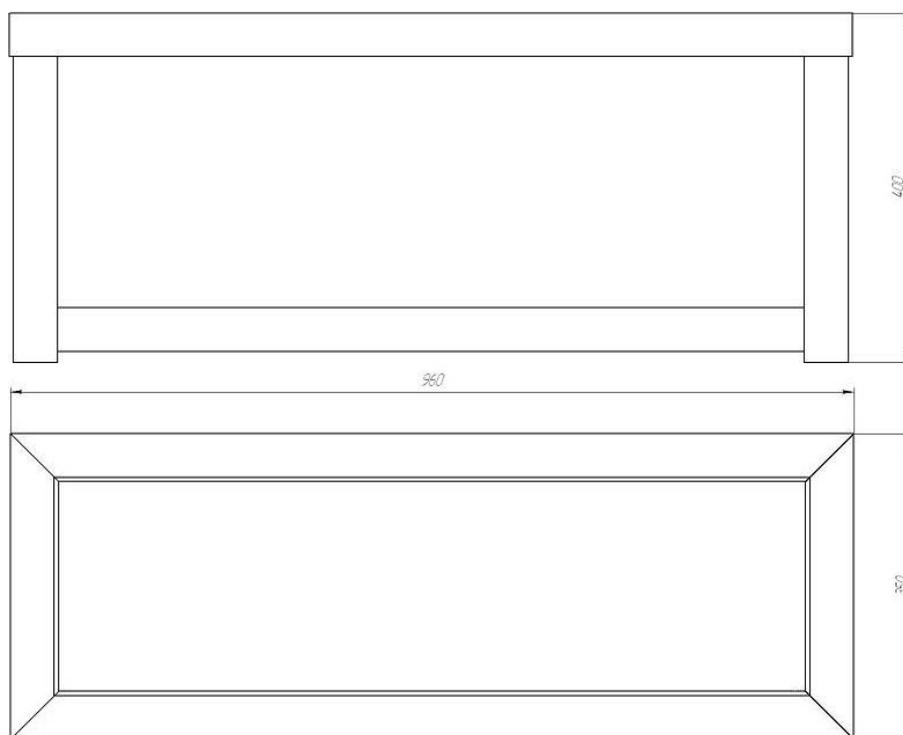


Рисунок 11 – Рама стенда (габаритный чертеж), к которой крепится все оборудование (компрессор, электродвигатель, насос, баки)

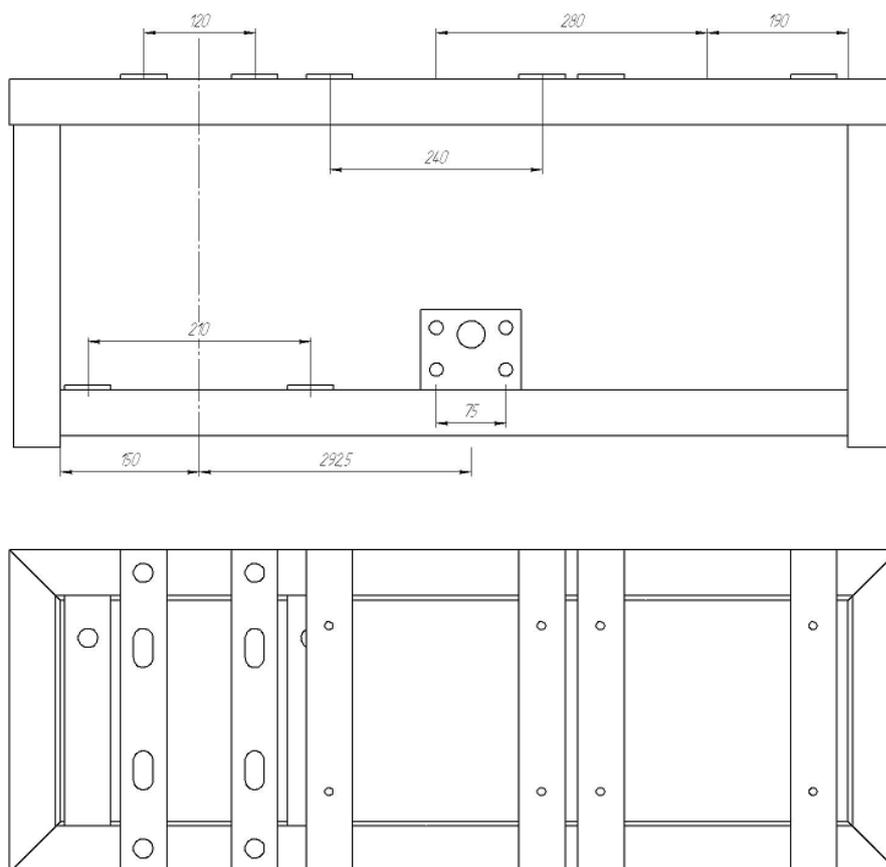


Рисунок 12 – Рама с установленными на нее пластинами

Под компрессор пластины крепим на болты, причем отверстия в раме под болты выполняем в виде регулировочных пазов. Под баки и двигатель – пластины крепим при помощи сварки.

«На изгиб рассчитываем согласно [19] по формуле:

$$\sigma_{изг.} = \frac{6 \cdot M}{b \cdot \delta^2} \leq [\sigma'], \quad (29)$$

где M – изгибающий момент от вращательных сил двигателя;
3530 Н·мм;

b – ширина уголка (пластины), принимаем 50 мм;

δ – толщина уголка (пластины), принимаем 5 мм;

$[\sigma']$ – допустимое напряжение сварного соединения; согласно [11] допустимое напряжение сварного соединения равно 180 МПа» [13].

По формуле 29 получаем:

$$\sigma_{изг.} = \frac{6 \cdot 3530}{50 \cdot 5^2} = 16,9 \text{ Н/мм}^2 = 169 \text{ МПа} \leq [\sigma'] = 180 \text{ МПа}.$$

Условие прочности на изгиб соблюдено.

«На растяжение рассчитываем согласно тому же источнику по формуле:

$$\sigma_{рас.} = \frac{F}{b \cdot \delta} \leq [\sigma'], \quad (30)$$

где F – сила, рассчитываемая по формуле (31);

$[\sigma']$ – допускаемое напряжение на растяжение сварного соединения, согласно данным [13] допустимое напряжение на растяжение сварного соединения равно 20 МПа.

$$F = m \cdot g, \quad (31)$$

где m – масса компрессора, равна 15 кг;

g – ускорение свободного падения, равно 10 м/с²» [13].

$$F = 15 \cdot 10 = 150 \text{ Н}.$$

Подставляем значения в формулу (30) получаем:

$$\sigma_{рас.} = \frac{150}{50 \cdot 5} = 0,6 \text{ Н/мм}^2 = 6 \text{ МПа} \leq [\sigma'] = 20 \text{ МПа}.$$

Теперь можно подобрать трубки и штуцера исходя из технических данных насоса и компрессора.

«Согласно [4] для подвода масла к компрессору принимаем стальную трубку (сталь 08), для отвода масла от компрессора – стальную трубку (сталь 10), для отвода воздуха от компрессора – стальную трубку (ГОСТ 3262-75)» [5].

«Трубки подбираем по их внутреннему диаметру по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q}{V}}, \quad (32)$$

где Q – количество жидкости (воздуха), протекающей по трубопроводам, определяется по формуле (33);

V – средняя скорость движения жидкости (воздуха), принимаем 0,9 м/с» [18].

«Технические характеристики насоса марки НШ-10:

- рабочий объем равен 10 см³/об;
- давление на выходе составляет от 10 до 14 МПа;
- частота вращения составляет от 1000 до 2000 об/мин.;
- номинальная мощность потребления равна 2,9 кВт;
- масса равна 2,6 кг» [4].

Определяем объемную номинальную подачу по формуле:

$$Q = \frac{q \cdot n}{1000}, \quad (33)$$

$$Q = \frac{10 \cdot 1650}{1000} = 16,5 \text{ л/мин},$$

$$d = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 16,5}{0,9}} = 19,72 \text{ мм}.$$

Рассчитаем толщину стенки трубы по формуле:

$$s = \frac{p \cdot d}{1100}, \quad (34)$$

$$s = \frac{102,04 \cdot 19,72}{1100} = 1,83 \text{ мм}.$$

Отсюда определяем наружный диаметр трубы:

$$D = d + 2 \cdot s, \quad (35)$$

$$D = 19,72 + 2 \cdot 1,83 = 23,38 \text{ мм}.$$

Уточняем внутренний диаметр трубы:

$$d = D - 2 \cdot s, \quad (36)$$

$$d = 24 - 2 \cdot 2 = 20 \text{ мм}.$$

Тогда скорость течения масла будет:

$$V_{\text{МАСЛА}} = \frac{21,22 \cdot Q}{d^2}, \quad (37)$$

$$V_{\text{МАСЛА}} = \frac{21,22 \cdot 16,5}{20^2} = 0,875 \text{ м/с}.$$

«Технические данные компрессора:

- объемная производительность, л/мин 46,6;
- частота вращения, об/мин 1250;
- масса, кг 15;
- потребляемая мощность, кВт 0,6;
- средняя скорость воздуха, м/с 2;
- давление на выходе, кгс/см² 10,204» [4].

Подставляем значения в формулу (32) получаем:

$$d = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 46,6}{2}} = 22,24 \text{ мм} .$$

Толщина стенки трубы равна:

$$s = \frac{10,204 \cdot 22,24}{1100} = 0,21 \text{ мм} .$$

Наружный диаметр трубы равен:

$$D = 22,24 + 2 \cdot 0,21 = 22,66 \text{ мм} .$$

Согласно [8] подбираем трубу для отвода воздуха от компрессора.

Уточняем внутренний диаметр трубы, подставляя значения:

$$d = 23 - 2 \cdot 0,4 = 22,2 \text{ мм} .$$

Скорость течения масла равна:

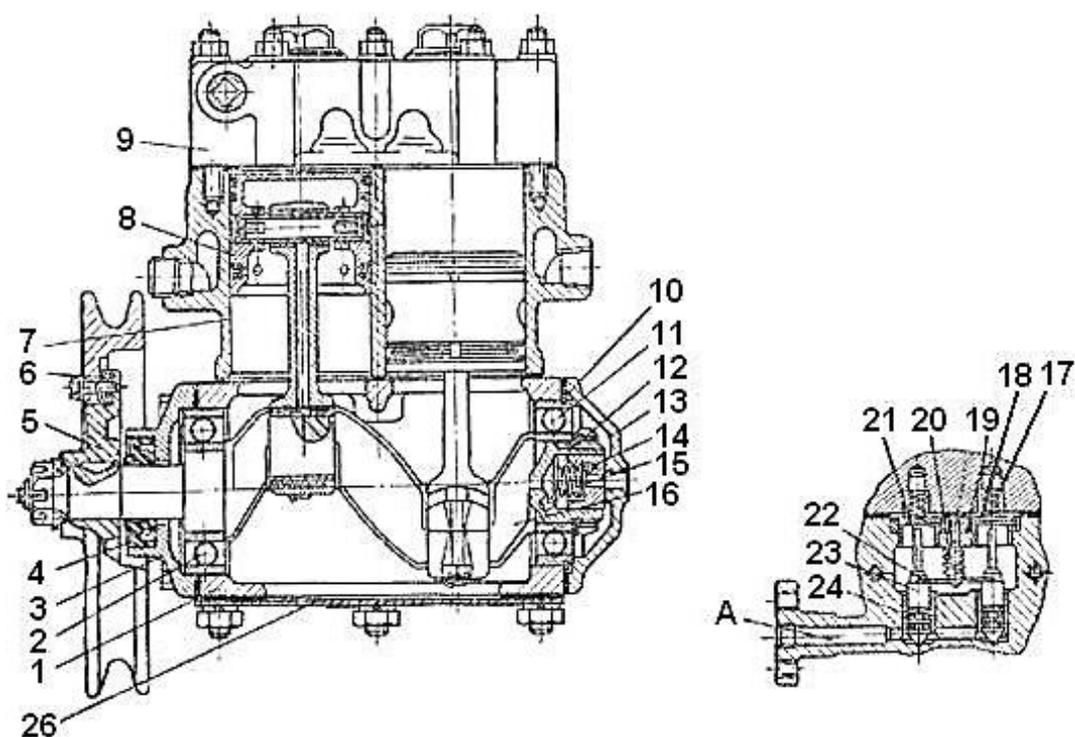
$$V_{\text{МАСЛА}} = \frac{21,22 \cdot 46,6}{22,2^2} = 2,01 \text{ м/с} .$$

«Трубки подсоединяем к насосу при помощи фланцев. Фланцы изготавливаем в токарном цехе. Размеры отверстий для крепления снимаем с насоса. К фланцу со стороны баков крепим при помощи хомута рукав резиновый напорный с текстильным каркасом по ГОСТ 3575-75. К фланцу со стороны двигателя крепим сначала штуцер, а уже к штуцеру – трубку. К компрессору и бакам трубки подсоединяем при помощи только штуцеров» [13].

3 Технологический процесс

3.1 Конструкция компрессора КамАЗ

На автомобилях КамАЗ устанавливается двухцилиндровый поршневой компрессор 5320-3509015-10 (рисунок 13) с воздушным охлаждением.



1 – картер компрессора; 2 – подшипник; 3 – передняя крышка компрессора; 4 – сальник; 5 – шкив; 6 – регулировочные прокладки; 7 – блок цилиндров компрессора; 8 – поршень с шатуном; 9 – головка компрессора; 10 – стопорное кольцо; 11 – подшипник; 12 – упорная гайка; 13 – задняя крышка картера компрессора; 14 – уплотнитель; 15 – пружина уплотнителя; 16 – коленчатый вал; 17 – пружина впускного клапана; 18 – клапан впускной; 19 – направляющая впускного клапана; 20 – пружина коромысла; 21 – шток впускного клапана; 22 – коромысло; 23 – плунжер; 24 – кольцо уплотнительное; 25 – транспортная заглушка

Рисунок 13 – Компрессор КамАЗ (5320-3509015-10) двухцилиндровый

«Забор воздуха компрессором при его работе происходит через воздушный фильтр двигателя. Поршень 8, выполненный из чугуна, имеет одно маслосъемное и два компрессионных кольца. Подшипник шатуна оснащен биметаллическими вкладышами. Головка шатуна имеет бронзовую

втулку под поршневой палец. Головка 9 компрессора выполнена с гнездами, в которых смонтированы нагнетательные клапаны.

При закрытых нагнетательных клапанах цилиндры и канал нагнетания головки разобщены. Блок цилиндров 7 компрессора и головка получают охлаждение за счет воздуха. Компрессор 5320-3509015-10 имеет смазочную систему смешанного типа при сухом картере. Масло из масляной магистрали подается по подводящей трубке к крышке 13 задней, а затем через отверстия в уплотнительном устройстве к каналам коленвала 16 компрессора. По этим же каналам происходит поступление масла к подшипникам шатунов и к поршневым пальцам. Смазка остальных трущихся поверхностей происходит за счет разбрызгивания. Слив масла из компрессора осуществляется через крышку в картер двигателя автомобиля.

Для того, чтобы предотвратить вытекание масла в картер 1 компрессора КамАЗ, задняя крышка 13 картера имеет специальное устройство, состоящее из уплотнителя 14 и пружины 15 уплотнителя. Под воздействием пружины происходит прижатие уплотнителя к торцевой поверхности задней крышки. Для предотвращения попадания осколков в масляную систему двигателя, между крышкой двигателя и картером компрессора установлена защитная металлическая пластина. Возникновение осколков возможно при поломке всасывающих клапанов компрессора. Если давление в воздушных баллонах достигает от 0,69 до 0,74 МПа, срабатывает регулятор давления. При этом воздух через выпускной клапан, находящийся в открытом положении, выпускается в атмосферу» [3].

3.2 Эксплуатация и обслуживание компрессора

«Поршневой компрессор, как и любое техническое оборудование, требует определённого обслуживания. Правильная эксплуатация поможет продлить жизнь компрессорного оборудования. Рассмотрим основные мероприятия по обслуживанию, ремонту и эксплуатации компрессора» [33].

«Замена и очистка воздушного фильтра. Фильтрующий элемент в основном сделан из нетканого материала, поролон или синтонин. Если компрессор стоит там же где осуществляется покраска автомобиля, то он сильно забивается (налипает) пылом от краски, лака и другого лакокрасочного материала. Фильтр предотвращает попадание абразивной пыли в цилиндр, поршень и цилиндр изнашиваются меньше. Как можно чаще меняйте и очищайте фильтр, так как это значительно увеличит ресурс и отсрочит ремонт компрессора.

Замена масла, очень важный пункт. Следите за уровнем масла, на специальном индикаторе (окошке) в картере компрессора. Работа на малом уровне или без масла влечёт к серьёзному капитальному ремонту. Доливайте до необходимого уровня, если его не хватает. Периодически необходимо полностью сливать и заливать новое. Используйте только специальное компрессорное масло. Масло для поршневого компрессора Mobil, Fubug, Shell VDL 100, KC 19, 46 или любое другое фирменное» [30].

«Слив конденсата. Важный пункт в обслуживании компрессора. Воздух насыщен влагой, она неизбежно попадает с всасываемым воздухом в ресивер. Со временем накапливается в большом количестве. При большом содержании конденсата возможен его выброс в воздушные шланги. Так же из-за конденсата начинается коррозия внутри ресивера. Сливайте конденсат как можно чаще, минимум раз в неделю, особенно в жаркое и влажное время года.

Следите за общим состоянием, периодически продувайте от пыли и других загрязнений. Уделите особое внимание крыльчатке на электродвигателе, рёбрам цилиндра, воздушного радиатора, по мере эксплуатации на них налипает пыль, что уменьшает охлаждающие способности.

Осматривайте на износ и натяжение ременной привод. При нажатии на ремень в средней точке он не должен прогибаться более чем на 15 мм. Делайте протяжку всех болтов и гаек. Периодически проверяйте

работоспособность предохранительного клапана, который служит для защиты от избыточного давления, из-за поломки строя реле давления» [32].

«Чтобы оценить техническое состояние компрессора автомобиля КАМАЗ, необходимо провести проверку подачи, герметичности клапанов головки и выброса масла» [4, 5, 7].

1) «Проверка подачи. Поднимаем кабину автомобиля, отсоединяем от компрессора трубку нагнетательной магистрали и вместо нее устанавливаем аппарат для проверки компрессора. Затем открываем разобщительный клапан приспособления для проверки компрессора, запускаем двигатель. При этом значение частоты вращения по тахометру должно составлять до 1200 об/мин., что соответствует частоте вращения вала компрессора, равной до 1300 об/мин. Работа двигателя автомобиля при заданной частоте проводится до стабилизации показателя давления в манометре. Давление от 588,4 кПа (6 кгс/см²) свидетельствует о нормальной подаче компрессора» [4].

2) «Проверяем герметичность клапанов головки. Снижаем частоту вращения двигателя до частоты вращения холостого хода, перекрываем разобщительный кран, доводим давление в ресивере приспособления до 588,4 кПа (6 кгс/см²) и останавливаем двигатель. Теперь необходимо зарегистрировать падение давления воздуха за 60 с. Превышение значения 39,2 кПа (0,4 кгс/см²) свидетельствует о наличии неисправностей» [4].

3) «Проверка выброса масла. Отсоединяем приспособление от компрессора, запускаем двигатель и оставляем на 5 минут при частоте вращения от 1600 до 1800 об/мин. Затем, не меняя частоту вращения, устанавливаем на расстоянии 5 см от выходного отверстия угольника компрессора экран из лощеной бумаги, и держим около 10 с. По прошествии этого времени убираем экран и обводим карандашом масляное пятно. Диаметр не должен превышать 2 см» [31].

«Если экран остался чистым или на нём появилось несколько отдельных пятен масла в виде точек – компрессор находится в хорошем

состоянии. В случае если масляное пятно в диаметре превышает 2 см (повышенный выброс), требуется демонтаж и ремонт компрессора.

В случае непринятия мер, аппараты питающей части пневмопривода по причине попадания в них масляного конденсата могут отказать в работе» [4].

«Уменьшение подачи компрессора, как и разгерметизация клапанов головки, свидетельствует о неплотном прилегании дисков нагнетательных клапанов. Устранение неисправности производится посредством замены головки компрессора или седла клапана.

Подача определяет работоспособность компрессора: её снижение повышает нагрузку на компрессор и в дальнейшем приводит к сокращению его ресурса. Эксплуатация автомобиля с компрессором, производящим недостаточную подачу, недопустима ввиду снижения эффективности торможения» [5].

«Проверка подачи компрессора должна производиться регулярно посредством оценки времени наполнения пневмопривода.

Порядок проверки:

- произвести многократное торможение и через краны слива конденсата ресиверов полностью выпустить воздух;
- запустить двигатель, зафиксировав время пуска;
- выдерживать частоту вращения двигателя от 2500 до 2600 об/мин. от запуска до момента срабатывания регулятора давления;
- зафиксировать время срабатывания регулятора.

Время заполнения при исправном компрессоре и герметичном пневмоприводе – не более 6 минут. Время заполнения при проверке автопоезда – 12 мин.» [5].

«Наиболее распространенными являются такие дефекты:

- износ поршневой группы и нарушение герметичности клапанов. Длительность заполнения пневмосистемы при скорости вращения коленвала 2200 об/мин. превышает время, установленное техническими условиями (8 мин.). Компрессор не нагнетает

давление от 7 до 7,5 кгс/см². Износ поршня приводит к всасыванию масляного тумана из картера компрессора в цилиндры;

- нагнетатель системы не запускается. Связано с отсутствием напряжения в сети, протеканием обратного клапана и неправильным запуском;
- компрессор плохо качает и не набирает обороты. Одной из причин является засоренность фильтров;
- стучит в цилиндропоршневом механизме. Связано с поломками в нагнетательной части в результате трения и износа металлических деталей;
- двигатель гудит и не вращается. Такая проблема возможна вследствие срабатывания предохранителя питания электросети, защиты от перегрузки, плохого контакта;
- сильный нагрев цилиндра. Заблокирован обдув воздуха цилиндра и картера;
- падает производительность – засоренность всасывающего воздушного фильтра;
- усиленная вибрация» [9].

3.3 Разборка компрессора

«Разборку компрессора, закрепленного на стенде, начинают со снятия головки цилиндров. Затем из гнезд блока цилиндров вынимают впускные клапаны, их направляющие и седла. Зажав головку блока в тиски, отворачивают пробки нагнетательных клапанов, вынимают клапаны, седла и уплотняющие прокладки.

Отогнув усик замочной шайбы и отвернув гайку крепления шестерни привода коленчатого вала, снимают замочную шайбу. Затем с помощью приспособления снимается шестерня привода компрессора и вынимается шпонка из паза коленчатого вала.

Для того чтобы извлечь из коленчатого вала торцевой уплотнитель и пружину, надо сначала удалить из коленчатого вала упорное кольцо.

Повернув компрессор на стенде нижней крышкой вверх, отворачивают болты крепления и снимают нижнюю крышку с прокладкой. Затем надо расшплинтовать и отвернуть гайку крепления крышек шатунов, снять крышки.

Постукивая черенком молотка в торец нижней головки шатуна, вынимают поршень с шатуном. Удалив вкладыши, надо соединить попарно крышки и шатуны болтами, чтобы в дальнейшем не перепутать их.

Шатун с крышкой обрабатывается в сборе, поэтому они заменяются только парами. Повернув компрессор блоком цилиндров вверх, отверните гайки крепления блока к картеру и снимите блок цилиндров с пластинами отражателя масла. После этого отверните болты крепления задней крышки картера и снимите крышку. Перед выпрессовкой коленчатого вала из картера извлекается упорное кольцо коренного подшипника, установленное со стороны шестерни привода.

Зажав шатун в тиски, снимают с поршня компрессионные маслосъемные кольца, извлекают упорное кольцо поршневого пальца. После выпрессовки поршневого пальца отсоединяют поршень от шатуна, а затем выпрессовывают втулку из верхней головки шатуна» [12].

3.4 Дефектация деталей компрессора

«При дефектации подлежат отбраковке детали с трещинами, сколами, задирами и рисками на рабочих поверхностях, другими механическими повреждениями.

При износе внутренней поверхности цилиндров более чем на 0,02 мм необходимо расточить цилиндры под ремонтный размер. Посадочный диаметр под седло впускного клапана не должен превышать 17,027 мм» [14].

Ремонтные размеры внутренней поверхности цилиндров представлены в таблице (2)

Таблица 2 – Ремонтные размеры внутренней поверхности цилиндров

Размер	Диаметр цилиндра, мм	Маркировка
Номинальный	60+0,03	
1-й ремонтный	60,4+0,03	+0,4
2-й ремонтный	60,8+0,03	+0,8

«Диаметр под шарикоподшипники в картере компрессора должен быть не более 72,05 мм. При большем диаметре не обеспечивается посадка подшипника с натягом.

Неплоскостность поверхности прилегания головки компрессора к блоку цилиндров должна быть не более 0,1 мм. Риски, следы выработки на поверхности седел нагнетательных клапанов устраняются шлифованием и притиркой клапанов. Диаметр отверстия для установки нагнетательного клапана должен быть не более 28,8 мм.

У коленчатого вала диаметр под шарикоподшипники и шестерни должен быть не менее 35 мм, под торцевой уплотнитель не более 25,05 мм, ширина шпоночного паза не более 5,02 мм. При износе шатунных шеек их необходимо перешлифовывать до очередного ремонтного размера» [15].

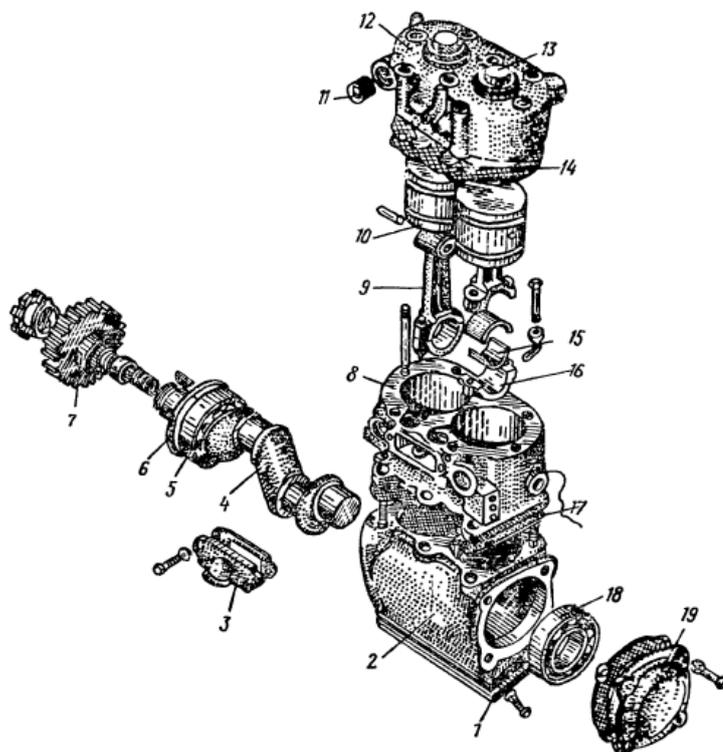
В таблице 3 представлены ремонтные размеры шатунных шеек

Таблица 3 – Ремонтные размеры шатунных шеек

Размер	Диаметр шатунных шеек, мм	Маркировка
Номинальный	28,5-0,021	
1-й ремонтный	28,2-0,021	-0,3
2-й ремонтный	27,9-0,021	-0,6

3.5 Ремонт компрессоров пневматического привода тормозов

Компрессор, поступающий в ремонт, разбирается, как показано на рисунке 14.



1 – нижняя крышка картера; 2 – картер компрессора; 3 – патрубок; 4 – коленчатый вал; 5, 18 – шарикоподшипники коленчатого вала; 6 – стопорное кольцо; 7 – шестерни привода; 8 – блок цилиндров; 9 – шатун; 10 – поршень; 11 – пробка; 12 – головка цилиндров; 13 – пробка клапана; 14 – прокладка головки цилиндров; 15 – вкладыш; 16 – крышка шатуна; 17 – прокладка картера; 18 – крышка подшипника коленчатого вала

Рисунок 14 – Компрессор тормозной системы автомобиля в разобранном виде

«По данным исследований, выполненных авторами, сделаны следующие выводы: компрессоры поступают в ремонт с износом зеркала цилиндров в интервале от 0,15 до 0,20 мм» [8].

«При поступлении в ремонт блоки цилиндров могут иметь следующие дефекты: износ зеркала цилиндров, обломы ушек, повреждение резьб.

При ремонте компрессоров наибольшие трудности связаны с блоком компрессора. Блок цилиндра компрессора, показанный на рисунке 14, изготавливается из серого чугуна СЧ 18-36» [21].

«На авторемонтных предприятиях восстановление цилиндров компрессоров производится следующими основными способами:

1. Расточка цилиндров блока под ремонтный размер и установка в цилиндры поршней и колец ремонтных размеров. Для блока цилиндров установлены 2 ремонтных размера диаметров цилиндров: I ремонтный – от 60,4 до 60,43 мм; II ремонтный – от 60,80 до 60,83 мм.

2. Запрессовка чугунных гильз в цилиндры блока при выработке ремонтных размеров с целью получения номинального размера диаметра цилиндров (64,0 мм).

Эти способы обладают существенными недостатками:

- применение деталей поршневой группы ремонтных размеров увеличивает номенклатуру запасных частей;
- относительная сложность технологического процесса;
- громоздкость оборудования;
- наличие большого количества брака (около 40 % от общего количества восстанавливаемых блоков) по причине трещин перемычек» [8].

«Наиболее прогрессивным способом восстановления цилиндров компрессора является способ облицовки их легкоъемными пластинами, изготовленными из стальной ленты 65Г или У8А. Ввиду того, что пластина устанавливается на удаленную изношенную рабочую поверхность, ее можно назвать сменным зеркалом. От смещения пластина удерживается за счет сил упругости ее от изгиба и натяга при запрессовке.

Наиболее оптимальная толщина пластин для восстановления цилиндров компрессора от 0,4 до 0,5 мм» [5].

«Цилиндры компрессоров, восстановленные путем запрессовки пластин, обеспечивают:

- увеличение межремонтного ресурса компрессора в 2 раза;
- повышение ремонтпригодности за счет применения несложного оборудования;
- сокращение номенклатуры запасных частей, упрощается снабжение, уменьшаются транспортные расходы, что дает большую экономию народному хозяйству;
- после восстановления цилиндров под номинальный размер восстанавливаются первоначальные рабочие характеристики компрессора» [16].

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ

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:

- рациональная организация рабочих мест;
- изоляция производственного процесса;
- улучшение технологии производства;
- механизация, автоматизация;
- защита работающих;
- организационно-массовые мероприятия» [24], рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий

и сооружений, устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии;

«Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются» [25].

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.

В таблице 4 представлен паспорт безопасности на технологический процесс обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ.

Таблица 4 – Паспорт безопасности на технологический процесс обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ

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 технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
----------------------------------	---------------------------------	---	---	---

Продолжение таблицы 4

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 технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Обслуживание тормозного пневмопривода КамАЗ	1 Установка автомобиля на подъемник. 2 Выполнить проверку тормозного пневмопривода согласно технологической карте. 3 Снятие автомобиля с подъемника	Слесари по ремонту автомобилей 3 и 4 разряда	Подъемник, стенд КИ-8925, манометр, линейка, набор инструментов	Защитные хлопчатобумажные перчатки, очки, сварочные маска, краги, 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 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [24].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
--------------------	---------	-----------------------------------

Продолжение таблицы 5

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Установка автомобиля на подъемник. 2 Выполнить проверку тормозного пневмопривода согласно технологической карте. 3 Снятие автомобиля с подъемника	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты автомобиля
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Подъемник, стенд КИ-8925
	Повышенный уровень шума	Подъемник, стенд КИ-8925
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Подъемник, стенд КИ-8925
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при обслуживании тормозного пневмопривода КамАЗ
	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)» [25].

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 (гигиенических

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 (далее – Перечень) устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Перечень утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н.

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). 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» [24];
- 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» [25];
- в) «организация обучения и проверки знаний по охране труда работников;

- г) проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований;
- д) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов» [26];
- е) «приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- ж) 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» [27];
- з) «обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- и) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда» [24, 25];
- к) «обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- л) 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;

м) организация и проведение производственного контроля;

н) издание (тиражирование) инструкций по охране труда» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 6.

Таблица 6 – 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	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [24].
«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	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха) » [24].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных);	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [26].

Продолжение таблицы 6

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [24].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [25].	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26].	–

Продолжение таблицы 6

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Монотонность труда, вызывающая монотонию»	<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. Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда; – 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

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального

и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [27].

На рисунке 15 представлены правила по соблюдению пожарной безопасности при работе на предприятии.



Рисунок 15 – Правила пожарной безопасности

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;

- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность» [27].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ

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» [25].
«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» [24].

Продолжение таблицы 7

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«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» [24].
«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» [28].
«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» [27].
«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» [25].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [25].

4.5 Экологическая безопасность технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация экологических факторов технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу

Продолжение таблицы 8

	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание тормозного пневмопривода КамАЗ	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [7].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ 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» [27].	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

Заключение по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ (таблица 4);

- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ (таблица 5) и определены пути их снижения (таблица 6);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ (таблицы 7, 8);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ (таблица 9).

5 Экономическая эффективность проекта

«Рассчитаем затраты на изготовление конструкции стенда по обкатки компрессоров грузовых автомобилей по формуле (38):

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{о.н}}, \quad (38)$$

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.» [27]

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле (39):

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (39)$$

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

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [27].

В таблице 10 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 10 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама	Швеллер гнутый 200х50х30	5	4,6	68,9	344,5
Итого:	–	–	–	–	344,5

$$C_{к.д} = 5 \cdot 68,9 = 344,5 \text{ руб.}$$

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле (40):

$$C_{о.д} = C_{п.р.н} \cdot C_{м}, \quad (40)$$

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

$C_{м}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.

$$C_{п.р.н} = t \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (41)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч. (в данном случае изготавливаем установочную пластину – 1 шт., уголок – 1 шт., установочный уголок – 1 шт.);

$$t = 1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,2 = 0,7 \text{ чел. - ч.}$$

$C_{ч}$ – 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» [27].

$$C_{\text{ПРН}} = 0,7 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 89,08 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле (42):

$$C_{\text{Д}} = \frac{(5...12) \cdot C_{\text{нр}}}{100}, \quad (42)$$

$$C_{\text{Д}} = \frac{10 \cdot 89,08}{100} = 8,9 \text{ р.}$$

Рассчитываем начисления на заработную плату по формуле (43):

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (C_{\text{нр}} + C_{\text{Д}})}{100} \quad (43)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (89,08 + 8,9)}{100} = 29,39 \text{ р.},$$

«Рассчитываем стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей по формуле (44):

$$C_{\text{М}} = C \cdot Q_3, \quad (44)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [27].

В таблице 11 представлена стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 11 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка материала	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Установочная пластина	Сталь 45	1	3	120,0	360,0
Уголок	Сталь 45	1	2	22,0	44,0
Установочный уголок	Сталь 45	1	2	22,0	44,0
Итого:	–	–	–	–	448,0

$$C_M = 3 \cdot 120 + 2 \cdot 22 + 2 \cdot 22 = 448 \text{ р.}$$

$$C_{O,Д} = 89,08 + 8,9 + 29,39 + 448 = 899,39 \text{ р.}$$

«Рассчитываем полную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке по формуле (45):

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (45)$$

где $C_{СБ}$ – 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.» [27].

«Рассчитываем основную заработную плату рабочих, занятых на сборке по формуле (46):

$$C_{СБ} = T_{СБ} \cdot C_ч \cdot k_t, \quad (46)$$

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

$$T_{СБ} = k_c \cdot \sum t_{с.б}, \quad (47)$$

где $t_{c.б}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч., по справочным данным принимаем равным 12,0 чел.-ч.

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25» [27].

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 12 = 15 \text{ чел.} \cdot \text{ч.},$$

$$C_{CB} = 15 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 1909 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 1909 = 190,9 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (1909 + 190,9) = 629,97 \text{ р.},$$

$$C_{сб.п} = 1909 + 190,9 + 629,97 = 2729,87 \text{ р.}$$

«Рассчитываем общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления по формуле (48):

$$C_{он} = \frac{C'_{пр} \cdot R_{оп}}{100}, \quad (48)$$

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

$R_{оп}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [27].

$$C'_{пр} = C_{прн} + C_{сб}. \quad (49)$$

$$C'_{пр} = 89,08 + 1909 = 1998,08 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{1998,08 \cdot 40}{100} = 799,24 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты) представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Бак масляный	шт.	5000	1	5000
Бак воздушный	шт.	5000	1	5000
Шкив диаметром 106 мм	шт.	600	1	600
Шкив диаметром 135 мм	шт.	650	1	650
Шкив диаметром 232,5мм	шт.	880	1	800
Насос шестеренчатый НШ-32	шт.	4000	1	4000
Ремень 1-В25-1000Ш ГОСТ 24848.1	шт.	280	1	280
Итого:	–	–	–	16330

$$C_{п.д} = 5000 + 5000 + 600 + 650 + 800 + 4000 + 280 = 16330 \text{ р.}$$

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

Рассчитываем затраты на изготовление конструкции по формуле (38):

$$C_{кон} = 344,5 + 899,39 + 799,24 + 16330 = 21103 \text{ р.}$$

Как видно из расчетов, общие затраты на изготовление конструкции равны 21103 р.

«Рассчитываем годовую экономию от снижения себестоимости при внедрении конструкции по формуле (50):

$$\mathcal{E}_Г = (T_C - T_H) \cdot 12 \cdot C_ч + \mathcal{E}_к, \quad (50)$$

где T_C – среднемесячная трудоемкость при старой технологии, чел.-ч;

T_H – среднемесячная трудоемкость при новой технологии, чел.-ч;

$\mathcal{E}_к$ – экономия денежных средств при использовании конструкции;

12 – количество месяцев в году;

$C_ч$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по 4-у разряду, 123,56 р./ч.»

[27].

Экономия денежных средств достигается за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости при применении новой технологии и как следствие снижение трудоёмкости приводит к экономии денежных средств.

$$\mathcal{E}_Г = (12 - 10) \cdot 12 \cdot 123,56 + (55000 - 21103) = 30931,56 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (51):

$$O_{OK} = \frac{C_{KOH}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (51)$$

$$O_{OK} = \frac{21103}{30931,56} = 0,68 \text{ года.}$$

Рассчитываем годовой экономический эффект от внедрения конструкции по формуле (52):

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{KOH}, \quad (52)$$

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 30931,56 - 0,15 \cdot 21103 = 34097,01 \text{ р.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	55000,0	21103,00
Трудоёмкость при использовании конструкции	чел.-ч.	12	10,00
Годовая экономия от снижения при внедрении конструкции	руб.	-	30931,56
Годовой экономический эффект	руб.	-	34097,01
Срок окупаемости	год.	-	0,68

Вывод по разделу.

Анализируя таблицу 13 делаем вывод, что годовая экономия достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт меньшей стоимости составляет 30931,56 р., а срок окупаемости равен 0,68 года, что допустимо для данной конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей.

Таким образом, стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Разработка стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей» была обоснована тема дипломного проекта, поставлены цель и задачи.

В качестве конструкторской разработки была предложена разработка конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей. В результате спроектирована сбалансированная, надежная конструкция стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей, обеспечивающая длительный срок гарантированной безотказной его работы.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- выполнен обзор видов компрессоров;
- рассмотрена конструкция поршневого компрессора;
- обоснована необходимость разработки конструкции стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей с улучшенными техническими характеристиками;
- выполнена конструкторская разработка стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей, составлены технические задание и предложение, проведены расчёты основных элементов стенда;
- рассмотрена безопасность и экологичность проекта;
- определена экономическая эффективность разработанного стенда для обкатки компрессоров грузовых автомобилей.

Стенд для обкатки компрессоров грузовых автомобилей является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение.

Проектируемый стенд на 33897 р. дешевле стенда аналогичного назначения при прочих равных эксплуатационных возможностях. Срок окупаемости по проекту равен 8 месяцев. Всё это говорит о целесообразности разработки данной конструкции.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аринин И. Н. и др. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
2. Башта Т.М., Руднев С.С, Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы, учебник для вузов, 1982, 280с.
3. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
4. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
5. Гавриленко Г.А.; Рымаренко Л.И. Гидродинамические передачи - М: Машиностроение, 1998, 346 с.
6. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
7. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.
8. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
9. Детали машин и основы конструирования/Под ред. М.Н. Ерохина. - М.: КолосС, 2004.-462 с: ил.
10. Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.
11. [Инженерная экология и экологический менеджмент : учебник / М. В. Буторина [и др.] ; под ред. Н. И. Иванова [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2004. - 518 с.

12. Колосков М.М., Долбенко Ю.В. Марочник сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 2004. - 672 с.
13. Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.
14. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.
15. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
16. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта (ОНТП-01-91). – М.: Минавтотранс РСФСР, 1991. – 105 с.
17. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта/М-во автомоб. трансп. РСФСР. - М.: Транспорт, 1988. – 78 с.
18. Проектирование и расчёт подъёмно-транспортных машин общего назначения. Под ред. М.Н. Ерохина и А.В. Карпа.- М.: Колос, 1999.- 288с.
19. Сарбаев В.И., Селиванов С.С., Коноплев В.Н., Демин Ю.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Ростов., 2004. – 448с.
20. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
21. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.-56 с.
22. Справочник автомобилиста. Учебник для студ. учреждений проф. образования. - М.: Издательский центр “Академия”, 2004. - 480с.
23. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

24. Техническая эксплуатация автомобилей /Под ред. Кузнецова Е.С. – М.: Наука, 2004 – 535с.
25. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
26. Черемисинов В.И. Расчет деталей машин. - Киров: РИО ВГСХА, 2001.-233 с.
27. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
28. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
29. Щинов П.Е. Проектирование автотранспортных предприятий: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – 4-е изд., переработанное и дополненное. – Киров: Вятская ГСХА, 2011. – 83 с.
30. Экология транспорта: учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк., 2010. - 366, [2] 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. Englewood Cliffs, 1975.

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист	Лист	Листов
<i>Документация</i>									
A1			21.ДП.ПЭА.157.01.000.СБ	Сборочный чертёж	1				
<i>Детали</i>									
		1	21.ДП.ПЭА.157.01.001	Поперечина	4				
		2	21.ДП.ПЭА.157.01.002	Пластина опорная	6				
		3	21.ДП.ПЭА.157.01.003	Нижняя продольная балка	2				
		4	21.ДП.ПЭА.157.01.004	Нижняя поперечная балка	2				
<i>Стандартные изделия</i>									
		7		Стойка	1				
			21.ДП.ПЭА.157.01.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Рама				
Разраб.	Чернышов								
Пров.	Турбин								
Исполн.	Турбин								
Утв.	Бобровский				ТГУ, ИМ, гр. АТС-16018				
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>				

Рисунок А.2 – Спецификация на раму стенда для обкатки автомобильных компрессоров