

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 - «Агроинженерия»

Профиль: «Технические системы в агробизнесе»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема ВКР: «Проектирование участка по диагностике и ремонту пневмосистем автомобилей с разработкой стенда для проверки компрессоров»

Шифр ВКР.35.03.06.243.21.00.00.ПЗ

Студент группа Б272-04У



Сафиуллин Р.Р.

Руководитель доцент



Синицкий С.А.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(протокол № 5 от 09 марта 2021 г.)

Зав. кафедрой профессор



Хафизов К.А.

Казань – 2021 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 - «Агроинженерия»

Профиль: «Технические системы в агробизнесе»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

/Хафизов К.А./



25 января 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту: Сафиуллину Радиону Рамильевичу

Тема ВКР: «Проектирование участка по диагностике и ремонту пневмо-систем автомобилей с разработкой стенда для проверки компрессоров»

утверждена приказом по вузу от 24 февраля 2021 г. №_52_

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 05.03.2021 года

3. Исходные данные к ВКР: Материалы, собранные в период преддипломной практики по данной теме, а также новые технические решения (анализ существующих конструкций, патенты и др.).

Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. Состояние вопроса (обзор литературы, конструкций и патентов).
2. Проектирование участка по диагностике и ремонту пневмосистем автомобилей.
3. Разработка стенда для проверки компрессоров.
4. Разработка мероприятий по технике безопасности, экологии и физической культуре на производстве.

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Сафиуллина Р.Р. на тему «Проектирование участка по диагностике и ремонту пневмосистем автомобилей с разработкой стенда для проверки компрессоров».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 59 листах машинописного текста, включающая 8 таблиц, 8 рисунков. Библиографический список содержит 15 наименований. Графическая часть ВКР выполнена на 6 листах формата А1.

Первая часть ВКР характеризует состояние вопроса (литературный и патентный обзор).

Во второй рассматривается проектирование участка по диагностике и ремонту пневмосистем автомобилей.

В третьей части приведены расчеты по конструкции стенда для проверки компрессоров, разработаны мероприятия по охране труда и рассчитано экономическое обоснование разработанной конструкции.

Пояснительная записка завершается выводами и списком литературы.

ABSTRACT

For the final qualifying work of Safiullina R. R. on the topic "Design of the site for diagnostics and repair of pneumatic systems of cars with the development of a stand for checking compressors".

The final qualifying work contains an explanatory note on 59 sheets of typewritten text, including 8 tables, 8 figures. The bibliographic list contains 15 titles. The graphic part of the WRC is made on 6 sheets of A1 format.

The first part of the WRC characterizes the state of the issue (literature and patent review).

The second section deals with the design of the site for the diagnosis and repair of pneumatic systems of cars. In the third part, calculations on the design of the stand for testing compressors are given, measures for labor protection are developed and the economic justification of the developed design is calculated.

The explanatory note concludes with conclusions and a list of references.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
АННОТАЦИЯ.....	4
СОДЕРЖАНИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
1.1 Общее определения.....	7
1.2 Обзор конструкций стендов для проверки пневмосистем.....	8
1.3 Обзор патентов.	10
2 ПРОЕКТОВАНИЕ УЧАСТКА ПО ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТУ ПНЕВМОСИСТЕМ И АВТОМОБИЛЕЙ	36
2.1 Предпосылки для создания участка по диагностике и ремонту пневмосистем автомобилей.....	36
2.2 Определение трудоемкости работ по диагностике и ремонту пневмооборудования автомобилей	38
2.3 Определение численности рабочих участка по диагностике и ремонту пневмооборудования.	41
2.4 Подбор технологического оборудования.	42
2.5 Физическая культура на производстве	43
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОМПРЕССОРОВ.	44
3.1. Расчет стенда.	45
3.2 Разработка инструкции по безопасности труда при использовании стенда.....	49
3.3. Расчет технико-экономических показателей стенда.	50
3.3.1. Расчеты балансовой стоимости и массы проектируемой установки.....	50
3.3.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции	51
ВЫВОДЫ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	59
Спецификации	60

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в производственном процессе огромную роль играет техника, особенно это очень заметно в сельскохозяйственном производстве.

За последнее время значительно возрос уровень технического производства, который перешел на новый более качественный уровень. С одной стороны повышение уровня механизации производственных процессов значительно упрощает процесс, но в тоже время техника становится более сложной. Требуется более ответственного к себе отношения.

Современные трактора и особенно автомобили в своей конструкции имеют сложные пневматические системы. В настоящее время большая часть пневмосистем тракторов и автомобилей имеют помимо механического еще и электронное управление, что сказывается на повышении уровня его технического обслуживания.

Для обеспечения качественного и своевременного обслуживания пневмосистем техники в данной выпускной квалификационной работе предлагается разработать мероприятия связанные с проектированием участка по ремонту и диагностики пневмосистем автомобилей с разработкой стенда для проверки исправности работы компрессоров.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общее определения

Пневматический привод применяемый на автомобилях, тракторах и мобильных машинах предназначен для дистанционного привода рабочих систем и дополнительного оборудования.

В автомобилях (грузовых) главной рабочей системой с пневматическим приводом является тормозная система самого автомобиля и прицепа. В последнее время пневмосистемы нашли широкое применения в подвеске грузовых автомобилей. Также пневмостистемы применяются в других системах (привод сцепления, переключение передач и т.д.).

Одним из главных преимуществ пневматической системы является возобновляемость энергоносителя, в роли которого выступает воздух. В некоторых случаях в качестве энергоносителя могут применяться и другие газы. Это обусловлено спецификой применения (пожароопасность, агрессивная среда и другие факторы).

Пневмосистемы применяемые в производстве можно разделить на группы, в зависимости от рабочего давления:

низкого давления – до 0,4 МПа;

среднего давления - от 0,4 до 1 МПа;

высокого давления – более 1МПа.

На автомобилях и тракторах в основном применяются пневмосистемы с рабочим давлением не более 1 МПа.

Это обусловлено в первую очередь тем, что создание рабочего давления более 1МПа очень энергозатратно, так как на автомобилях и тракторах применяются в основном поршневые одноступенчатые компрессоры. К тому же в тех механизмах где применяются пневмосистемы не требуются значительные усилия. А случаях где необходимо создание больших усилий применяют гид-

равлические системы с более высоким рабочим давлением (10...20 МПа), так как это более оправдано с технической и экономической точек зрения.

Оборудование пневмосистем требует тщательного технического обслуживания, проверок исправности и регулировок по мере необходимости.

Для проверки оборудования пневмосистем применяют как встроенное диагностическое оборудование машин, так и специальные стенды и диагностические комплексы.

Ниже представлен обзор конструкций стендов и патентный обзор по данной тематике.

1.2 Обзор конструкций стендов для проверки пневмосистем.

Стенд К-245 предназначен для испытания аппаратов пневмо-привода тормозной системы грузовых автомобилей ЗИЛ, КамАЗ, КрАЗ, МАЗ, автобусов ИКАРУС, ЛАЗ, ЛиАЗ, а также для испытания пневматических аппаратов вспомогательных систем автомобилей в условиях автотранспортных предприятий и сто, кроме компрессоров.



Рисунок 1.1- общий вид стенда К-245.

Автоматизированный стенд для обкатки испытания компрессоров КТ-6, КТ-7, ПК5-25 под нагрузкой с ПК СТ.441199.501М, [10].



Рисунок 1.2 - Автоматизированный стенд для обкатки испытания компрессоров.

Испытательный стенд НА7-АС был разработан, чтобы обеспечить экономически эффективное и простое в использовании, решение для ремонта и испытания компрессоров систем АС.

Одобен Denso; НА7-АС выполняет тесты Denso 7SB (U) и 10РА, а с дополнительной оснасткой способен работать с широким перечнем компрессоров, [10].



Рисунок 1.3 - Стенд для ремонта компрессоров системы А/С Hartridge НА7-АС

1.3 Обзор патентов.

Ниже представлено описание к патенту № 2682834.

Изобретение относится к области мобильных стендов для пневматических испытаний нефтегазового оборудования и может быть использовано для испытаний в условиях полигона с применением естественных или дешевых грунтовых искусственных защитных сооружений взамен мощных железобетонных защитных конструкций на территории промышленного предприятия, когда применение таких конструкций экономически не оправдано ввиду эпизодичности испытаний.

Известен мобильный стенд для пневматических испытаний ГАКС-ММ-1 (<http://gaksnp.ru/portfolio/234>), содержащий испытательное оборудование 1, а также оборудование системы управления 2, установленные в транспортабельном модуле 3 (фиг. 1), имеющем встроенную прочную защитную перегородку 4, отделяющую испытательное оборудование 1 от оборудования системы управления 2. Указанная перегородка 4 выполняет функцию защитной конструкции, необходимость которой оговорена нормативными требованиями (Руководящий документ. Правила проведения пневматических испытаний изделий на прочность и герметичность. РД 26-12-29-88, Приложение 2). Транспортабельный модуль 3 обладает достаточной прочностью, что позволяет производить многократные передислокации мобильного стенда в зависимости от места расположения объекта испытаний. Мобильный стенд для пневматических испытаний обладает простотой конструкции, компактностью и обеспечивает проведение испытаний в эксплуатационных условиях при выполнении ремонтов нефтегазового оборудования - прототип.

Однако, известному стенду присущи недостатки, заключающиеся в том, что он рассчитан на небольшие (до 63 МПа (630 кг/см²),) предельные давления, при которых проводятся испытания и при которых согласно РД 26-12-29-88 в качестве испытательной среды может использоваться атмосферный воздух.

Кроме того, встроенная защитная перегородка, отделяющая зону управления от зоны испытаний и защищающая ее, не является достаточным препятствием разлетанию фрагментов испытываемого оборудования по другим направлениям при его разрушении и действию ударной волны в результате возможного взрыва в процессе испытаний.

Задачей предполагаемого изобретения является улучшение эксплуатационных характеристик стенда для пневматических испытаний в части обеспечения возможности безопасного проведения испытаний при более высоких давлениях газовой испытательной среды, и возможности многократного использования имеющегося запаса газовой испытательной среды в модуле хранения.

Выполнение мобильного стенда для пневматических испытаний, состоящим по меньшей мере из трех конструктивно независимых транспортабельных модулей, включающих модуль сбора данных наблюдения и управления, содержащий аппаратуру управления и наблюдения, а также связанные с ним каналами связи и соединенные между собой испытательный модуль с установленным в нем испытываемым объектом и испытательным оборудованием и модуль хранения и распределения газовой испытательной среды со встроенными в него емкостями для хранения газовой испытательной среды, позволяет рационально разместить модуль сбора данных наблюдения и управления по отношению к остальным модулям на полигоне при подготовке испытаний и благодаря этому обеспечить безопасность персонала в модуле сбора данных наблюдения и управления при проведении испытаний испытываемого объекта при повышенных (свыше 63 МПа) уровнях давления газовой испытательной среды, что улучшает эксплуатационные характеристики стенда.

Наличие в трубопроводе подачи и возврата испытательной среды двух байпасных линий, подключенных параллельно с компрессором, в одном из которых встроен фильтр с запорной арматурой на входе и выходе из него, а другой - регулирующий клапан, обеспечивает возможность повторного (много-

кратного) использования газовой испытательной среды при возврате ее в емкости для хранения через упомянутый фильтр, а также плавное выравнивание давления в модуле хранения и распределения и в испытываемом объекте, благодаря чему улучшаются эксплуатационные характеристики стенда.

Сущность предполагаемого изобретения поясняется рисунками, где на фиг. 2 схематично показан состав модулей мобильного стенда для пневматических испытаний, их схематическое расположение в рабочем положении в условиях полигона и функциональные связи между модулями, на фиг. 3 - испытательный модуль с расположенными в нем испытываемым объектом и испытательным оборудованием, а фиг. 4 - модуль хранения и распределения испытательной среды

Мобильный стенд для пневматических испытаний состоит по меньшей мере из трех конструктивно независимых транспортабельных модулей 1, 2 и 3 (фиг. 2), имеющих замкнутый жесткий корпус 4, охватывающий днище, крышу и боковые поверхности модуля (фиг. 2, 3). В число упомянутых модулей входят модуль сбора данных наблюдения и управления 1, содержащий аппаратуру сбора данных, управления и наблюдения 5 (фиг. 2), а также связанные с ним каналами связи и управления 6 испытательный модуль 2 с установленным в нем испытываемым объектом 7 (фиг. 3) и модуль хранения и распределения газовой испытательной среды 3, в котором встроены емкости 8 для хранения газовой испытательной среды (фиг. 2, 4). В испытательном модуле 2 размещены также контрольно-измерительные приборы 9 и испытательное оборудование, включающее компрессор 10 и ресивер 11, посредством которого компрессор 10 подключен к испытываемому объекту 7 (фиг. 3). Испытательный модуль 2 и модуль хранения и распределения газовой испытательной среды 3 соединены между собой трубопроводом подачи и возврата 12 газовой испытательной среды (фиг. 2), один конец которого присоединен к емкостям 8 для хранения газовой испытательной среды в модуле хранения и распределения 3 газовой испы-

тательной среды, а его другой конец - к компрессору 10, в испытательном модуле 2 (фиг. 2, 3, 4). Трубопровод подачи и возврата 12 газовой испытательной среды оснащен двумя байпасными линиями 13 и 14, подключенными параллельно с компрессором 10 к ресиверу 11 за компрессором 10 и к трубопроводу подачи и возврата 12 газовой испытательной среды перед компрессором 10. Причем в байпасную линию 13 встроены фильтр 15 с запорной арматурой на его входе 16 и на выходе 17, а в другую байпасную линию 14 встроены регулирующийся клапан подачи 18 газовой испытательной среды (фиг. 3).

Мобильный стенд для пневматических испытаний работает следующим образом.

В исходном состоянии все три модуля 1, 2 и 3 мобильного испытательного стенда, включая модуль сбора данных наблюдения и управления 1, испытательный модуль 2 и модуль хранения и распределения испытательной среды 3, находятся на производственном предприятии в режиме хранения, будучи защищенными от внешних загрязняющих факторов и температурных перепадов (на рисунке не показано).

При подготовке к проведению испытаний выполняются мероприятия в условиях производственного предприятия, при которых в испытательный модуль 2 устанавливается испытываемый объект 7 и фиксируется посредством штатного крепления (на рисунке не показано). Производится заправка емкостей 8 газовой испытательной средой в модуле хранения и распределения 3. Испытываемый объект 7 оснащается контрольно-измерительными приборами 9, а испытательный модуль 2 - аппаратурой сбора данных, управления и наблюдения 5.

Для проведения испытаний стенд транспортируется на полигон автотранспортом, где модули 1, 2 и 3 мобильного испытательного стенда устанавливаются (фиг. 2) с выполнением следующих условий. Испытательный модуль 2 и модуль хранения и распределения испытательной среды 3 размещаются на

близком расстоянии друг от друга, а модуль сбора данных наблюдения и управления с персоналом 1 отделяется от указанных модулей 2 и 3 и располагается на безопасном от них расстоянии.

После подключения всех модулей стенда к источнику силового электропитания (на рисунке не показано) подключаются каналы связи и управления 6, соединяющие контрольно-измерительные приборы 9 на испытываемом объекте 7 с аппаратурой сбора данных, управления и наблюдения 5 в модуле 1 сбора данных наблюдения и управления (фиг. 2).

Затем выполняется монтаж участков трубопровода 12 подачи и возврата испытательной среды вне модулей 2 и 3 (фиг. 2). Подается газовая испытательная среда в испытываемый объект 7 через трубопровод 12 подачи и возврата испытательной газовой среды. При этом запорный клапан на входе 19 в компрессор 10 закрыт и закрыты запорные клапаны 16 и 17 на байпасной линии 13 (фиг. 3). Регулирующий клапан 18 путем частичного открытия обеспечивает постепенное повышение давления в испытываемом объекте 7 до его выравнивания с давлением в емкостях 8 для хранения газовой испытательной среды в модуле 3 хранения и распределения газовой испытательной среды. Дальнейшее повышение давления в испытываемом объекте 7 обеспечивается компрессором 10. Для этого все запорные клапаны 16 и 17 на байпасной линии 13 и регулирующий клапан 18 на байпасной линии 14 закрываются. Открывается запорный клапан 19 на входе в компрессор 10 и производится запуск компрессора 10. После достижения давления в испытываемом объекте 7, при котором проводятся испытания, компрессор 10 останавливают с одновременным закрытием запорного клапана 19 на входе в компрессор (фиг. 3).

В итоге выполнения указанных выше операций стенд готов к испытаниям.

После завершения испытаний испытательная газовая среда через байпасную линию 13 и трубопровод подачи и возврата газовой испытательной среды

12 возвращается в емкости 8 модуля 3, проходя очистку в фильтре 15 (фиг. 3). Затем разобщают функциональные связи между модулями 1, 2 и 3 и производится их погрузка на автотранспорт с доставкой на предприятие и приведением указанных модулей в исходное состояние для хранения.

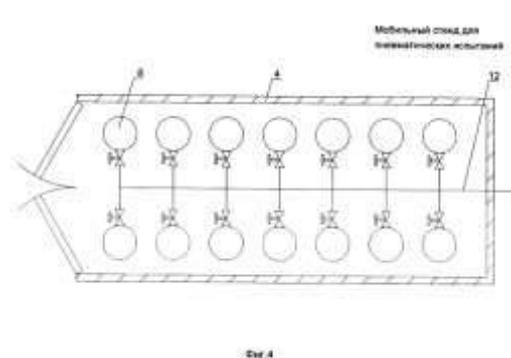
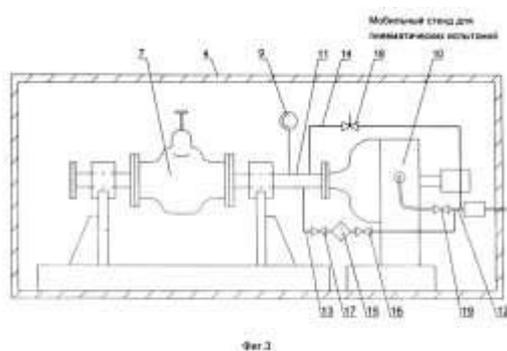
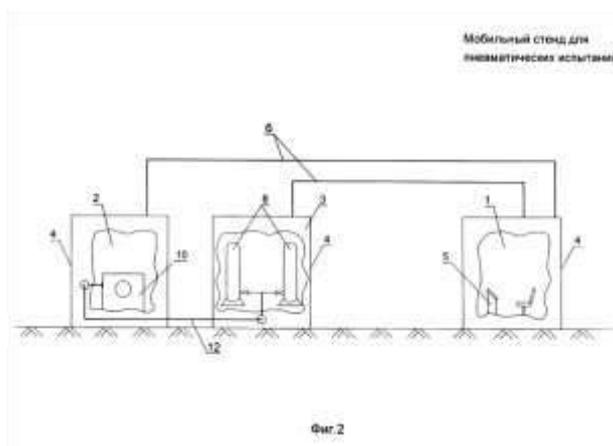
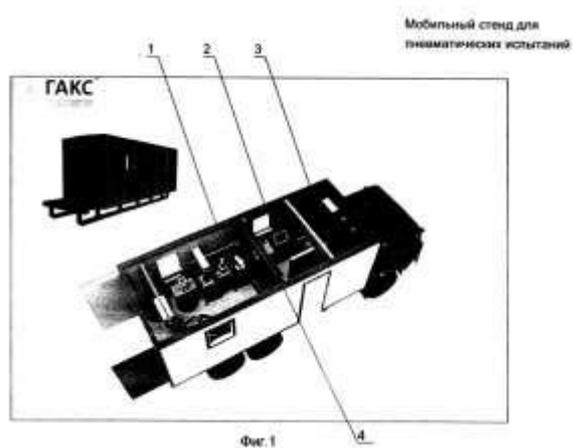


Рисунок 1.4 – схемы к патенту № 2682834

Ниже представлено описание к патенту № EA029328B1.

Состояние элементов компрессора может ухудшаться в процессе работы различными путями. Например, может ухудшаться эффективность клапанов, приводя к утечкам нагнетаемого воздуха обратно в цилиндры. Утечка в клапа-

нах может быть вызвана маслом, прошедшим через клапаны, повторным сжатием, нагреванием до высоких температур и карбонизацией на клапанах, в результате чего клапаны теряют свою эффективность и дают утечку. Продолжение ухудшения состояния клапанов приводит к более высоким температурам, сильному износу элементов и окончательному отказу клапанов, что делает невозможным подачу нагнетаемого воздуха компрессором в локомотив или к другому пользователю сжатого воздуха или другого газа. В настоящее время прогностические и диагностические методы для поршневых компрессоров сосредотачиваются на вибрации, акустике, тепловых и других технологиях, которые требуют дополнительных датчиков, помимо основного датчика или датчика давления в резервуаре. Так в документе EP 1508736 предложена система и способ диагностики рабочего состояния контура с текучей средой, в которых для диагностики применяют дополнительный датчик расхода.

Сущность изобретения

Целью изобретения является обеспечение возможности диагностирования поршневых компрессоров без использования дополнительных датчиков, помимо основного датчика или датчика давления в резервуаре. В одном варианте выполнения предложен способ для компрессора. Способ включает диагностику состояния утечки в клапане компрессора, основываясь на перемещении поршня в картере.

В одном варианте выполнения контроллер используют для определения состояния поршневого компрессора, основываясь на перемещении поршня в течение интервала времени, следующего за заполнением резервуара до уровня давления. Перемещение поршня свидетельствует об утечке в клапане внутри поршневого компрессора.

В одном варианте выполнения поршневой компрессор содержит по меньшей мере один поршень, причем каждый поршень соединен с коленчатым валом и расположен внутри соответствующего цилиндра. В резервуаре запаса-

ется нагнетаемый воздух, выпускаемый цилиндрами. Выпускной клапан обеспечивает возможность передачи воздуха, сжатого каждым поршнем, из соответствующего цилиндра в резервуар. Впускной клапан обеспечивает возможность поступления воздуха в каждый соответствующий цилиндр перед перемещением поршня. Датчик измеряет по меньшей мере один показатель в течение периода времени, который свидетельствует о состоянии утечки в каждом выпускном клапане в последней ступени компрессора.

Подробное описание

Варианты выполнения раскрытого в настоящем документе объекта изобретения относятся к системам и способам диагностики компрессора. Компрессор может быть частью транспортного средства, как, например, локомотивной установки. Другие подходящие типы транспортных средств могут включать шоссейные транспортные средства, внедорожные транспортные средства, горно-шахтное оборудование и морские суда. Другие варианты выполнения могут быть использованы для стационарных компрессоров. Эти транспортные средства могут содержать компрессор с элементами, характеристики которых ухудшаются при использовании. Такое состояние может быть обнаружено для определения состояния неисправности и инициирования, в ответ на это, предупредительных мер по исправлению положения, чтобы предотвратить полную неисправность компрессора.

Рассматриваемые варианты выполнения предназначены для обнаружения утечек в клапанах воздушного компрессора, такого как поршневой компрессор, путем оценки положения коленчатого вала или скорости компрессора (в частности, выпускного клапана высокого давления). Как только компрессор заполнил резервуар до приемлемого предела, компрессор выключают. Эта технология направлена на отклик сигнала оборотов (например, положение коленчатого вала) воздушного компрессора после того, как компрессор заправил систему и выключился. Если в клапане имеется значительная утечка (при условии, что

поршень не находится в нижней мертвой точке), нагнетаемый воздух в резервуаре будет стравливаться обратно через выпускной клапан, вызывая перемещение головки поршня высокого давления вниз таким образом, вызывая отклик сигнала оборотов (или положения коленчатого вала) компрессора. Иллюстративные системы и способы могут быть использованы в качестве системы раннего обнаружения износа и неисправности клапана, что, в конечном счете, приводит к отказу компрессора.

На фиг. 1 изображена блок-схема иллюстративного варианта выполнения системы 100 транспортного средства (например, локомотивной установки), изображенного в настоящем документе в виде рельсового транспортного средства 106, выполненного с возможностью перемещения по рельсам 102 с помощью колес 108. Как показано, средство 106 содержит компрессорную систему с компрессором 110. В одном варианте выполнения компрессор представляет собой поршневой компрессор, который подает воздух под высоким давлением. Для этого компрессор может сжимать воздух, поступивший через впускное отверстие 114 для окружающего воздуха, в многоступенчатом процессе для генерации нагнетаемого воздуха. В качестве примера, окружающий воздух сжимается в первой ступени до первого уровня давления и подается во вторую ступень, которая дополнительно сжимает воздух до второго уровня давления, который выше, чем первый уровень. Нагнетаемый воздух при втором уровне давления может быть впоследствии запасен в резервуаре.

Компрессор 110 содержит картер 160, который представляет собой корпус для коленчатого вала (не показан на фиг. 1), соединенного с цилиндрами (не показаны на фиг. 1) компрессора. Двигатель 165 используется для вращения коленчатого вала для приведения в действие поршней в цилиндрах. Коленчатый вал может смазываться компрессорным маслом, перекачиваемым масляным насосом (не показан) и распыляемым на коленчатый вал. Коленчатый вал, в свою очередь, может быть механически соединен с несколькими поршнями

через соответствующие соединительные штоки. Поршни втягиваются вниз и выталкиваются вверх, когда коленчатый вал вращается, чтобы генерировать и выпускать нагнетаемый воздух в одну или несколько ступеней.

Средство 106 дополнительно содержит контроллер 130 для управления различными элементами, связанными с системой 100. В одном примере контроллер 130 содержит компьютерную систему управления. В одном варианте выполнения компьютерная система управления содержит процессор, такой как процессор 132. Контроллер 130 может содержать несколько блоков управления компрессором (ЕСИ), при этом система управления может быть распределена между каждым из блоков ЕСИ. Контроллер 130 дополнительно содержит машиночитаемые носители информации, такие как память 134, включая инструкции по обеспечению бортового мониторинга и управлению работой рельсового транспортного средства. Память 134 может включать энергозависимую и энергонезависимую память.

Контроллер может осуществлять надзор за управлением и организацией системы 100. Контроллер может принимать сигналы от различных датчиков 150 компрессора, чтобы определить рабочие параметры и рабочие условия, и соответствующим образом регулировать различные исполнительные механизмы 152 компрессора для управления работой средства 106. Например, контроллер может принимать сигналы от различных датчиков, включая частоту вращения компрессора, нагрузку компрессора, давление наддува, давление выхлопных газов, атмосферное давление, температуру выхлопных газов и т.д. В качестве другого примера, контроллер может принимать сигнал от датчика 170 давления в картере, который измеряет давление картера 160. В качестве другого примера, контроллер может принимать сигнал от датчика 172 положения коленчатого вала, который измеряет положение коленчатого вала. Соответственно, контроллер может управлять системой транспортного средства путем подачи команды к различным элементам, таким как тяговые двигатели, генератор,

клапаны цилиндра, дроссельная заслонка и т.д. Сигналы от датчиков 150, 170 и 172 могут быть сгруппированы вместе в один или несколько жгутов, чтобы уменьшить пространство в системе 100, предназначенное для проводки и для защиты сигнальных проводов от истирания и вибрации.

Контроллер может содержать бортовую электронную диагностику для записи рабочих характеристик компрессора. Рабочие характеристики могут включать, например, измерения датчиков 150, 170 и 172. Такие рабочие характеристики могут быть сохранены в базе данных в памяти 134. В одном варианте выполнения текущие рабочие характеристики могут сравниваться с прошлыми рабочими характеристиками, чтобы определить тенденции рабочих характеристик компрессора.

Контроллер может включать бортовую электронную диагностику для выявления и записи потенциального ухудшения рабочих характеристик и неисправностей элементов системы 100. Например, когда идентифицируется потенциальное ухудшение рабочих характеристик элементов, диагностический код может сохраняться в памяти 134. В одном варианте выполнения уникальный диагностический код может соответствовать каждому типу ухудшения рабочих характеристик, который может быть выявлен с помощью контроллера. Например, первый диагностический код может указывать на неработающий выпускной клапан цилиндра, второй диагностический код может указывать на неработающий впускной клапан цилиндра, третий диагностический код может указывать на нежелательные действия сжатия поршнем и т.д. Контроллер может изменять выпуск из компрессора 110 нагнетаемого воздуха, основываясь на различных параметрах, включая состояния связанных систем нагнетаемого воздуха (например, в пределах двигателей соседних локомотивов), условий окружающей среды, общего спроса подачи сжатого воздуха и т.д.

Контроллер может быть дополнительно соединен с дисплеем 140, таким как дисплей диагностического интерфейса, что обеспечивает пользовательский

интерфейс для обслуживающего персонала и команды технического обслуживания локомотива. Контроллер может управлять компрессором в ответ на ввод оператора через пользовательские элементы 142 управления вводом путем подачи команды для регулировки соответствующим образом различных исполнительных механизмов 152 компрессора. Не ограничивающие примеры пользовательских элементов 142 могут включать управление дроссельной заслонкой, управление тормозной системой, клавиатуру и выключатель питания. Кроме того, рабочие характеристики компрессора, например диагностические коды, соответствующие элементам с ухудшенными рабочими характеристиками, могут представляться оператору и/или команде технического обслуживания через дисплей 140.

Система транспортного средства может содержать систему 144 связи, связанную с контроллером. В одном варианте выполнения система 144 может содержать радио и антенну для передачи и приема сообщений речи и данных. Например, передача данных может осуществляться между системой транспортного средства и центром управления железной дороги, другого локомотива, спутника и/или придорожного устройства, например железнодорожной стрелки. Например, контроллер может оценить географические координаты системы транспортного средства, используя сигналы от приемника СР8. В качестве другого примера, контроллер может передавать рабочие характеристики компрессора в центр управления посредством сообщения, переданного от системы 144 связи. В одном варианте выполнения сообщение может быть передано в центр управления посредством системы 144 управления, когда обнаружен элемент компрессора с ухудшенными рабочими характеристиками и система транспортного средства может быть запланирована для обслуживания.

Примером элемента с ухудшенными рабочими характеристиками может быть выпускной клапан из цилиндра компрессора. Надлежащая работа компрессора основывается на работоспособном впускном клапане и выпускном

клапане, которые связаны с каждым цилиндром. Впускной клапан открывается для втягивания воздуха вовнутрь, когда поршень тянет вниз к нижней мертвой точке за счет вращения коленчатого вала (не показан). В нижней мертвой точке впускной клапан закрывается, герметично закрывая, тем самым, цилиндр. По мере того как коленчатый вал продолжает вращаться, поршень выталкивается вверх от нижней мертвой точки для сжатия воздуха, содержащегося внутри цилиндра, до уровня требуемого давления, перед тем как выпускной клапан открывается, обеспечивая, тем самым, возможность нагнетаемому воздуху выйти из цилиндра в резервуар 180. Это процесс повторяется до тех пор, пока резервуар не будет заполнен нагнетаемым воздухом на уровне давления, определяемом с помощью датчика 185. Резервуар соединен с одной или несколькими пневматическими системами и/или устройствами, облегчающими их работу.

После того как резервуар заполнен, воздушная система между впускным отверстием резервуара и компрессором закрывается, и контролируют один или большее количество поршней внутри компрессора.

На фиг. 2 проиллюстрирован подробный вид компрессора 110, представленного на фиг. 1. Компрессор содержит три цилиндра 210, 220, 230. Каждый цилиндр содержит поршень 218, 228, 238, соединенный с коленчатым валом 250 посредством соединительных штоков 240, 242, 244. Коленчатый вал 250 приводится в движение двигателем 165, чтобы циклическим образом тянуть соответствующие поршни вниз к нижней мертвой точке и толкать поршни к верхней мертвой точке для выпуска нагнетаемого воздуха, который подается в резервуар 180 через воздухопроводы 280, 282, 284, 286. В этом варианте выполнения компрессор разделен на две ступени: ступень низкого давления и ступень высокого давления для получения нагнетаемого воздуха поэтапным подходом. Ступень низкого давления сжимает воздух до первого уровня давления, который дополнительно сжимается ступенью высокого давления до второго уровня давления. В этом примере ступень низкого давления содержит цилиндры 220,

230, а ступень высокого давления содержит цилиндр 210.

При работе воздух из впускного отверстия 114 для окружающего воздуха сначала втягивается в цилиндры низкого давления через впускные клапаны 222, 232, которые открываются и закрываются в портах 223, 233. Окружающий воздух втягивается по мере того, как цилиндры низкого давления приближаются к нижней мертвой точке, где впускные клапаны 222, 232 отделяются от портов 223, 233, чтобы обеспечить возможность поступления воздуха в каждый цилиндр 220, 230. После того как поршни достигли нижней мертвой точки, впускные клапаны 222 и 232 закрывают порты 223, 233 для удерживания воздуха внутри каждого цилиндра. После этого поршни 228, 238 толкаются к верхней мертвой точке, сжимая, тем самым, окружающий воздух, изначально всосанный в цилиндры. После того как цилиндры сжали окружающий воздух до первого уровня давления, выпускные клапаны 224, 234 в портах 225, 235 открываются для выпуска воздуха низкого давления в линии 280, 282 низкого давления.

Воздух низкого давления направляется в промежуточный охладитель 260 для отвода тепла сжатия путем выполнения процесса охлаждения, по существу, с постоянным давлением. Снижение температуры воздуха обеспечивает возможность повышения плотности воздуха, втягиваемого в ступень высокого давления для получения большей эффективности, чтобы обеспечить нужный уровень давления, одновременно, при этом, используя минимальное количество ресурсов. Расход, объем, температура и т.д. воздуха, выпускаемого из промежуточного охладителя, определяется контроллером 262 промежуточного охладителя. В одном варианте выполнения контроллер промежуточного охладителя использует термостатический регулятор с помощью механических средств, таких как тепловое расширение металла.

Воздух низкого давления, выпускаемый из промежуточного охладителя 260 в воздушную линию 284 низкого давления, впоследствии втягивается в цилиндр 210 высокого давления. Более конкретно, как поршень 218 надвигается к

нижней мертвой точке, впускной клапан 212 открывается, обеспечивая, тем самым, возможность втягивания воздуха низкого давления в цилиндр 210 через впускное отверстие 213. После того как поршень 218 достигает нижней мертвой точки, впускной клапан 212 закрывается, чтобы закупорить воздух низкого давления в цилиндре 210. Затем поршень выталкивается вверх, сжимая, тем самым, воздух низкого давления в воздух высокого давления. По мере того как сжатие увеличивается, выпускной клапан 214 открывается, обеспечивая возможность выпуска воздуха высокого давления в линию 286 высокого давления 286 через выпускное отверстие 215. Вторичный охладитель 270 охлаждает воздух высокого давления для содействия в доставке воздуха большей плотности в резервуар 180 через воздушную линию 288.

Описанный выше процесс повторяется циклически, когда коленчатый вал 250 вращается, непрерывно обеспечивая высокое давление воздуха в резервуаре 180, которое контролируется датчиком 185 давления. После того как давление в резервуаре 180 достигает определенного уровня (например, 140 фунтов на квадратный дюйм) (9,66 атм.), датчик 185 давления посылает выходной сигнал к контроллеру 130 для разгрузки компрессора путем приведения в действие разгрузочного клапана 268 и выключения двигателя 165. Кроме того, разгрузочный клапан закрыт, когда компрессор находится в состоянии покоя, чтобы герметично закрыть воздушные линии и цилиндры для поддержания уровня давления нагнетаемого воздуха во всем компрессоре 110 в течение некоторого периода времени. В течение этого периода может быть оценено состояние некоторых клапанов в компрессоре 110, чтобы гарантировать, что они находятся в рабочем состоянии.

В одном варианте выполнения оценивают состояние выпускного клапана 214, чтобы определить, может ли он поддерживать закрытое положение, находясь под давлением. Неисправное состояние клапана может быть обнаружено путем мониторинга перемещения коленчатого вала 250 с помощью датчика 370,

который обнаруживает смещение и/или частоту вращения коленчатого вала 250. В этом примере коленчатый вал 250 обычно не смещается в течение периода времени после заполнения резервуара, поскольку двигатель выключен. Таким образом, любое перемещение, обнаруженное датчиком 370, может быть вызвано протеканием воздуха высокого давления из воздушной линии 286 в цилиндр 210, как результат неправильного расположения выпускного клапана 214 в порту 215.

На фиг. 3 изображен иллюстративный вариант выполнения цилиндра 210 компрессора во время такта сжатия. В этом варианте выполнения цилиндр 210 содержит стенку 320 и объем для втягивания и сжатия воздуха. Поршень 218 может быть соединен с коленчатым валом 250 посредством соединительного штока 240, так что возвратно-поступательное перемещение поршня 218 может быть преобразовано во вращательное движение коленчатого вала 250. Коленчатый вал 250 и соединительный шток 240 заключены в картере 160. Поршень 218 совершает возвратно-поступательное перемещение назад и вперед внутри цилиндра 210 от верхней мертвой точки к нижней мертвой точке. Верхняя мертвая точка соответствует положению поршня 218, которое является ближайшим к впускному клапану 312 и выпускному клапану 316. Нижняя мертвая точка соответствует положению поршня 218, которое дальше всего отстоит от впускного клапана 312 и выпускного клапана 316. В одном варианте выполнения впускной клапан 312 может быть открыт, чтобы обеспечить возможность поступления воздуха в цилиндр 210 из впускного порта 314. Выпускной клапан 216 может быть открыт, чтобы обеспечить возможность выхода нагнетаемого воздуха 410 из цилиндра 210 через выпускной порт 318. Нагнетаемый воздух, вытолкнутый из цилиндра через выпускной клапан 216, направляется в резервуар для хранения и последующего использования.

На фиг. 4 проиллюстрирован поршень 218 в течение периода времени, следующего за заполнением резервуара. В этом варианте выполнения исполь-

зается подтекающий клапан 390, который обеспечивает возможность стравливания нагнетаемого воздуха 410 из резервуара обратно в цилиндр 210. Клапан 390 может стать неисправным на основе ухудшения рабочих характеристик одного или нескольких элементов клапана по мере использования компрессора. Например, стенки впускного порта 213 или выпускного порта 215 могут поцарапаться, покрыться выемками и/или обтесаться, что может увеличить зазор между впускным клапаном 212 и выпускным клапаном 214 и их соответствующими портами 213, 215. Таким образом, утечка клапана может увеличиться в порте с ухудшенными рабочими характеристиками. В другом примере впускной клапан 212 или выпускной клапан 214 могут ухудшить свои рабочие характеристики по мере их использования в компрессоре. Пружины, шайбы, уплотнительные кольца, прокладки и другие элементы клапана могут давать усадку, потенциально обеспечивая возможность нагнетаемому воздуху проходить мимо клапана, поскольку уплотнение не надлежащим образом подогнано. В качестве другого примера, один или несколько элементов клапана могут деформироваться, растрескиваться или повреждаться таким образом, что это может увеличить утечку воздуха. Таким образом, утечка может увеличиться, когда один или несколько элементов клапана и их соответствующие порты ухудшают свои рабочие характеристики.

Если нагнетаемый воздух 410 стравливается обратно в цилиндр, смещение поршня 218 может произойти от приложения к верхней части поршня направленной вниз силы 380. Для выявления такого состояния может быть использован датчик 370, который определяет, что поршень 218 был смещен. В этом примере датчик 370 соединен с коленчатым валом, чтобы опосредованно контролировать местоположение поршня в течение периода времени, следующего за наполнением резервуара. Смещение поршня 218 вызывает перемещение коленчатого вала 350, поскольку эти элементы механически соединены. В одном варианте выполнения датчик 370 обнаруживает частоту вращения ко-

ленчатого вала 250 с помощью эффекта Холла или другой технологии измерения. В другом варианте выполнения датчик 370 обнаруживает положение (например, поворотное смещение) коленчатого вала путем обнаружения местоположения одного или нескольких элементов коленчатого вала 250 и/или одного или нескольких присоединенных к нему элементов. Если датчик 370 определяет состояние, которое указывает на перемещение коленчатого вала после наполнения резервуара, то можно сделать вывод о том, что к поршню 218 была приложена направленная вниз сила 380, вызванная утечкой выпускного клапана.

На фиг. 5 проиллюстрирован способ 500, который может быть реализован с помощью контроллера 130, чтобы определить состояние утечки клапана в компрессоре. На этапе 510 иницируют работу поршневого компрессора для генерации требуемого количества воздуха при определенном уровне давления, который может быть использован одним или несколькими устройствами, работающими на сжатом воздухе. На этапе 520 резервуар заполняют нагнетаемым воздухом до величины давления с помощью поршневого компрессора. Величина давления может, в одном примере, быть выбрана в зависимости от числа и типа устройств, зависящих в этой связи от выхода компрессора. На этапе 530 разгрузочный клапан открывают, по меньшей мере, на цилиндре высокого давления, например на цилиндре 210, описанном в настоящем документе. В одном варианте выполнения разгрузочный клапан для нескольких цилиндров низкого давления закрывают, а также и клапан для цилиндра высокого давления. На этапе 540 компрессор останавливают, а на этапе 550 указанный один или несколько разгрузочных клапанов закрывают, чтобы удерживать нагнетаемый воздух в компрессоре для выполнения оценки состояния клапана.

После того как резервуар заполнен, на этапе 560 осуществляют мониторинг поршня внутри цилиндра, соединенного с резервуаром. В этот период времени загрузочный клапан может быть закрыт, чтобы поддерживать уровень

нагнетаемого воздуха в компрессоре. Таким образом, может быть должным образом проверена работоспособность клапана, содержащего нагнетаемый воздух. На этапе 570 определяют, смещается ли поршень после того, как резервуар заполнен воздухом. Смещение поршня может быть определено путем поворотного перемещения коленчатого вала или другого элемента, механически соединенного с поршнем. Если такое смещение обнаружено, то выдается сигнал, указывающий, что существует состояние утечки клапана. Если никакого смещения не обнаружено (например, никакого перемещения коленчатого вала), то способ возвращается к этапу 560 для продолжения мониторинга состояния клапана. Таким образом, положение поршня в нижней мертвой точке может быть преодолено путем выполнения нескольких измерений за указанный период времени, поскольку поршень не будет все время расположен исключительно в нижней мертвой точке. Если в течение периода времени, следующего за наполнением резервуара, обнаруживается смещение поршня, то на этапе 580 выдается сигнал, указывающий, что существует состояние утечки клапана. Таким образом, для устранения утечки клапана могут быть предприняты корректирующие меры, до того, как такая утечка может привести к любым серьезным последствиям (например, к отказу компрессора). Корректирующие меры могут включать отключение питания от компрессора, уменьшение производительности компрессора, переход от компрессора к другому источнику нагнетаемого воздуха.

В варианте выполнения расположение поршня определяют сразу после завершения наполнения резервуара. Такое расположение имеет важное значение, поскольку гарантирует, что датчик 370 обеспечивает точное измерение. Например, если поршень находится в нижней мертвой точке, то приложение силы, вызванной нагнетаемым воздухом 310, не приведет к перемещению вниз поршня, так как нет больше пространства для дальнейшего перемещения. Таким образом, измерение отсутствия смещения не может быть точным показателем того, что клапан 216 находится в хорошем рабочем состоянии. Чтобы пре-

одолеть этот недостаток измерений, датчик 370 может выполнять измерения коленчатого вала 250 в течение определенного периода времени и нескольких циклов зарядки компрессора, чтобы определить, существует ли состояние утечки клапана. Таким образом, можно предположить, что поршень 218 не находится каждый раз в нижней мертвой точке, когда резервуар заполнен. Соответственно, смещение поршня 218 может быть обнаружено в течение одного или нескольких чередующихся циклов, чтобы уведомить пользователя о таком состоянии. Если такое условие существует, то для уведомления соответствующего персонала в ответ на выходной сигнал, может быть использована звуковая сигнализация, визуальная сигнализация, текстовое сообщение, электронное письмо, мгновенное сообщение, телефонный звонок или другие средства.

Кроме того, данные об утечки клапана могут быть записаны. В одном варианте выполнения данные об утечки клапана могут быть сохранены в базе данных, в том числе базе статистических данных компрессора. Например, база данных может храниться в памяти 134 контроллера 130. В качестве другого примера, база данных может храниться в месте, удаленном от рельсового транспортного средства 106. Например, статистические данные компрессора могут быть скрыты в сообщении и переданы с помощью системы 144 связи. Таким образом, центр управления может контролировать работоспособность компрессора в режиме реального времени. Например, центр управления может выполнять этапы, такие как этапы 520, 530, 540 и 550 для диагностики состояния компрессора с использованием данных о компрессоре, передаваемых с помощью системы 144 связи. Например, центр управления может принимать данные о компрессоре от рельсового транспортного средства 106, включая данные о давлении цилиндра, смещении одного или нескольких поршней и/или перемещении коленчатого вала, чтобы диагностировать потенциальное ухудшение рабочих характеристик компрессора. Кроме того, центр управления может планировать техническое обслуживание и ввод в действие работоспособных локомо-

тивов и ремонтных бригад таким образом, чтобы оптимизировать капитальные вложения. Статистические данные о компрессоре могут в дальнейшем использоваться для оценки работоспособности компрессора до и после использования компрессора, модификации компрессора и замены элементов компрессора.

Если существует состояние неисправного клапана, то дальнейшая диагностика и ответные меры могут предприниматься, как показано в иллюстративном способе 600, изображенном на фиг. 6. На этапе 610 может быть выдано сообщение для уведомления соответствующего персонала о потенциально неисправном состоянии клапана. В варианте выполнения сообщение инициируют на этапе 550, показанном на фиг. 5, с помощью выходного сигнала для указания существования состояния утечки клапана. Сообщение может быть выдано с помощью дисплея 140 или может представлять собой сообщение, передаваемое, например, системой 144 связи. После получения уведомления оператор может настроить работу рельсового транспортного средства 106, чтобы снизить возможность дальнейшего ухудшения рабочих характеристик компрессора.

На этапе 620 степень опасности потенциальной неисправности может быть сравнена с пороговым значением. Например, может потребоваться выключить компрессор, чем допустить, что цилиндр с ухудшенными рабочими характеристиками откажет, что может привести к дополнительному повреждению компрессора. В одном варианте выполнения может быть определено пороговое значение, которое указывает на то, что продолжение работы компрессора может быть нежелательным, поскольку степень опасности потенциальной неисправности велика. Например, потенциальная неисправность может быть определена как имеющая высокую степень опасности, если коленчатый вал переместился за пределы определенного угла поворота. Компрессор может быть остановлен на этапе 625, если степень опасности потенциальной неисправности превышает пороговое значение. В противном случае способ 600 может продолжаться на этапе 630.

На этапе 630 может быть направлен запрос на планирование обслуживания, например, с помощью сообщения, присланного, например, через системы 144 связи. Кроме того, путем отправки сообщения о потенциальной неисправности и степени опасности потенциальной неисправности, может быть уменьшено время простоя рельсового транспортного средства 106. Например, техническое обслуживание рельсового транспортного средства 106 может быть отложено, когда потенциальная неисправность имеет низкую степень опасности. Время простоя может быть дополнительно уменьшено путем снижения мощности компрессора, например, путем регулировки рабочих параметров компрессора, основываясь на выявленном состоянии.

На этапе 640 может быть определено, задействован ли резервный компрессор. В качестве примера, резервные системы могут быть апробированы, чтобы определить, существуют ли достаточные ресурсы для замены дефектного компрессора. В некоторых случаях используется заранее упорядоченный список резервных систем для установки приоритетов резервных систем. Если резервная система задействована, то процесс включения резервной системы осуществляют на этапе 650. Если резервная система не задействована, то способ 600 заканчивают. На этапе 650 процесс включения резервной системы может включать остановку компрессора и прием нагнетаемого воздуха из другого источника. В одном примере указанный другой источник представляет собой компрессор, который расположен на соседнем локомотиве. В другом примере указанный другой источник представляет собой резервный компрессор на том же самом локомотиве, который используется для этой же цели. Этот процесс включения резервной системы может быть разработан, чтобы минимизировать негативные последствия для всей системы при эксплуатации локомотива. Это особенно верно для систем, которые считаются критическими, такие как тормозные системы, работа которых зависит от нагнетаемого воздуха. В таких случаях резервная система необходима для предотвращения отключения локо-

мотива.

Как описано в настоящем документе, когда одно или несколько условий соблюдено, то не ожидается никакого перемещения поршня в течение периодов времени в цикле компрессора. Условия могут включать: заполнен ли резервуар до уровня давления; был ли выдержан период времени, относящийся к конкретному тепловыделению, работе, потреблению тока и т.д. двигателя, которые могут быть соотнесены с вредными последствиями; истекло ли запрограммированное время цикла; или другие показатели, которые способствуют эффективной работе двигателя, чтобы сгенерировать нагнетаемый воздух для хранения в резервуаре. В качестве альтернативы или в дополнение, даже когда условие выполнено, может быть использована одна или несколько дополнительных оценок, включая, доставляется ли энергия от двигателя к компрессору, выдают ли датчики частоты вращения, смещения и/или давления значение, которое является существенным относительно порогового значения. Например, выходное значение от датчика частоты вращения или смещения может быть ниже порогового значения, тогда как датчик давления может выдавать значение выше порогового значения, что будет квалифицировано как состояние без движения.

В одном варианте выполнения способ используется для поршневого компрессора, чтобы обнаружить состояние утечки клапана путем обнаружения смещения связанного с ним поршня. Такое смещение вызывается потоком воздуха через клапан в течение некоторого периода времени, в течение которого не ожидается перемещение поршня. Сигнал генерируют в ответ на обнаружение смещения соответствующего поршня. Питание, подаваемое к поршневому компрессору, отключают в ответ на выходной сигнал.

В одном варианте выполнения способ используется для поршневого компрессора, чтобы обнаружить состояние утечки клапана путем обнаружения смещения связанного с ним поршня. Такое смещение вызывается потоком воздуха через клапан в течение некоторого периода времени, в течение которого

не ожидается перемещение поршня. Сигнал генерируют в ответ на обнаружение смещения соответствующего поршня. В ответ на выходной сигнал персонал уведомляют посредством одного или нескольких из: звуковой сигнализации, визуальной сигнализации, текстового сообщения, сообщения по электронной почте, мгновенного сообщения и телефонного звонка.

В одном варианте выполнения способ используется для поршневого компрессора, чтобы обнаружить состояние утечки клапана путем обнаружения смещения связанного с ним поршня. Такое смещение вызывается потоком воздуха через клапан в течение некоторого периода времени, в течение которого не ожидается перемещение поршня. Сигнал генерируют, который пропорционален степени опасности состояния утечки, причем степень опасности определяют в соответствии со смещением соответствующего поршня.

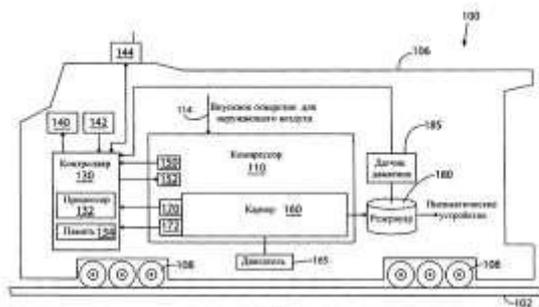
В одном варианте выполнения диагностический комплект содержит контроллер, который выполнен с возможностью определения состояния поршневого компрессора, основываясь на перемещения поршня во время интервала времени, следующего за заполнением резервуара до уровня давления. Смещение поршня свидетельствует об утечке клапана в поршневом компрессоре. Один или несколько датчиков определяют параметры, связанные с давлением воздуха после заполнения резервуара до заранее заданного уровня, при этом контроллер выполнен с возможностью осуществления выборки измерений указанного параметра с помощью указанного одного или нескольких датчиков.

В одном варианте выполнения диагностический комплект содержит контроллер, который выполнен с возможностью определения состояния поршневого компрессора, основываясь на перемещения поршня во время интервала времени, следующего за заполнением резервуара до уровня давления. Смещение поршня свидетельствует об утечке клапана в поршневом компрессоре. Контроллер дополнительно выполнен с возможностью преобразования частоты вращения коленчатого вала в параметр давления в коленчатом валу.

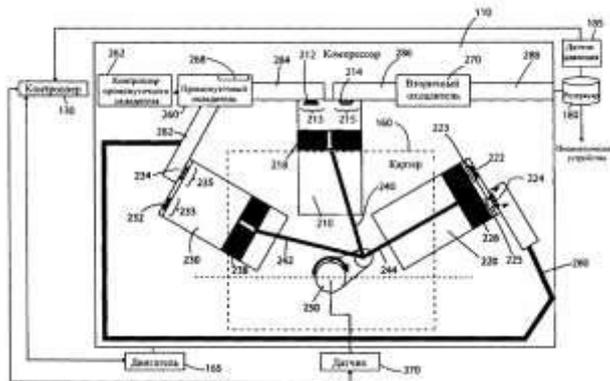
В одном варианте выполнения поршневой компрессор содержит несколько поршней, причем каждый поршень соединен с коленчатым валом и расположен внутри соответствующего цилиндра. Резервуар содержит нагнетаемый воздух, выпущенный цилиндрами. Выпускной клапан обеспечивает возможность передачи воздуха, сжатого каждым поршнем, из соответствующего цилиндра в резервуар. Впускной клапан обеспечивает возможность поступления воздуха в каждый соответствующий цилиндр до смещения поршня. Датчик измеряет по меньшей мере один показатель в течение периода времени, который свидетельствует о состоянии утечки каждого выпускного клапана.

В одном варианте выполнения поршневой компрессор содержит несколько поршней, причем каждый поршень соединен с коленчатым валом и расположен внутри соответствующего цилиндра. Резервуар содержит нагнетаемый воздух, выпущенный цилиндрами. Выпускной клапан обеспечивает возможность передачи воздуха, сжатого каждым поршнем, из соответствующего цилиндра в резервуар. Впускной клапан обеспечивает возможность поступления воздуха в каждый соответствующий цилиндр до смещения поршня. Датчик измеряет по меньшей мере один показатель в течение периода времени, который свидетельствует о состоянии утечки каждого выпускного клапана. Датчик измеряет положение коленчатого вала, причем положение коленчатого вала указывает на состояние утечки клапана.

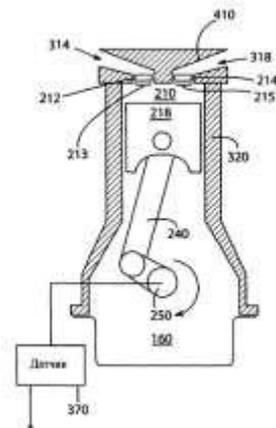
В одном варианте выполнения способ используется для поршневого компрессора, функционально соединенного с резервуаром. Резервуар заполнен, чтобы соответствовать или превосходить уровень давления. Клапан, расположенный между резервуаром и одним или несколькими цилиндрами, закрыт, причем каждый цилиндр содержит поршень, который не находится в нижней мертвой точке. Если обнаруживают перемещение поршня, то генерируют сигнал, указывающий на то, что клапан имеет утечку.



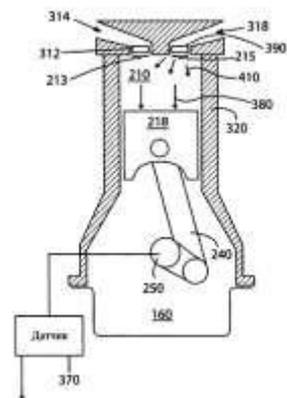
Фиг. 1



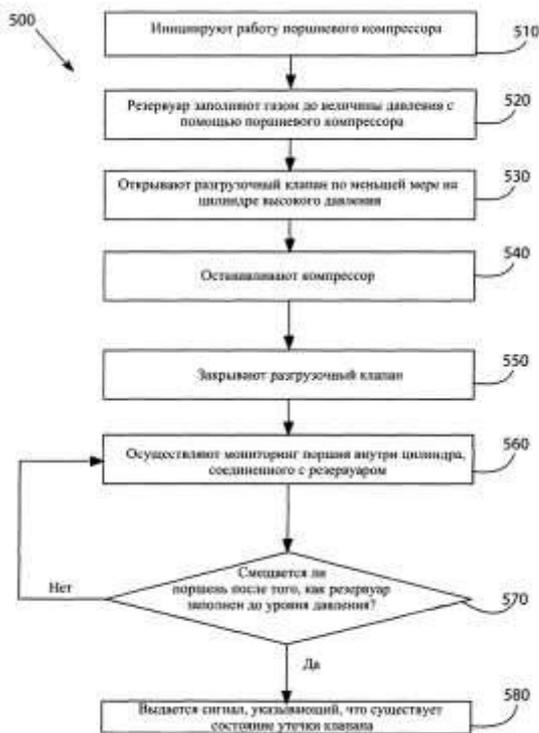
Фиг. 2



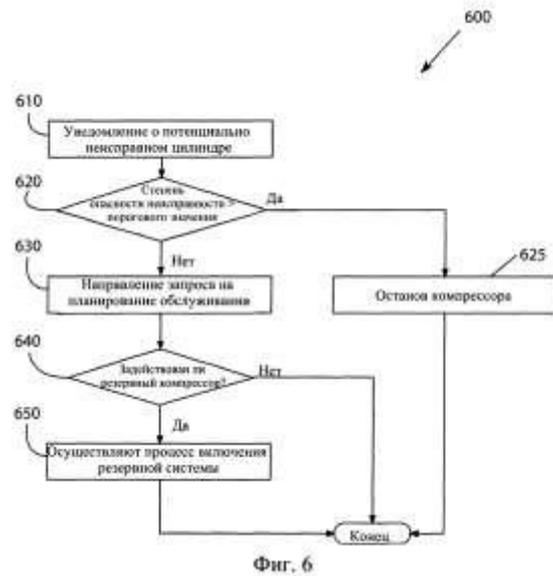
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Рисунок 1.5 - схема к патенту № EA029328B1.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА ПО ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТУ ПНЕВМОСИСТЕМ И АВТОМОБИЛЕЙ

2.1 Предпосылки для создания участка по диагностике и ремонту пневмосистем автомобилей

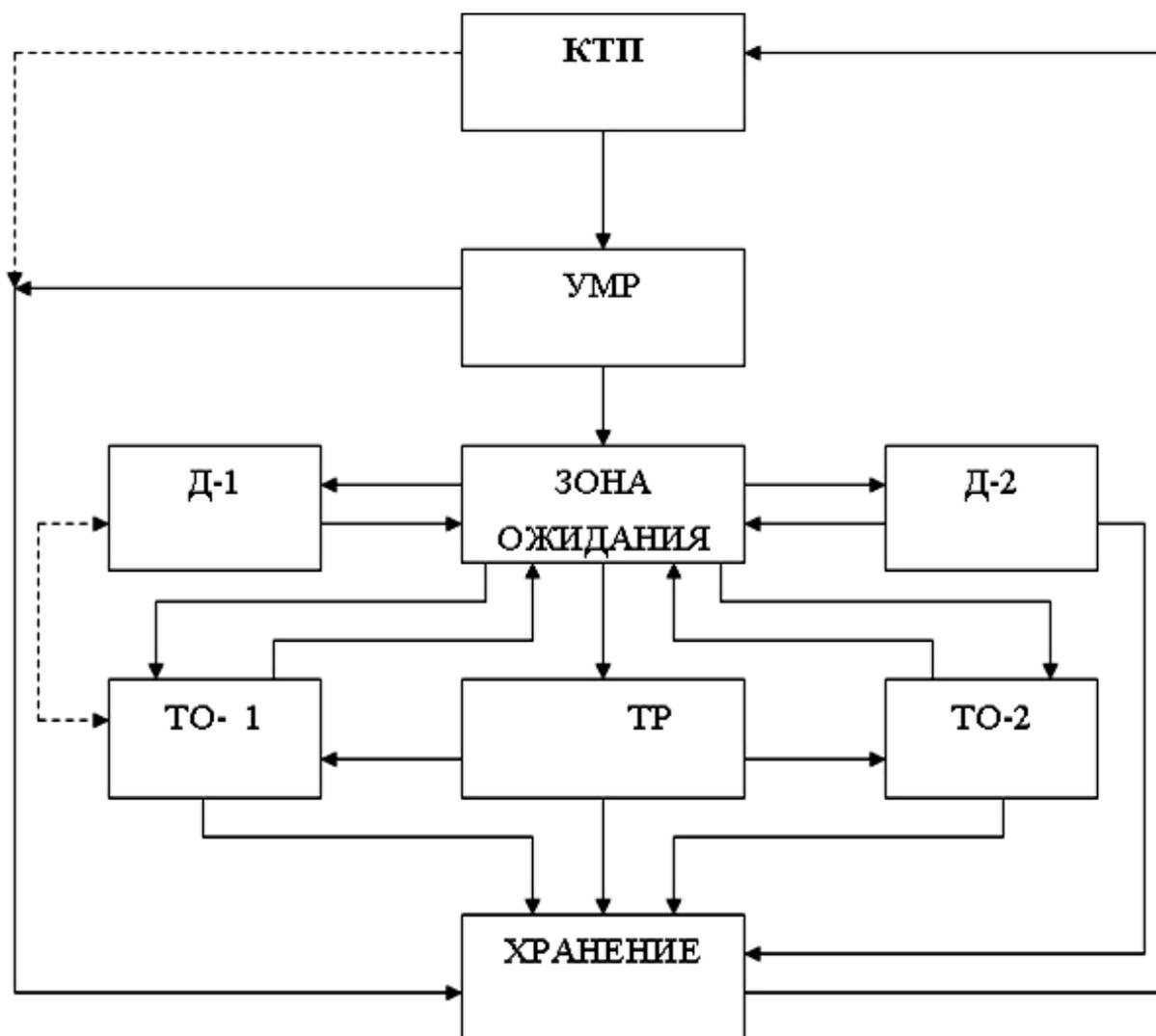
Современные автомобили применяемые в сельскохозяйственном производстве в большинстве случаев оборудованные пневматической системой, которая может очень сильно отличаться как по функционалу так и по принципу действия и иметь разные органы управления (механические, электрические, комбинированные). Такое разнообразие обусловлено большим количеством моделей и марок автомобилей.

Все это оборудование необходимо своевременно и качественно обслуживать и при необходимости производить текущий ремонт.

Для новой техники это можно и желательно делать у официальных дилеров, а техники, у которой закончился гарантийный период данные виды работ можно производить в специализированных ремонтных мастерских. Это в первую очередь позволит сократить временные издержки, которые возникают в результате того, что фирменные сервисы в основном расположены далеко от предприятий и зачастую не бывает свободных мест. А во вторых стоимость работ по обслуживанию и ремонту может быть ниже, так как у таких ремонтных мастерских значительно ниже производственные издержки, к тому же ремонт можно проводить не только оригинальными запасными частями, но и их аналогами, которые не уступают по качеству оригинальным, но стоят значительно дешевле.

Для проведения диагностики и ремонта пневмосистем автомобилей была разработана схема технологического процесса, которая представлена на рисунке 2.1.

На данной схеме показаны виды работ и схема движения подвижного состава.



КТП – контрольно-технологический пункт;

УМР – уборочно-моечные работы;

Д – диагностирование автомобилей;

← - - - - - – пути возможного движения автомобилей;

← – пути основного движения автомобилей.

Рисунок 2.1 Схема технологического процесса диагностики и ремонта пневмосистем автомобилей.

2.2 Определение трудоемкости работ по диагностики и ремонту пневмооборудования автомобилей

При определении трудоемкости работ связанных с диагностикой и ремонтом пневмооборудования автомобилей необходимо знать трудоемкость работ по техническому обслуживанию автомобилей и коэффициент учитывающий процент данного вида работ от общей трудоемкости.

Исходя из этого трудоемкость работ по диагностики и ремонту пневмооборудования автомобилей находится из выражения:

$$T_{\Pi} = T_{AB} * K_{\text{Э}}, \quad (2.1)$$

где T_{AB} - трудоемкость технических обслуживаний автомобилей, ч;

$K_{\text{Э}}$ – коэффициент учитывающий работы связанные с пневмооборудованием, ч = 7...10%, [7];

Объем работ по техническому обслуживанию автомобилей находится из выражения:

$$T_{AB} = \sum T_{ABTO-2i} * N_{ABTO-2i} + \sum T_{ABTO-1i} * N_{ABTO-1i}, \quad (2.2)$$

где T_{AB} - трудоемкость технических обслуживаний автомобилей, чел. ч.;

$T_{ABTO-2i}$ – трудоемкость ТО-2 автомобиля, чел. ч., [7];

$T_{ABTO-1i}$ – трудоемкость ТО-1 автомобиля, чел. ч., [7].

Количество ТО – 2 автомобилей определяется по формуле:

$$N_{ABTO-2i} = \frac{N_{ABTi} * S_{\Gamma i}}{q_{TO-2i}}, \quad (2.3)$$

где $N_{ABTO-2Ai}$ – количество ТО-2, шт.;

N_{ABTi} – количество автомобилей данной марки, шт.;

$S_{\Gamma i}$ – годовая пробег автомобиля, км.;

q_{TO-2i} – периодичность проведения ТО-2, км.

Полученное значение округляют в большую сторону до целого числа.

Количество ТО – 1 автомобилей определяется по формуле:

$$N_{\text{АвтТО-1i}} = \frac{N_{\text{Авти}} * S_{\Gamma i}}{q_{\text{ТО-1i}}} - N_{\text{АвтТО-2i}} \quad (2.4)$$

где $N_{\text{АвтТО-1i}}$ – количество ТО-1, шт.;

$q_{\text{ТО-1i}}$ – периодичность проведения ТО-1, км.

Полученное значение округляют в большую сторону до целого числа.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.2, [7].

Периодичность проведения ТО автомобилей представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Периодичность проведения ТО автомобилей.

Марка	Периодичность проведения обслуживания, км.	
	ТО-1	ТО-2
КАМАЗ-5320	2500	10000
КАМАЗ-55102	2500	10000
КАМАЗ-63115	2500	10000
КАМАЗ-5410	2500	10000
ГАЗ СА3-53	2400	9600
ГАЗ-3307	2400	9600
Газель	2500	10000
Бензовоз на базе КАМАЗ	2500	10000
Молоковоз на базе КАМАЗ	3200	12800
Зил ММЗ	2500	10000
УАЗ	2400	9600
ВАЗ	2500	10000
Кран на базе МАЗ	3200	12800
Пожарные	2500	10000

Таблица 2.2 – Количество ТО автомобилей.

Марка	Количество автомобилей	Годовой пробег автомобиля, км.	Количество обслуживаний	
			ТО-1	ТО-2
КАМАЗ-5320	16	57500	276	92
КАМАЗ-55102	21	48000	303	101
КАМАЗ-63115	8	34000	81	28
КАМАЗ-5410	3	43600	39	14
ГАЗ СА3-53	12	27000	101	34
ГАЗ-3307	14	32000	140	47
Газель	8	58000	139	47
Бензовоз на базе КАМАЗ	3	22000	20	7
Молоковоз на базе КАМАЗ	2	60000	28	10
Зил ММЗ	8	26000	63	21
УАЗ	14	23000	101	34
ВАЗ	10	38000	114	38
Кран на базе МАЗ	1	21000	5	2
Пожарные	2	1200	0	1

Таблица 2.3 – Трудоемкости ТО по маркам автомобилей.

Марка	Трудоемкость обслуживания, чел. час.	
	ТО-1	ТО-2
КАМАЗ-5320	3,4	14,5
КАМАЗ-55102	3,4	14,5
КАМАЗ-63115	3,8	16
КАМАЗ-5410	3,4	15
ГАЗ СА3-53	3	9,1
ГАЗ-3307	3	9,1
Газель	2,2	7,9
Бензовоз на базе КАМАЗ	4	16
Молоковоз на базе КАМАЗ	4	16
Зил ММЗ	3,1	14
УАЗ	2,5	10,6
ВАЗ	2	10
Кран на базе МАЗ	4	18
Пожарные	4	20

Трудоемкости ТО по маркам автомобилей представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Трудоемкости ТО по маркам автомобилей.

Марка	Трудоемкость обслуживаний, чел час	
	ТО-1	ТО-2
КАМАЗ-5320	938,4	1334
КАМАЗ-55102	1030,2	1464,5
КАМАЗ-63115	307,8	448
КАМАЗ-5410	132,6	210
ГАЗ СА3-53	303	309,4
ГАЗ-3307	420	427,7
Газель	305,8	371,3
Бензовоз на базе КАМАЗ	80	112
Молоковоз на базе КАМАЗ	112	160
Зил ММЗ	195,3	294
УАЗ	252,5	360,4
ВАЗ	228	380
Кран на базе МАЗ	20	36
Пожарные	0	20
Всего:	4325,6	5927,3
Всего:	10252,9	

Общая трудоемкость работ связанная с диагностикой и ремонтом пневмооборудования и автомобилей будет равна:

$$T_{\Pi} = 10252,9 * 0,1 = 1253 \text{ чел. час.}$$

2.3 Определение численности рабочих участка по диагностики и ремонту пневмооборудования.

Численность рабочих определяется по формуле:

$$N_p = \frac{\eta_{\text{нз}} * T_{\Pi}}{(K_p - K_o) * T_{\text{см}} * \eta_p}, \quad (2.5)$$

где $\eta_{\text{нз}}$ – неравномерность загрузки участка, $\eta_{\text{нз}} = 1,3$, [7]

K_p – число рабочих дней в году, $K_p = 251$ [7];

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч.; $T_{\text{см}} = 8$ ч., [7];

K_o – общее число рабочих дней отпуска, $K_o = 24$ дня, [7];

η_p – коэффициент потерь рабочего времени, $\eta_p = 0,8$ [7].

$$N_p = 1253 / ((251 - 24) * 8 * 0,8) = 0,86$$

Принимаем $N_p = 1$ человека.

2.4 Подбор технологического оборудования.

Подбор оборудования для участка по ремонту и ТО пневмооборудования автомобилей осуществляется с учетом технологического процесса и объема выполняемых работ.

В таблице 2.5 представлена ведомость рекомендуемого оборудования для участка по ремонту и ТО пневмооборудования автомобилей

Таблица 2.5 - Ведомость рекомендуемого оборудования.

№ поз. на плане	Наименование оборудования	Шифр или марка	Количество	Габаритные размеры, мм.	Занимаемая площадь		Мощность, кВт.
					Ед. оборуд. м ² .	Всего. м ² .	
1	Комплект оснастки рабочего места мастера-наладчика	ОРГ-4999А ГОСНИТИ	1		2	2	
2	Верстак	ОРГ1468-01-060А ГОСНИТИ	2	1200X800X805	1	2	
3	Шкаф	5126.000 ГОСНИТИ	2	1600X430X1900	0,7	1,4	
4	Установка для мойки	ОМ-5362 ГОСНИТИ	1	900X600X560	0,6	0,6	0,5
5	Ларь для обтирочного материала	5133.000 ГОСНИТИ	1	1000X500X850	0,5	0,5	
6	Установка для мойки	ОМ-2871В	1	1070X825X830	0,9	0,9	1
7	Ящик для песка	5139.000 ГОСНИТИ	1	500X500X1000	0,25	0,25	
8	Установка для смазки и заправки	ОЗ-4967М ГОСНИТИ	1	3770X750X2055	2,9	2,9	2,5
9	Секция стеллажа	5152.000 ГОСНИТИ	6	1500X600X600	0,9	1,8	
10	Станок точильно-шлифовальный	ЗБ634	1	1000X665X1230	0,7	0,7	4,5
11	Подставка под оборудование	5152.000 ГОСНИТИ	1	1500X600X600	0,9	0,9	
12	Установки для проверки компрессоров	ОКС-1671М ГОСНИТИ	1	1500X640X940	0,96	0,96	4,5
13	Шкаф для инструмента	5126.000 ГОСНИТИ	2	1600X430X1900	0,7	1,4	
14	Стол монтажный	ОРГ-1468-01-080А ГОСНИТИ	1	1200X800X600	1	1	
15	Подъемник		1	2500x8000x2000	20	20	7,5
16	Осмотровая яма		1	800x7000x1400	5,6	5,6	
Всего:						42,91	20,5

Площадь участка по диагностики и ремонту пневмооборудования автомобилей определяется с учетом площади производственного оборудования.

$$F_{\text{уч}} = (F_{\text{об}} + F_{\text{М}}) * \sigma, \quad (2.6)$$

где $F_{\text{уч}}$ – расчетная производственная площадь участка, м^2 ;

$F_{\text{об}}$ – площадь, занимаемая оборудованием, м^2 ;

$F_{\text{М}}$ – площадь, занимаемая машинами, $F_{\text{М}} = 20 \text{ м}^2$, [11];

σ – коэффициент, учитывающий рабочие зоны и проходы, [7].

$$F_{\text{уч}} = (42,91 + 20) * 2,2 = 138,4 \text{ м}^2.$$

Принимаем площадь участка с учетом конструктивных параметров ремонтной мастерской 144 м^2 , (12x12 м).

2.5 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрики и др.). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОМПРЕССОРОВ.

Проведя анализ конструкций существующих стендов для проверки компрессоров можно сделать следующие выводы:

Конструкции стендов достаточно сложные;

не в полном объеме отвечают поставленным требованиям

Поэтому нами разработан собственный стенд для проверки компрессоров автомобилей.

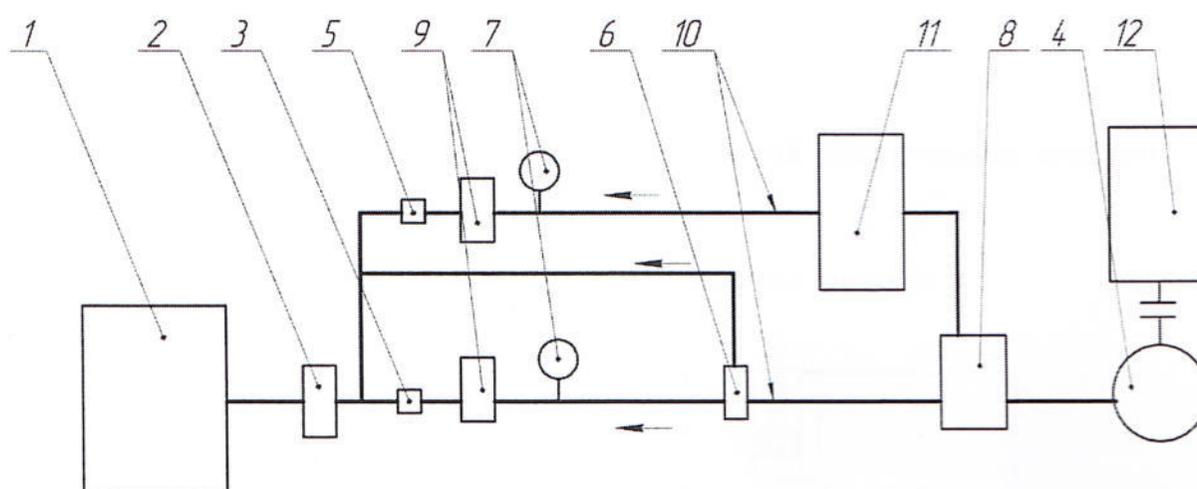
Технические характеристики стенда:

Рабочее давление в пневмосистеме, МПа до 1,5;

Максимальный расход воздуха, литр/мин 400;

Число пневматических выходов, шт. 2;

Управление пневмораспределителем ручное.



1- глушитель; 2- резонатор; 3,5 – пробковый кран; 4- компрессор 6- пере-
пускной клапан с регулируемым давлением срабатывания; 7- манометр; 8 –
пневмораспределитель; 9- дроссель-расходомер; 10- пневматические линии, 11-
ресивер, 12 – электропривод компрессора.

Рисунок 3.1. Схема стенда для проверки компрессоров автомобилей.

				<i>ВКР.35.03.06.243.21.00.00.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		
Разраб.		Сафицillin	<i>SA</i>	03.21	Лист	Листов
Про-в.		Синицкий	<i>CS</i>	03.21		1
Контр.		Синицкий	<i>CS</i>	03.21	КГАУ Каф: ТА и ЭУ	
Утв.		Хафизов	<i>ХХ</i>	03.21	группа Б272-04У	

*Стенд для проверки
компрессоров*

Копировал

Формат А4

3.1. Расчет стенда.

При проектировании стенда по для проверки компрессора по возможности надо использовать как можно больше готовых и стандартных узлов и деталей, что позволит значительно упростить конструкцию.

Подбор пневмораспределителя.

Пневмораспределитель подбирается по пропускной способности и с учетом рабочего давления.

Берем направляющий распределитель с ручным управлением типа НТ1V, со следующими параметрами, [12]:

Пропускная способность, литр/мин	20;
Рабочее давление, МПа	2.
Число секций	1.

Подбор пробкового крана.

Пробковый кран необходим для отключения (включения) дополнительной линии при проверке пневмооборудования.

Принцип работы пробкового крана показан на рисунке 3.2.

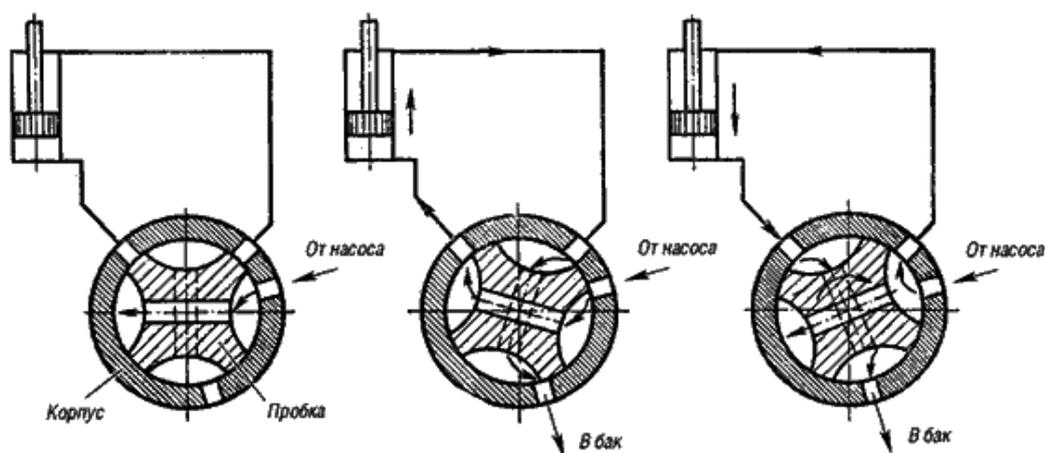


Рисунок 3.2. Принцип работы пробкового крана.

Берем двухпозиционный пробковый кран КП-2-32-16, [2].

Рабочее давление, МПа	3,2;
Условный проход, мм	16.

Подбор дросселя-расходомера.

Дроссель-расходомер предназначен для проведения диагностики пневмосистем автомобилей, сельскохозяйственных тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, экскаваторов, бульдозеров, грейдеров, автокранов, авто-, электро- и тракторных погрузчиков, лесозаготовительных, коммунальных и других мобильных машин. Прибор применяется как в полевых условиях, так и в стационарных ремонтных мастерских.

Расчет перепускного клапана.

Для предотвращения поломки системы на нагнетательном патрубке устанавливаем перепускной клапан с регулируемым давлением срабатывания.

Принимаем давление срабатывания клапана $P_{\Pi} = 2$ МПа, диаметр рабочей поверхности клапана принимаем равной 20 мм.

Давление срабатывания клапана регулируется с помощью регулировочного болта, который меняет жесткость пружины клапана.

Усилие, создаваемое пружиной, определяется по формуле:

$$F_{\Pi P} = \frac{P_{\Pi} * \pi * d^2}{4}, \quad (3.1)$$

$$F_{\Pi P} = 2000000 * 3,14 * 0,02 * 0,02 / 4 = 628 \text{ Н}$$

Диаметр проволоки пружины определяется по формуле, [6]:

$$d_{\Pi P} \geq \sqrt{\frac{\kappa * 8 * F_{\Pi P} * c}{\pi [\tau]}}, \quad (3.2)$$

где κ – поправочный коэффициент, принимаем $\kappa = 1,3 \dots 1,9$, [6];

c – индекс пружины, принимаем $c = 2 \dots 12$, [6];

$[\tau]$ – допускаемое касательное напряжение поперечного сечения витка пружины, $[\tau] = 560$ МПа, [6];

$$d_{\text{ПР}} \geq \sqrt{\frac{1,56 * 8 * 628 * 10}{3,14 * 560}} = 3,11 \quad \text{мм.}$$

Принимаем $d_{\text{ПР}} = 3,5$ мм, [6].

Средний диаметр пружины определяется по формуле:

$$D_o \approx cd_{\text{ПР}}, \quad (3.3)$$

$$D_o = 10 * 3,5 = 35 \text{ мм.}$$

Шаг пружины в свободном состоянии определяется по формуле:

$$t = d + \frac{\lambda_2}{z} + 0.1d, \quad (3.4)$$

где λ_2 – осадка пружины под действием нагрузки, принимаем $\lambda_2 = 4$ мм.

z – число рабочих витков пружины, принимаем $z = 14$.

$$t = 3,5 + 4/14 + 0,1 * 3,5 = 4,1 \text{ мм.}$$

Высота пружины при полном сжатии определяется по формуле:

$$H_3 = (z + 1.5)d, \quad (3.5)$$

$$H_3 = (14 + 1,5) * 3,5 = 54,25 \text{ мм}$$

Толщину стенки перепускного клапана проверяем на прочность с учетом внутреннего давления действующего на нее, мм:

$$S \geq S_R + C, \quad (3.6)$$

где S_R – расчетная толщина стенки, мм;

C – прибавка на коррозию и износ, $C = 1,5 \dots 4,5$ мм [6].

$$S_R = \frac{PD_B}{2[\sigma]\varphi - P}, \quad (3.7)$$

где P – максимальное давление в клапане, $P = 1,6$ МПа [6];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение стали, $[\sigma] = 160$ МПа [6];

D_B - внутренний диаметр клапана, принимаем $D_B \approx 60$ мм;

φ - коэффициент, учитывающий прочность стыков, $\varphi = 0,9$ [6].

$$S_R = \frac{1,6 * 60}{2 * 160 * 0,9 - 21} = 1,72 \text{ мм.}$$

$$S \geq 1,72 + 4 = 5,72 \text{ мм.}$$

С учетом конструктивных параметров принимаем толщину стенки клапана равной 8 мм.

Рабочее давление компрессорной установки в соответствии с техническими требованиями составляет 1,6 МПа.

Определение максимального расхода воздуха производится по следующей методике.

Определите ёмкость ресивера; полностью заполните ресивер; подключите потребители сжатого воздуха; замерьте время падения давления от max знач. до min значения (допустимое рабочее давление в сети); рассчитайте расход воздуха по формуле, [4]:

$$Q = \frac{V * n * 60}{t}, \quad (3.8)$$

где: Q - расход воздуха (л/мин),

V - ёмкость ресивера, принимаем V = 100 (л),

n - разница $\max_{\text{давл}} - \min_{\text{давл}}$ (оптимальная разница $\max_{\text{давл}} - \min_{\text{давл}} = 0,2$ МПа)

t – время заполнения емкости, принимаем t = 120 с. (сек).

$$Q = 100 * 2 * 60 / 120 = 100 \text{ л/мин.}$$

Подобрать производительность компрессора можно по следующей формуле, [4]:

$$A = \frac{Q * k}{r}, \quad (3.9)$$

где: A - производительность компрессора (л/мин),

Q - расход воздуха, л/мин;

k - коэффициент, (1,6 - для полупрофессиональных поршневых компрессоров, 1,5 - для профессиональных поршневых компрессоров, 1,4 - для высоконагруженных поршневых компрессоров и 1,2 - для роторных компрессоров), [4].

r - коэффициент эффективности компрессорной головки, (0,65 - для одноступенчатых головок, 0,75 - для двухступенчатых и более головок, 1,0 - для роторных головок), [4].

$$A = 100 * 1,5 / 0,75 = 200 \text{ л/мин.}$$

3.2 Разработка инструкции по безопасности труда при использовании стенда

ИНСТРУКЦИЯ

Общие требования безопасности

1. К работе допускаются лица, прошедшие вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте, обладающие практическими навыками безопасности выполнения работ и в возрасте не моложе 18 лет.

2. Во время работы слесарь может подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов (повышенная температура, загрязненность, загазованность, вибрация).

3. Наличие теплой воды в комнате отдыха.

4. Начальник участка несет ответственность за обеспечение всей пожарной безопасности.

Требования безопасности перед началом работы

1. Получение наряда;

2. Наличие спецодежды;

3. Проверка состояния и исправности приспособлений и инструментов.

Требования безопасности во время работы

1. Осторожное обращение с устройством и соблюдение его устойчивости.
2. Проверка устройства на герметичность.
3. Проверка заземления данного приспособления.

Требования безопасности в аварийных ситуациях и экстренных случаях

1. Оказание первой медицинской помощи пострадавшим лицам.
2. Сообщение начальнику участка или мастеру о случившемся. Исполнение его указаний, а затем срочное устранение аварии.

Требования безопасности по окончании работ

1. Приведение рабочего места в порядок.
2. Выполнение личной гигиены.

3.3. Расчет технико-экономических показателей станда.

3.3.1. Расчеты балансовой стоимости и массы проектируемой установки.

Балансовая стоимость конструкций определяется по формуле, [2]:

$$C_{\text{б}} = (G_{\text{к}} \cdot (C_{\text{з}} \cdot E + C_{\text{м}}) + C_{\text{пд}}) \cdot K_{\text{нач}}, \quad (3.10)$$

где $G_{\text{к}}$ – масса конструкции без покупных деталей и узлов;

$C_{\text{з}}$ – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб, ($C_{\text{з}} = 0,02 \dots 0,15$), [2] ;

E – коэффициент изменения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска, руб;

$C_{\text{м}}$ – затраты на материалы приходящиеся на 1 кг массы машины, $C_{\text{м}}=50$ руб/кг, ;

$C_{\text{пд}}$ – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб;

$K_{\text{нач}}$ – коэффициент учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости, $K_{\text{нач}} = 1,15 \dots 1,4$, [3].

Масса конструкции определяется по формуле, [3]:

$$G = (G_K + G_T) \cdot K, \quad (3.11)$$

где G_K – масса конструкции без покупных деталей и узлов.;

G_T – масса готовых деталей, узлов и агрегатов. Принимаем $G_T \approx 100$ кг;

K - коэффициент учитывающий массу расходованных на изготовление конструкции монтажных материалов $K = 1,05 \dots 1,15$, [3] .

Таблица 3.2

Расчёт массы сконструированных деталей

Наименование детали и материала	Объем детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг	Колич. деталей, шт	Общая масса
Корпус	282	0,0078	2,2	1	2,2
Крышка	269	0,0078	2,1	1	2,1
Винт регулировочный	154	0,0078	1,2	1	1,2
Пружина	64	0,0078	0,5	1	0,5
Рама стенда	7051	0,0078	70,6	1	70,6
Клапан	90	0,0078	0,7	1	0,7
Всего					78

$$G = (78+100) \cdot 1,12 = 199,4 \text{ кг.}$$

Принимаем массу проектируемой конструкции $G = 200$ кг.

$$C_B = (78 \cdot (0,11 \cdot 1,2 + 50) + 52727) \cdot 1,13 = 64000 \text{ руб.}$$

3.3.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

Для сравнения выбираем типовой стенд

В таблице 3.3. представлены технико-экономические показатели проектируемой и существующей конструкций.

При расчетах показатели базового варианта обозначим индексом X_0 , а проектируемого X_1 .

Таблица 3.3

Технико-экономические показатели конструкций

Наименование	Варианты	
	Исходный	Проектируемой
Масса, кг	221	200
Балансовая, руб.	58000	60000
Потребляемая мощность, кВт	6,5	6
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1
Разряд работы	III	III
Средняя тарифная ставка, руб/чел·ч.	100	100
Норма амортизации, %	11	10
Норма затрат на ремонт и ТО, %	10	10
Годовая загрузка, ч	1700	1700
Срок службы, лет	10	10
Производительность шт./ч	1,8	2

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводим в такой последовательности.

Часовая производительность конструкции определяется по формуле, [3]:

$$W_{ч} = 60 \frac{t}{T_{ц}} \quad (3.12)$$

где t – коэффициент использования рабочего времени смены (0,6...0,9)

$T_{ц}$ – время одного рабочего цикла, мин

$$W_{ч1} = 60 \frac{0,8}{20} = 2 \text{ шт./час}$$

$$W_{ч0} = 60 \frac{0,8}{26} = 1,8 \text{ шт./час}$$

Металлоемкость конструкции определяется по формуле, [3]:

$$M_{e1} = \frac{G_1}{W_{ч1} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} ; \quad (3.13)$$

$$M_{e0} = \frac{G_0}{W_{ч0} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} ,$$

где M_{e1} , M_{e0} — металлоемкость проектируемой и существующих конструкции, кг/ шт.;

G_1 , G_0 — масса проектируемой и существующей конструкции, кг;

$W_{ч1}$, $W_{ч0}$ —производительность;

$T_{год}$ — годовая загрузка, час;

$T_{сл}$ — срок службы, лет.

$$M_{e1} = 200/(2 \cdot 1700 \cdot 10) = 0,0049 \text{ кг/ шт.};$$

$$M_{e0} = 221/(1,8 \cdot 1700 \cdot 10) = 0,0072 \text{ кг/ шт.}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле, [3, стр.16]:

$$F_{e1} = \frac{C_{б1}}{W_{ч1} \cdot T_{год}} ; \quad (3.14)$$

$$F_{e0} = \frac{C_{б0}}{W_{ч1} \cdot T_{год}} ,$$

где $C_{б1}$, $C_{б0}$ — балансовая стоимость проектируемой и существующих конструкции, руб.;

$$F_{e1} = 64000/(2 \cdot 1700) = 18,82 \text{ руб./ шт.};$$

$$F_{e0} = 60000/(1,8 \cdot 1700) = 19,61 \text{ руб./ шт.}$$

Энергоемкость определяется по формуле, [3]:

$$\mathcal{E}_{e1} = \frac{N_{e1}}{W_{ч1}} ; \quad (3.15)$$

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{N_{e0}}{W_{ч0}},$$

где \mathcal{E}_{e1} , \mathcal{E}_{e0} – энергоемкость проектируемой и существующей конструкции, кВт·ч/ шт.;

N_{e1} , N_{e0} – мощность нагревателя, кВт;

$$\mathcal{E}_{e1} = 6/2 = 3 \text{ кВт·ч/ шт.};$$

$$\mathcal{E}_{e0} = 6,5/1,8 = 3,61 \text{ кВт·ч/ шт.}.$$

Трудоемкость процесса, [3].

$$T_{ei} = \frac{n_{pi}}{W_{чи}}; \quad (3.16)$$

где n_p – количество обслуживающего персонала, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{2} = 0,5, \text{ чел·ч/ шт.}$$

$$T_{e0} = \frac{1}{1,8} = 0,56 \text{ чел·ч/ шт.}$$

Себестоимость работы выполняемой с помощью спроектированной конструкции и в исходном варианте находят из выражения, [3]:

$$S_1 = C_{зн1} + C_{Э1} + C_{pmo1} + A_1; \quad (3.17)$$

$$S_0 = C_{зн0} + C_{Э0} + C_{pmo0} + A_0$$

где $C_{зн1}$, $C_{зн0}$ – затраты на оплату труда обслуживающему персоналу, руб./ шт.

$C_{Э1}$, $C_{Э0}$ – затраты на электроэнергию, руб./ шт;

C_{pmo1} , C_{pmo0} – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./ шт;

A_1 , A_0 – амортизационные отчисления, руб./ шт.

Затраты на оплату труда определяются из выражения, [3]:

$$C_{зн1} = z_1 \cdot T_{e1}; \quad (3.18)$$

$$C_{зн_0} = z_0 \cdot T_{e0} ;$$

где z_1, z_0 – часовая ставка рабочих, начисляемая по среднему разряду, руб./ч.

Согласно данным производства:

$$z_1 = z_0 = 100 \text{ руб./ч.}$$

$$C_{зн1} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ руб./ шт.};$$

$$C_{зн0} = 100 \cdot 0,56 = 55,56 \text{ руб./ шт.}$$

Затраты на топливо определяются по формуле, [3]:

$$C_{Э1} = Э_1 \cdot Ц_{Э}; \quad (3.19)$$

$$C_{Э0} = Э_0 \cdot Ц_{Э} ,$$

где $Ц_{Э}$ – цена электроэнергии, $Ц_{Э}=2,8$ руб./кВ, .

$$C_{Э1} = 3 \cdot 2,8 = 8,4 \text{ руб./ шт.};$$

$$C_{Э0} = 3,61 \cdot 2,8 = 10,11 \text{ руб./ шт.}$$

Затраты на ремонт и ТО определяют из выражения, [3]:

$$C_{рто1} = \frac{C_{б1} \cdot Н_{рто1}}{100 \cdot W_{ч1} \cdot T_{год}} ; \quad (3.20)$$

$$C_{рто0} = \frac{C_{б0} \cdot Н_{рто0}}{100 \cdot W_{ч0} \cdot T_{год}} ,$$

где $Н_{рто1}, Н_{рто0}$ – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{рто1} = 64000 \cdot 10 / (100 \cdot 2 \cdot 1700) = 1,88 \text{ руб./ шт.};$$

$$C_{рто0} = 60000 \cdot 12 / (100 \cdot 1,8 \cdot 1700) = 1,96 \text{ руб./ шт.}$$

Затраты на амортизацию определяют из выражения, [3]:

$$A_i = \frac{C_{б_i} \cdot a_i}{100 \cdot W_{ч_i} \cdot T_{год_i}} ; \quad (3.21)$$

где a_1, a_0 – норма амортизации, % ,

$$A_1 = 64000 \cdot 10 / (100 \cdot 2 \cdot 1700) = 1,88 \text{ руб./ шт.};$$

$$A_0 = 60000 \cdot 10 / (100 \cdot 1,8 \cdot 1700) = 1,96 \text{ руб./ шт.}$$

Отсюда,

$$S_{\text{эксн1}} = 50 + 8,4 + 1,88 + 1,88 = 62,16 \text{ руб./ шт.};$$

$$S_{\text{эксн0}} = 55,56 + 10,11 + 1,96 + 1,96 = 69,59 \text{ руб./ шт.}$$

Приведенные затраты определяют из выражения, [3]:

$$C_{np} = S_1 + E_H \cdot F_e \quad (3.22)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,15$, [3].

$$C_{np1} = 62,16 + (0,15 \cdot 18,82) = 64,98 \text{ руб./ шт.}$$

$$C_{np0} = 69,59 + (0,15 \cdot 19,61) = 72,53 \text{ руб./ шт.}$$

Годовая экономия в рублях определяется по формуле, [3]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч1}} \cdot T_{\text{год}} , \quad (3.23)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (69,59 - 62,16) \cdot 2 \cdot 1700 = 25262 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле, [3]:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_H \cdot (C_{B1} - C_{B0}) , \quad (3.24)$$

$$E_{\text{год}} = 25262 - 0,15 \cdot (64000 - 60000) = 24662 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле, [3]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} , \quad (3.25)$$

$$T_{\text{ок}} = 64000 / 25262 = 2,5 \text{ лет.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле, [2]:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б1}}, \quad (3.26)$$

$$E_{эф} = 25262/64000 = 0,4.$$

Таблица 3.4

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

Наименование показателей	Варианты		Проект в %% к базовому
	Исходный	Проект	
Производительность шт /ч	1,8	2	111,1
Фондоемкость, руб./ шт	19,61	18,82	68,1
Энергоемкость, кВт/ шт	0,0072	0,0049	96,0
Металлоемкость, кг/ шт	3,61	3,00	83,1
Трудоемкость, чел·ч/ шт	0,56	0,50	89,3
Уровень эксплуатационных затрат, руб./ шт	69,59	62,16	89,3
Приведенные затраты, руб./ шт	72,53	64,98	89,6
Годовая экономия, руб.	–	25262	
Годовой экономический эффект, руб.		24662	–
Срок окупаемости капитальных вложений, лет.	–	2,5	
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	–	0,4	

ВЫВОДЫ

При выполнении выпускной квалификационной работы был проведен анализ существующих конструкций пневмомсистем применяемых на автомобилях, а также проведен анализ технологического оборудования применяемого для его диагностики и ремонта. Произведен патентный поиск по данной тематике

С учетом поставленной задачи и проведенного анализа был разработан проект, который отвечает последним требованиям в технологии диагностики и ремонта, что существенно позволит повысить производительность, уменьшить себестоимость, улучшить условия труда.

Спроектированная установка имеет небольшие габаритные размеры, простое устройство, небольшую массу и высокие технико-экономические показатели по сравнению с существующими конструкциями, что делает ее использование более выгодным. Ожидаемая годовая экономия составит 25262 рублей. Срок окупаемости капитальных вложений равен 2,5 лет при условии, что средний срок службы составляет 10 лет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобили: Учебник/ А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашкой, МЛ. Насоновский, В.А. Чернышев. - М.: КолосС, 2008. - 586 с.
2. Автомобили и тракторы: Краткий справочник/ В.И. Баловнев, Р.Г. Данилов. -М.: Академия, 2008. - 384 с.
3. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Г.Г.Булгариев, Р.К.Абдрахманов, А.Р.Валиев Казань – 2009. – 64 с
4. Гуревич Д.Ф. Трубопроводная арматура: Справочное пособие. / Д.Ф. Гуревич 2-е изд., перераб. И доп. Л: Машиностроение, 1981.
5. Охрана труда./ Ф. М. Канарев, В. В. Бугаевский, М. А. Пережогин и др. 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 351 с.
6. Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие для вузов. / С. А. Чернавский, Г. А. Снесарев, Б. С. Козинцов и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.
7. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов, Э.П. Бабенко, Ю.А. Зуев; Под общ. ред. С.А. Иофинова. –М., Агропромиздат, 1985. – 272 с.
8. Тракторы и автомобили Учебник/ А.В Богатырев, В.Р. Лехтер.-- М.: КолосС, 2008. - 392 с
9. <http://www.ural-k-s.ru>
10. <http://go.berg.ru/item>
11. <http://car-mechanic.ru>
12. <http://www.avto-master.ru>
13. <http://www.uralsi.ru>
14. <http://www.mrmz.ru>
15. <http://www.findpatent.ru>

СПЕЦИФИКАЦИИ