

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Направленность (профиль) Автомобили и автомобильное хозяйство

Кафедра «Общеинженерные дисциплины»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Проектирование участка диагностирования автомобилей с разработкой стенда для проверки турбокомпрессора

Шифр ВКР 230303.246.21.00.00.00.ПЗ

Студент группы Б272-09у


подпись

Макаров Ф.А.

Ф.И.О.

Руководитель д.т.н., профессор
ученое звание


подпись

Яхин С.М.

Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 9 от 9 марта 2021 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Пикмуллин Г.В.

Ф.И.О.

Казань – 2021 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление подготовки 35.03.03 Эксплуатация ТТМ К

Направленность (профиль) Автомобили и автомобильное
Кафедра Специализированное проектирование

Зав. кафедрой

«УТВЕРЖДАЮ»

Искаутин И.В.
«12» 01 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Манакову Федору Алексеевичу

Тема ВКР Проектирование участка, связанное с разработкой турбокомпрессора для проверки турбокомпрессоров

утверждена приказом по вузу от «24» 02 2021 г. № 51.

1. Срок сдачи студентом законченной ВКР 10.03.2021

2. Исходные данные

Научная и техническая литература
Патенты на изобретения, статьи
Данные производственной практики

3. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Анализ существующих версий,
2. Технологический расчет,
3. Конструктивная разработка,
4. Оценка труда и окружающей среды
5. Экономическое обоснование конструкции

4. Перечень графических материалов

1. Методы диагонального
2. Планировка участка диагональным
3. Разор конструкции
4. Сооружения крестов конструкции
5. Работы крестов деталей
6. Экономические показатели

5. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант

6. Дата выдачи задания

12.01.2021

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Глава 1	до 01.02.2021	
2	Глава 2	до 10.02.2021	
3	Глава 3	до 1.03.2021	
4	Глава 4	до 5.03.2021	
5	Оформление ВКР	до 10.03.2021	

Студент

г. 6212-094

(Макаров С.А.)

Руководитель ВКР

(Бухин С.И.)

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе (ВКР) Макарова Ф.А. на тему
«Проектирование участка диагностирования автомобилей с разработкой стенда
для проверки турбокомпрессора».

В состав ВКР входит пояснительная записка на ____ листах машинописного текста и 6 графических листов формата А1.

Пояснительная записка (ПЗ) включает в себя введение, 4 раздела, заключение, в которых приводятся ____ рисунков, ____ таблиц. Список использованной литературы содержит ____ источников.

Раздел 1 ПЗ. Рассмотрены вопросы обеспечения работоспособности турбокомпрессоров и особенности их эксплуатации. Произведен разбор основных неисправностей и отказов турбокомпрессоров и приведены методы и способы их выявления. Также выполнен обзор конструкции стендов для проверки турбокомпрессоров. Определены цели и задачи ВКР.

Раздел 2 ПЗ. Рассмотрены основы рациональной организация диагностирования автомобилей и выполнены расчеты по проектированию участка диагностирования. Для этого выполнен подбор необходимого технологического оборудования, инструментов и приспособлений для участка диагностирования и обоснован его площадь. Приводится описание технологии проверки турбокомпрессора двигателя автомобиля. Также рассмотрены вопросы охраны труда, пожарной безопасности и обеспечения экологической безопасности при выполнении работ на участке диагностирования.

Раздел 3 ПЗ. Приведены описание устройства и принципа работы разрабатываемого стенда для проверки турбокомпрессора, а также расчеты его конструктивных элементов.

Раздел 4 ПЗ. Приведен расчет показателей экономической эффективности внедрения разработанного стенда для проверки турбокомпрессора.

В заключении приведены основные выводы по данной работе.

ANNOTATION

to the final qualification work (FQW) of Makarov F. A. on the topic
"Design of the car diagnostics section with the development of a stand for
checking the turbocharger".

The composition of the FQW includes an explanatory note on _ _ _ _ sheets of typewritten text and 6 graphic sheets of A1 format.

The explanatory note (EN) includes an introduction, 4 sections, and a conclusion, which contains _ _ _ figures, _ _ _ tables. The list of references contains _ _ _ sources.

Section 1 of the EN. The issues of ensuring the operability of turbochargers and the features of their operation are considered. The analysis of the main malfunctions and failures of turbochargers is made and methods and methods of their detection are given. The design of the stands for testing turbochargers is also reviewed. The goals and objectives of the WRC are defined.

Section 2 of the EN. The basics of rational organization of vehicle diagnostics are considered and calculations on the design of the diagnostic area are performed. For this purpose, the selection of the necessary technological equipment, tools and devices for the diagnostic area was carried out and its area was justified. The technology of checking the turbocharger of the car engine is described. The issues of labor protection, fire safety and environmental safety when performing work at the diagnostic site are also considered.

Section 3 of the EN. The description of the device and the principle of operation of the developed stand for checking the turbocharger, as well as calculations of its structural elements are given.

Section 4 of the EN. The calculation of the indicators of economic efficiency of the implementation of the developed stand for testing the turbocharger is given.

In conclusion, the main conclusions of this work are presented.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	8
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	10
1.1 Назначение и устройство турбокомпрессоров, применяемых в современных автотракторных двигателях	10
1.2 Особенности эксплуатации турбокомпрессоров	12
1.3 Основные неисправности турбокомпрессоров	14
1.4 Диагностирование технического состояния турбокомпрессоров	15
1.4.1 Общие сведения об диагностировании	15
1.4.2 Проверка работоспособности турбокомпрессоров	15
1.4.3 Анализ стендов для проверки работоспособности турбокомпрессоров	16
1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы	25
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	26
2.1 Основы рациональной организация диагностирования автомобилей	26
2.2 Организация участка диагностирования автомобилей	27
2.2.1 Назначение участка диагностирования автомобилей	27
2.2.2 Обслуживающий персонал участка диагностирования и его функции	31
2.2.3 Обоснование площади участка диагностирования	31
2.3 Технология проверки турбокомпрессора двигателя автомобиля	32
2.4 Правила охраны труда на участке диагностирования автомобилей	35
2.5 Пожарная безопасность на участке диагностирования автомобилей	37
2.6 Применение производственной физической культуры при выполнении работ на участке диагностирования автомобилей	38
2.7 Охрана окружающей среды на участке диагностирования автомобилей	38

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	40
3.1 Обоснование темы конструкторской части	40
3.2 Назначение и описание стенда для проверки турбокомпрессоров	41
3.3 Конструктивные расчёты стенда для проверки турбокомпрессора	45
3.3.1 Выбор типа электрозащиты стенда	45
3.3.2 Расчёт прокладки дросселя	46
3.3.3 Расчёт болтового соединения крепления турбокомпрессора	47
3.4 Требования безопасности при эксплуатации стенда	49
3.4.1 Общие требования безопасности	49
3.4.2 Требования безопасности перед началом работы	50
3.4.3 Требования безопасности во время работы	50
3.4.4 Требования безопасности по окончании работы	51
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СТЕНДА	52
4.1 Расчет массы и стоимости стенда	52
4.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	60
ПРИЛОЖЕНИЕ	63
СПЕЦИФИКАЦИИ	65

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной мобильной техники происходит в направлении применения двигателей большей мощности при уменьшении расхода топлива. В данный момент эта задача решается применением в автотракторных двигателях турбокомпрессоров, современных систем топливоподачи, электронных систем управления работой двигателей и других систем и устройств.

В процессе эксплуатации техники происходит постепенное изнашивание элементов этих систем и устройств, которые могут привести к прекращению работы двигателя в целом. Отказ сложных элементов и узлов двигателей приводит к дорогостоящему ремонту и тем самым удорожанию эксплуатации техники. Поэтому, современная техника нуждается в своевременном и качественном диагностировании и техническом обслуживании.

На сегодняшний день качественная проверка технического состояния турбокомпрессоров современных автотракторных двигателей является сложной задачей, т.к. отсутствуют методы и средства для измерения всех показателей эффективной их работы. Существующие методы диагностирования турбокомпрессоров недостаточно проработаны, существующее оборудование отличается сложностью конструкции, что не позволяет их применять на практике из-за высокой стоимости.

Таким образом, в рядовых предприятиях, эксплуатирующих технику не применяются методы и средства диагностирования турбокомпрессоров. В связи с этим, в данной работе рассмотрены вопросы технологии проверки технического состояния турбокомпрессоров и разработка стенда для ее осуществления.

INTRODUCTION

The development of modern mobile technology takes place in the direction of using engines of higher power while reducing fuel consumption. At the moment, this problem is being solved by using turbochargers, modern fuel supply systems, electronic control systems for engine operation and other systems and devices in automotive engines.

During the operation of equipment, there is a gradual wear of the elements of these systems and devices, which can lead to the termination of the engine as a whole. Failure of complex elements and components of engines leads to expensive repairs and, thereby, an increase in the cost of operating equipment. Therefore, modern technology needs timely and high-quality diagnostics and maintenance.

Today, a high-quality check of the technical condition of turbochargers of modern automotive engines is a difficult task, because there are no methods and tools to measure all indicators of their effective work. The existing methods for diagnosing turbochargers are insufficiently developed, the existing equipment is distinguished by its design complexity, which does not allow them to be applied in practice due to their high cost.

Thus, in ordinary enterprises operating equipment, methods and means of diagnosing turbochargers are not used. In this regard, in this paper, the issues of technology for checking the technical condition of turbochargers and the development of a stand for its implementation are considered.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Назначение и устройство турбокомпрессоров, применяемых в современных автотракторных двигателях

Турбокомпрессор – это устройство, которое применяется в автотракторных двигателях для принудительного нагнетания воздуха в цилиндры за счет энергии отработавших газов, что способствует увеличению мощности двигателя примерно на 30...35%.

Общее устройство турбокомпрессора представлено на рисунке 1.1.

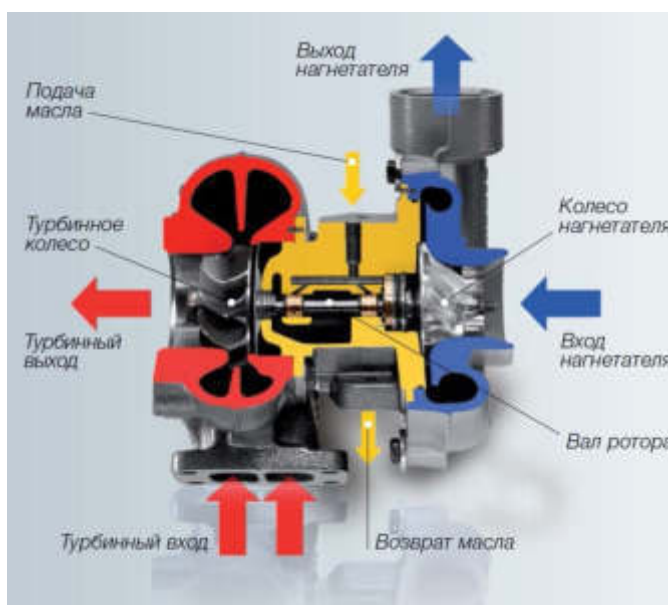


Рисунок 1.1 – Общее устройство турбокомпрессора

Общее устройство турбокомпрессора включает в себя корпус, турбинное колесо и колесо нагнетателя, которые жестко соединены с валом ротора.

Корпус любого турбокомпрессора имеет форму улитки и изготавливается жаропрочной стали.

Турбинное колесо предназначен преобразования энергии отработавших газов во вращательное движение вала ротора. При этом вращается колесо нагнетателя, которое засасывает воздух, производит его сжатие и нагнетает в

цилиндры двигателя. Вал ротора установлен на подшипники скольжения или шарикоподшипники, смазка которых в основном производится из системы смазки двигателя. В современных турбокомпрессорах применены система управления его работой, основным элементом которой является перепускной клапан, позволяющий ограничивать поток отработавших газов, что позволяет регулировать мощность наддува в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Принцип работы турбокомпрессора основан использовании энергии отработавших газов, которые направляются в корпус турбинного колеса и вращают его (рисунок 1.2). Частота вращения турбинного колеса может достигать до 250000 мин^{-1} . При этом вращается колесо нагнетания, внутрь корпуса которого поступает воздух. Колесо нагнетания сжимает воздух нагнетает воздух в цилиндры двигателя. В современных двигателях также применяется охлаждение воздуха в интеркулере перед подачей в цилиндры двигателя.

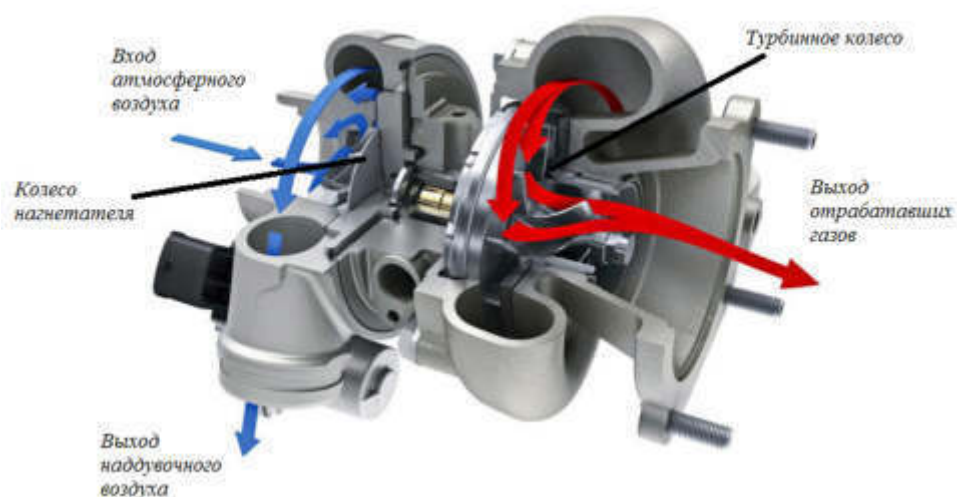


Рисунок 1.2 – Принцип работы турбокомпрессора

Таким образом, турбокомпрессоры широко применяются в современных двигателях, особенно, в дизельных, в основном, из-за простоты конструкции и его применение обеспечивает увеличение мощности двигателя, меньший расход топлива и меньший выброс в окружающую среду

вредных веществ при работе двигателя. Однако, имеются недостатки. Так, например, у двигателей с турбокомпрессорами возникают так называемые явления «турбояма» и «турбоподхват», которые возникают при работе двигателя с малой частотой вращения коленчатого вала. Кроме этого, обслуживание двигателей с турбокомпрессорами обходится дороже, чем двигателей без турбокомпрессора.

1.2 Особенности эксплуатации турбокомпрессоров

При работе турбокомпрессор испытывает перепад температур (на турбинное колесо воздействуют отработавшие газы с высокой температурой, а на колесо нагнетания – воздух с температурой на порядок ниже), высокие динамические нагрузки (высокая частота вращения вала ротора). Его работоспособность и надежность зависит от многих факторов:

- отклонения характеристик двигателя;
- работоспособность других систем и узлов двигателя: систем впуска и выпуска отработавших газов, смазки, охлаждения, управления работой двигателя и другие.

Таким образом, для надежной работы турбокомпрессора важное значение имеет исправность самого двигателя. Следует своевременно проводить все работы по техническому обслуживанию двигателя.

Как было уже отмечено, что смазка подшипников вала ротора турбокомпрессора осуществляется из общей системы смазки двигателя. Поэтому при запуске двигателя после замены масла и масляного фильтра, а также при низких температурах, масло к подшипникам поступает «с опозданием». В этом случае до достижения рабочего давления в системе смазки частота вращения коленчатого вала двигателя должна быть в пределах 800...1000 об/мин, а полную нагрузку двигателю следует давать после достижения рабочей температуры масла.

При работе двигателя под полной нагрузкой температура отработавших газов достигает 1050 °С. Поэтому, перед тем, как заглушить двигатель следует дать ему поработать в течении 5...6 мин на малой частоте вращения коленчатого вала. Это необходимо для того, чтобы снизить температуру выпускного коллектора и элементов турбинного колеса турбокомпрессора. Кроме этого, при резкой остановке двигателя прекращает работу и масляный насос и тем самым прекращается смазывание подшипников вала ротора турбокомпрессора, который продолжает вращаться с достаточно большой частотой вращения. Это может привести к нарушению работоспособности турбокомпрессора и двигателя.

Работоспособность и надежность подшипников турбокомпрессоров во многом зависит от качества масла. В моторном масле не должно быть абразивных загрязнений, которые могут привести к отказу подшипников. Абразивные загрязнения в системе смазки двигателя могут попасть в следующих случаях:

- при несвоевременной замене масла и масляного фильтра двигателя;
- при использовании промывочных масел при замене масла двигателя;
- при проведении ремонтных работ (ремонт элементов системы смазки, замена маслопроводов и т.п.);
- при неправильной транспортировке и хранении турбокомпрессора.

Таким образом, основными эксплуатационными факторами, обеспечивающими работоспособность и надежность турбокомпрессоров являются условия эксплуатации, режимы работы двигателя, своевременность и качество технического обслуживания и ремонта, качество применяемых расходных материалов, а также квалификация обслуживающего персонала.

1.3 Основные неисправности турбокомпрессоров

От общего объема отказов двигателя доля неисправностей и отказов турбокомпрессоров может достигать до 30 %. Основными неисправностями турбокомпрессоров современных автотракторных двигателей являются:

- трещины в корпусе турбокомпрессора;
- разрушение лопаток турбинного колеса и колеса нагнетания;
- износ и задиры на поверхностях подшипников и вала ротора;
- обрыв вала ротора, что может привести к разрушению корпуса подшипников, турбинного колеса и колеса нагнетания;
- усталостное разрушение подшипников, вала ротора;
- утечка воздуха или отработавших газов в местах соединения турбокомпрессора с впускным и выпускным коллекторами.

Внешними признаками неисправности турбокомпрессора являются:

- падение мощности двигателя;
- черный или голубой (сизый) цвет отработавших газов;
- увеличение расхода моторного масла;
- повышенный уровень шума при работе турбокомпрессора;
- масло в корпусе турбинного колеса и колеса нагнетания;
- задевание турбинного колеса и колеса нагнетания за корпус.

Основными причинами появления отказов и повреждений элементов турбокомпрессора является засоренный воздушный фильтр, загрязненное моторное масло и его низкое качество, попадание посторонних частиц в корпус турбинного колеса и колеса нагнетания, нарушение регулировок или неисправность системы питания и газораспределительного механизма двигателя, нарушение герметичности в местах соединения турбокомпрессора с впускным и выпускным коллекторами, а также неправильная сборка турбокомпрессора при ремонте, нарушение правил его транспортировки и хранения.

1.4 Диагностирование технического состояния турбокомпрессоров

1.4.1 Общие сведения об диагностировании

Диагностирование проводится с целью получения сведений о техническом состоянии узла, агрегата, системы или машины в целом.

В процессе диагностирования производят поиск неисправностей и отказов, поиск причин их возникновения, определяют значения диагностических параметров, которые сравнивают с их номинальными значения и делают заключение о фактическом техническом состоянии объекта диагностирования. Полученные данные позволяют определить необходимый объем регулировочных или ремонтных работ. Диагностирование объекта проводится также с целью проверки качества выполненных работ по его обслуживанию или ремонту, а также для прогнозирования остаточного ресурса объекта.

Таким образом, применение диагностирования позволяет получить оценку фактического технического состояния, повысить качество технического обслуживания и ремонта и способствует повышению экономической эффективности выполняемых работ.

1.4.2 Проверка работоспособности турбокомпрессоров

Работоспособность любого турбокомпрессора оценивается по степени наддува, т.е. степень повышения давления нагнетаемого в цилиндр двигателя воздуха. Проверку работоспособности турбокомпрессора можно производить двумя методами:

- на специальном стенде со снятием турбокомпрессора с двигателя;
- проверка без снятия турбокомпрессора с двигателя.

При проверки турбокомпрессора со снятием с двигателя специальный стенд должен обеспечивать возможность регулировки подачи газа в

турбинное колесо и подачу воздуха корпус колеса нагнетателя, а также смазку подшипников вала ротора турбокомпрессора на разных режимах его работы.

Перед проверкой на стенде необходимо произвести наружный осмотр турбокомпрессора на предмет наличия всех его элементов, отсутствия внешних дефектов и деформаций. Затем производится частичная разборка турбокомпрессора с целью проверки состояния лопаток турбинного колеса и колеса нагнетания, легкости вращения вала ротора, отсутствия касания лопаток за корпус.

При проверки турбокомпрессора без снятия с двигателя определяется давление воздуха на входе и выходе корпуса колеса нагнетателя с помощью манометров. При этом следует отсоединить патрубки и проверить их состояние, проверить отсутствие деформации лопаток турбинного колеса и колеса нагнетания, осевого и радиального люфта вала ротора.

1.4.3 Анализ стендов для проверки работоспособности турбокомпрессоров

Проверка снятого с двигателя турбокомпрессора на специальном стенде дает более полную картину о его техническом состоянии. Поэтому рассмотрим существующие стенды для проверки турбокомпрессоров.

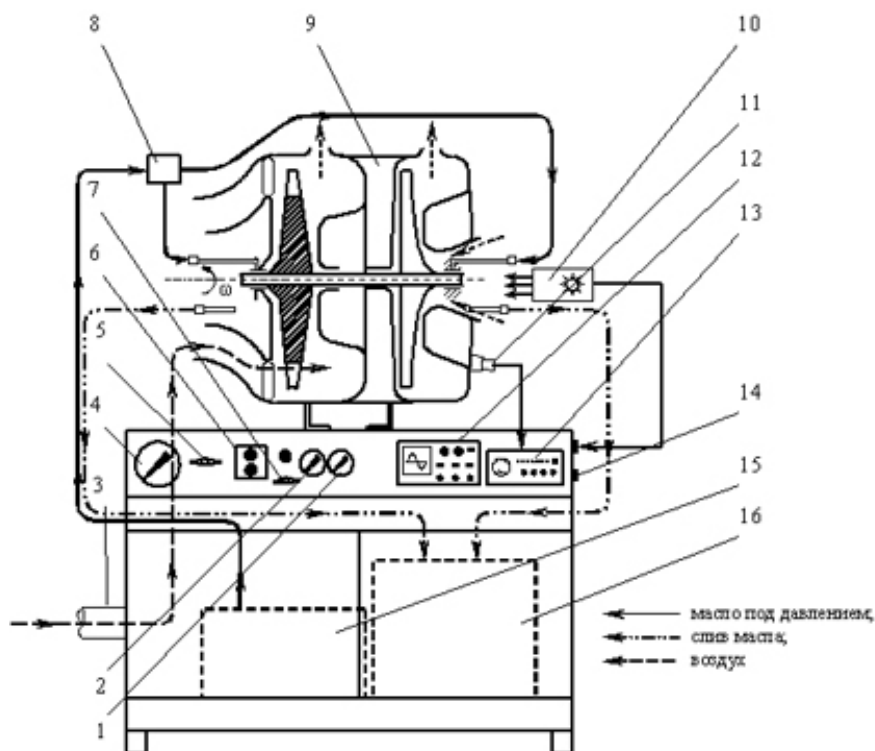
Стенд КИ-8877 предназначен обкатки и проверки турбокомпрессоров двигателей ЯМЗ-238НБ после капитального ремонта. При проверки на данном стенде вращение турбинного колеса осуществляется за счет потока газов, которые образуются после воспламенения горючей смеси в камере сгорания. На стенде также установлена система подачи масла к подшипникам вала ротора турбокомпрессора.

Техническая характеристика стенда представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика стенда КИ-8877

Показатель	Ед.изм.	Значение
Габариты	мм	8060х240х265
Масса	кг	1200
Производительность	шт/см	8
Установленная мощность	кВт	1.28

Для диагностики турбокомпрессоров тепловозных дизельных двигателей применяется стенд, представленный на рисунке 1.3.



- 1 и 2 – индикаторы температуры и давления масла; 3 – подача сжатого воздуха;
 4 – манометр давления сжатого воздуха; 5 – тумблер включения электропитания стенда;
 6 – кнопки управления работой масляного насоса; 7 – тумблер включения подогрева
 масла; 8 – масляной фильтр; 9 – диагностируемый турбокомпрессор; 10 – строботактометр;
 11 – вибродатчик; 12 – осциллограф; 13 – измеритель вибрации и шума ВШВ003;
 14 – розетка выхода сигнала для подачи его на ЭВМ; 15 – масляный насос;
 16 – бак для масла с нагревателем

Рисунок 1.3 – Стенд для диагностики турбокомпрессоров тепловозных
 дизельных двигателей

Данный стенд позволяет провести диагностику и обкатку различных турбокомпрессоров тепловозных дизельных двигателей виброакустическим методом. В данном стенде для вращения вала ротора применяется сжатый воздух. В процессе диагностики контролируются следующие параметры: частота вращения вала ротора, давление воздуха перед турбинным колесом, давление и температура масла в системе смазки, определение радиальных зазоров подшипников скольжения и качения и дисбаланс ротора.

Станок ГЕОМЕТ-2000 (рисунок 1.4) позволяет производит испытание турбокомпрессоров с изменяемой геометрией.



Рисунок 1.4 - Станок ГЕОМЕТ-2000 для испытания турбокомпрессоров

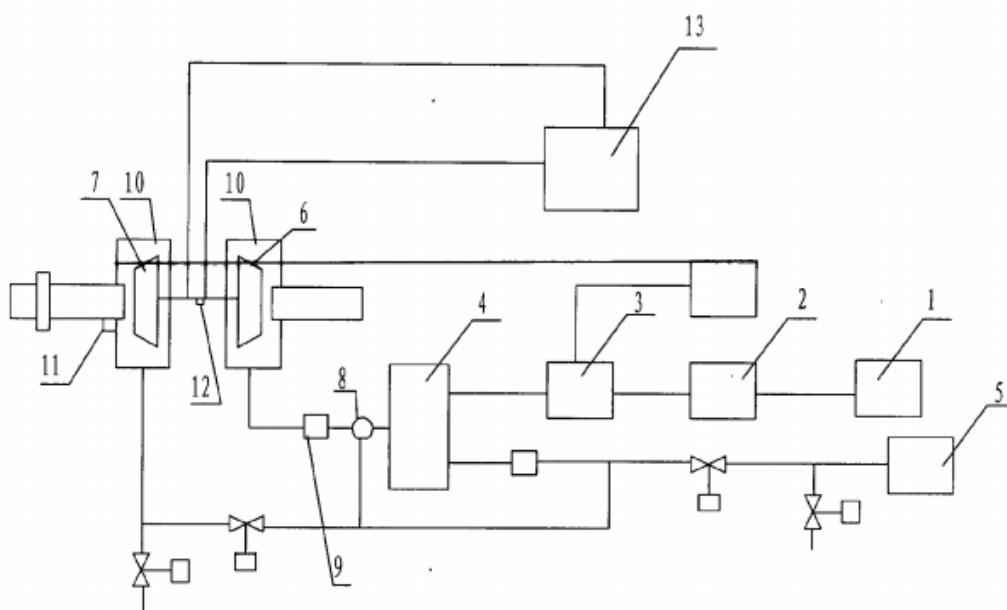
Стенд «Турбо-Сервис» (рисунок 1.5) предназначен для проверки технического состояния турбокомпрессоров после ремонта. При этом принцип работы стенда основан на создании условия проверки максимально приближенных к фактическим. Данный стенд позволяет проверить производительность турбокомпрессоров, частоту вращения вала ротора, при котором достигается требуемое давление нагнетаемого воздуха, а также наличие вибрации и появление резонанса на больших оборотах вала ротора.



Рисунок 1.5 – Стенд фирмы «Турбо-Сервис»

Проведем также патентный обзор различных разработок.

На рисунке 1.6 представлена схема стенда для испытания турбокомпрессора (патент CN202735079U, Китай), который состоит топливного бака, топливного фильтра, топливного насоса и камеры сгорания, которые соединены последовательно.



1 - топливный бак, 2 – топливный фильтр, 3 – топливный насос, 4 – камера сгорания, 5 - источник газа, 6 - турбина, 7 - пневмоустановка, 8 – холодный воздух, 9 - генератор импульсов, 10 - крышка корпуса, 11 - датчик скорости, 12 - датчик вибрации, 13 - система смазки

Рисунок 1.6 – Структурная схема стенда для испытания турбокомпрессора (патент CN202735079U, Китай)

Источник газа соединен с камерой сгорания, а камера сгорания связана с турбиной и газовым компрессором испытуемого турбокомпрессора. Входы газового компрессора и турбины соответственно снабжены клапаном с регулируемым проходным сечением. Два вмещающих кожуха расположены соответственно снаружи газового компрессора и корпуса турбины. Датчик скорости вращения и датчик вибрации установлены на турбокомпрессоре. Также установлены приборы для измерения переднего и заднего давления, температуры и расхода воздуха газового компрессора, масла турбины; На входе в турбину расположены клапан, переключающий холодный / горячий воздух и генератор импульсов с регулируемой частотой.

На рисунке 1.7 представлен стенд для испытания турбоагнетателя (патент CN206177565U, Китай), который включает секцию стойки, запорный механизм и системы обнаружения и проверки заполняющего газа.

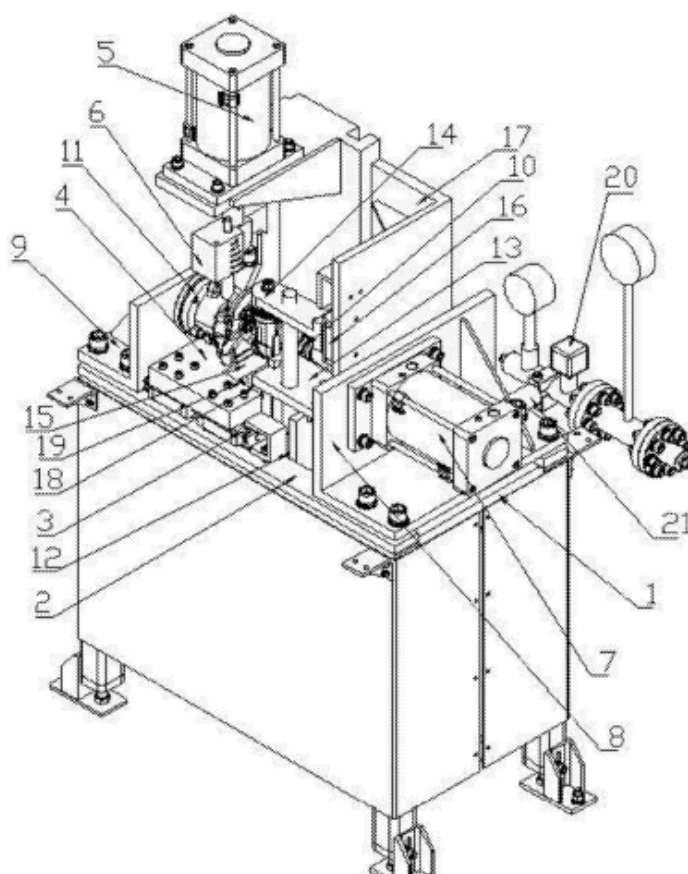
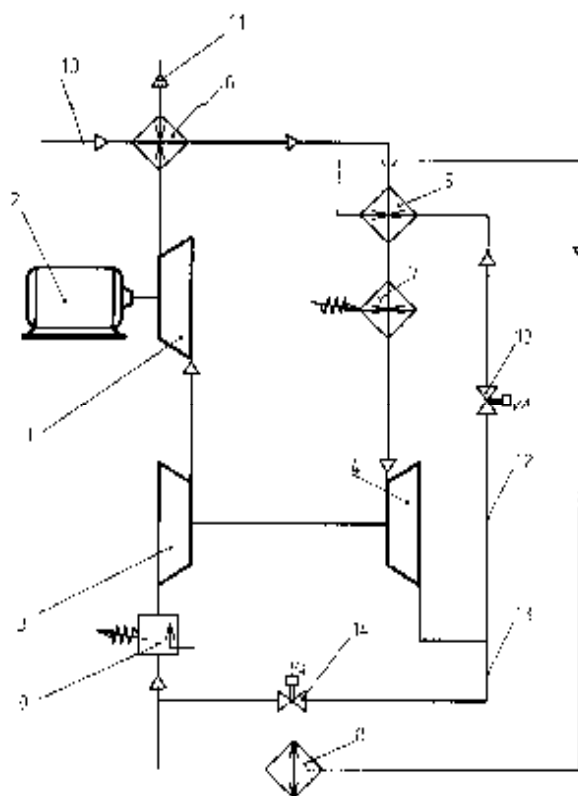


Рисунок 1.7 - Стенд для испытания турбоагнетателя (патент CN206177565U, Китай)

Стойка включает в себя квадратное основание рамы, горизонтальную поперечную направляющую рельсовую установочную пластину, горизонтальный направляющий узел, монтажную платформу турбонагнетателя, плотно сжатый цилиндр турбонагнетателя и прижимную головку. Запорный механизм содержит горизонтальный запорный цилиндр, горизонтальный блок запорных цилиндров, неподвижное затыкающее основание, горизонтальный торцевой колпачок, неподвижный торцевой колпачок, вертикальный запорный цилиндр, вертикальное опорное седло цилиндра, вертикальный подвижный торцевой колпачок, вертикальный фиксированный торцевой колпачок, вертикальный направляющий узел движения, вертикальное основание цилиндра. Он включает в себя датчик входа отработанного газа, поддержку датчика входа отработанного газа, датчик выхода воздуха, поддержку датчика выхода воздуха для заполнения системы проверки обнаружения газа. Стенд позволяет провести измерение герметичности турбонагнетателя и функциональное измерение на одной платформе. При этом турбонагнетатель не нуждается в перемещении на два вида измерений, а эффективность обнаружения выше, и результат тестирования более точен.

На рисунке 1.8 представлена схема стенда, который предназначен для проверки и испытания турбокомпрессоров ДВС (патент РФ №2199727) []. Стенд включает в себя электродвигатель 2, который приводит компрессор 1, два теплообменника 5 и 6, нагреватель 7, охладитель 8, регулируемый интерцептор 9, входной 10 и выходной 11 магистрали и измерительные приборы и систему управления.

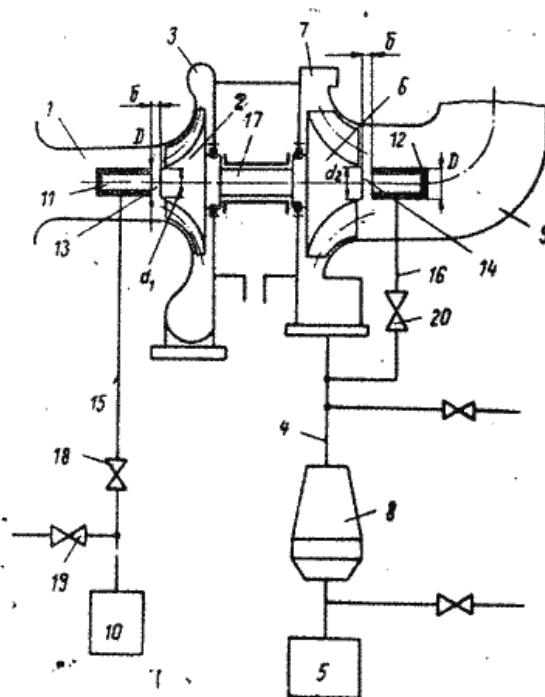


1 – компрессор; 2 – электродвигатель; 3 и 4 – колесо нагнетания и турбинное колесо турбокомпрессора; 5, 6 – теплообменник; 7 – нагреватель; 8 – охладитель; 9 – интерцептор; 10 – входная магистраль; 11 – выходная магистраль; 12 – соединительная магистраль; 13 – байпасная магистраль; 14 – задвижка.

Рисунок 1.8 – Схема стенда для испытания турбокомпрессора ДВС
(патент РФ №2199727)

Принцип работы стенда заключается в следующем. При подачи электропитания электродвигатель 2 начинает вращать компрессор 1, которому из входной магистрали 10 начинает поступать атмосферный воздух. При этом воздух проходит через теплообменники 5 и 6, нагреватель 7, турбинное колесо 4 испытуемого турбокомпрессора, соединительную магистраль 12, задвижку 13 (задвижка 14 закрыта), охладитель 8, интерцептор 9 и колесо нагнетания 3 испытуемого турбокомпрессора. В результате на входе компрессора 1 получается пониженное давление и температура воздуха. Непосредственно в компрессоре 1 происходит сжатие воздуха, что к увеличению давления и температуры воздуха на его выходе.

Рассмотрим стенд (рисунок 1.9), который предназначен для испытания турбокомпрессора системы наддува ДВС (патент РФ №1179128) []. В данном стенде вращение турбинного колеса испытываемого турбокомпрессора происходит за счет потока отработавших газов, которые образуются в камере 8 при сгорании газа из источника 5. После турбинного колеса газы отводятся по трубопроводу 9, а подвод воздуха к колесу нагнетания осуществляется по патрубку 1.



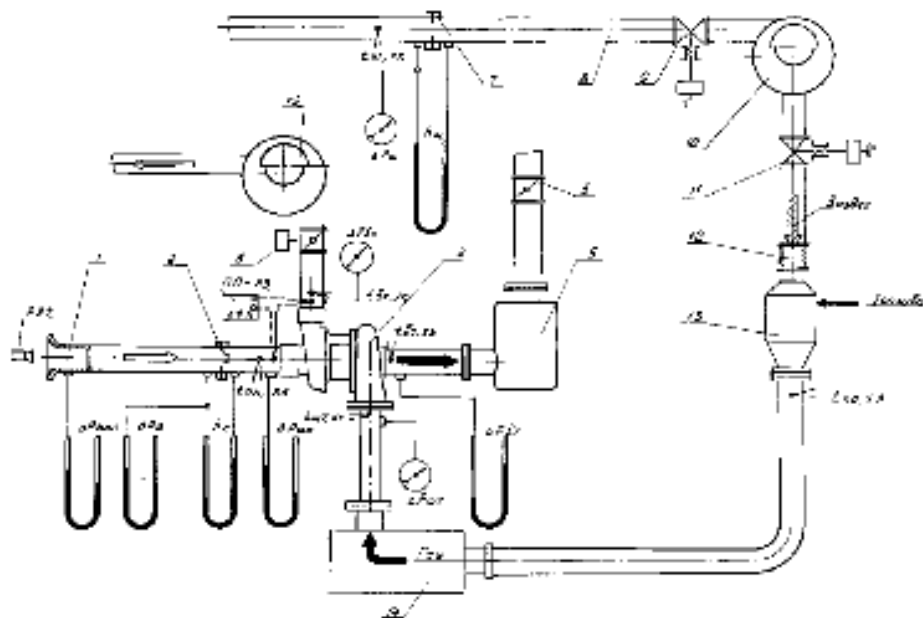
1 – патрубок; 2, 6 – колесо нагнетания и турбинное колесо турбокомпрессора; 3 – корпус колеса нагнетания; 4 – линия подвода отработавших газов; 5 – источник газа; 7 – корпус турбинного колеса; 8 – камера сгорания; 9 – трубопровод;
10 – источник воздуха переменного давления; 11, 12 – стакан; 13, 14 – зазор;
15, 16 – трубопровод; 17 – вал; 18, 19, 20 – регулировочные вентили.

Рисунок 1.9 – Стенд для испытания турбокомпрессора системы наддува ДВС (патент на изобретение №1179128)

В патрубке 1 и трубопроводе 9 установлены стаканы 11 и 12, которые соединены с трубопроводами 15 и 16 соответственно к источнику 10 сжатого воздуха и к линии 4 подвода газа.

Стенд работает следующим образом. В камеру сгорания 8 под давлением подается газ, где происходит его сжигание, а продукты сгорания подаются в полость корпуса турбинного колеса 7. В результате начинается вращение турбинного колеса испытуемого турбокомпрессора. Затем открывается вентиль 20 и газы по трубопроводу 16 поступают в стакан 12, в котором на турбинное колесо 6 турбины действует осевая сила. Величина этой силы можно регулировать с помощью вентилей 20.

Стенд, который представлен на рисунке 1.10, предназначен для проведения безмоторного испытания турбокомпрессора на разрушение []. На стенде установлена компрессорная станция, которая подает сжатый воздух в камеру сгорания 13 по трубопроводу 8, на котором установлены вентили 9 и 11. В камеру сгорания также подается топливо, которое смешивается с воздухом и воспламеняется. Образовавшиеся газы направляются в полость корпуса турбинного колеса испытуемого турбокомпрессора и отводятся через трубопровод 6. Температуру газа можно регулировать количеством топлива в пределах 300...750°C.



1 – входной коллектор; 2 – фланцевое соединение; 3 – заслонка; 4 – корпус турбинного колеса; 5, 14 – ресивер; 6 – дроссель; 7 – диафрагма; 8 – трубопровод; 9, 11 – вентиль; 12 – помпа; 13 – камера сгорания; 15 – маслоотделитель.

Рисунок 1.10 – Безмоторный испытательный стенд

Необходимо отметить, что рассмотренные стенды могут использоваться также для обкатки турбокомпрессоров после ремонта. Обкатка позволяет произвести приработку поверхностей элементов турбокомпрессора при небольших нагрузках и проверить качество ремонта, что имеет важное значение повышения надежности отремонтированных турбокомпрессоров.

Анализ конструкции стендов для проверки турбокомпрессоров показывает, что они отличаются конструкцией и проверяемыми параметрами. Однако их принцип работы заключается в имитации работы турбокомпрессора в реальных условиях, т.е. за счет энергии сжатого воздуха или продуктов сгорания газа и топливно-воздушной смеси вращается турбинное колесо и измеряется давление воздуха сжимаемое колесом нагнетателя. Большинство стендов отличаются сложностью конструкции и дороговизной, поэтому необходимо разработка стенда для проверки турбокомпрессоров, которую можно применять в условиях мастерских небольших предприятий.

1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы

Целью данной выпускной работы является проектирование мероприятий по диагностированию грузовых автомобилей, в частности турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания.

В связи с этим задачами данной выпускной квалификационной работы являются:

- 1) Разработка мероприятий по организации диагностирования машин и обоснование технологии проверки и испытания турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания.
- 2) Конструирование стенда для проверки турбокомпрессоров.
- 3) Разработка мероприятий охраны труда и окружающей среды при диагностировании машин.
- 4) Экономическое обоснование конструкторской разработки.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Основы рациональной организация диагностирования автомобилей

При организации диагностирования необходимо учитывать то, что диагностирование является элементом технической эксплуатации машин и должна быть включена в систему технического обслуживания и ремонта. Это способствует значительному увеличению эффективности эксплуатации техники, сокращению затрат на техническое обслуживание и ремонт. Применение диагностирования на постах технического обслуживания, до и после ремонта машин позволяет оценить фактическое техническое состояние объекта диагностирования, обнаружить неисправности или оценить качество выполненных работ. Это позволяет также сократить время простоя техники на обслуживании или ремонте [].

На рисунке 2.1 представлена схема включения диагностирования в технологический процесс технического обслуживания и ремонта автомобилей.

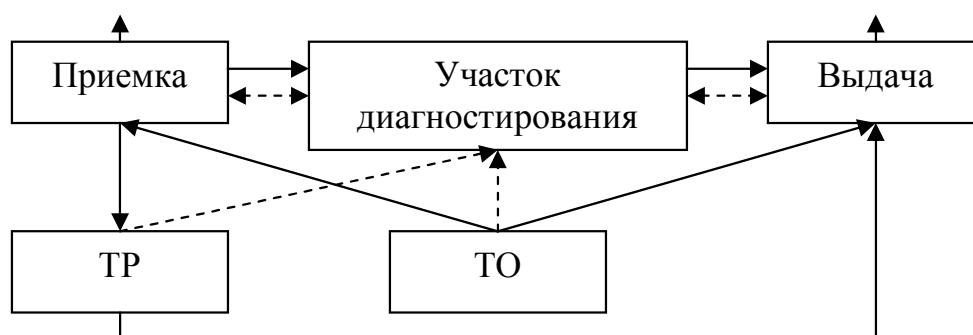


Рисунок 2.1 - Схема включения диагностирования в технологический процесс технического обслуживания и ремонта автомобилей

При техническом обслуживании выполняются следующие диагностические операции:

- внешний осмотр с применением органолептических методов диагностирования;
- диагностирование систем двигателя, агрегатов трансмиссии, электрооборудования с применением диагностических технических средств;
- проверка и обкатка отремонтированных элементов машины с целью подготовки к дальнейшей эксплуатации.

Таким образом, значительное количество контрольно-регулирующих и проверочных работ проводятся с применением диагностических технических средств и методов.

Форма организации диагностирования зависит от количества и типа автомобилей. Так, например, на небольших предприятиях диагностические операции выполняются на посту технического обслуживания автомобилей с применением переносных или передвижных средств диагностирования, а крупных предприятиях организуются отдельные посты диагностирования с применением переносных, передвижных и стационарных диагностических средств, в которых проводят более углубленную проверку технического состояния автомобиля [].

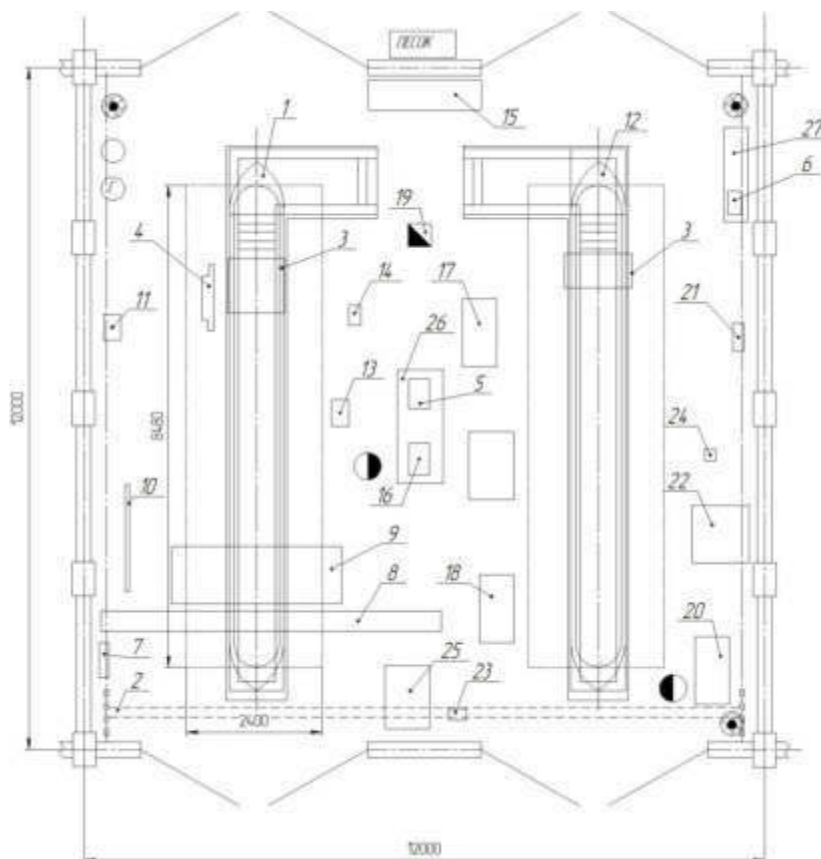
2.2 Организация участка диагностирования автомобилей

2.2.1 Назначение участка диагностирования автомобилей

На участке диагностирования автомобилей проводятся все виды работ, связанные с проверкой технического состояния автомобилей, их агрегатов, систем и механизмов без разборки при техническом обслуживании, до и после ремонта, а также для проведения заявочного диагностирования. Основное оборудование участка включает в себя переносные и передвижные диагностические средства, стационарные диагностические стенды, а также необходимые приспособления, инструменты и оснастка.

Выбор планировочного решения участка диагностирования зависит от применяемого диагностического оборудования, выполняемых операции и его расположения относительно других постов []. Участок диагностирования может быть организован как в отдельном помещении или на линии проведения операции технического обслуживания автомобилей.

На рисунке 2.2 представлен план участка диагностирования расположенного в отдельном помещении.



1, 12 - канава осмотровая; 2 - подвесной кран однобалочный; 3 - подъемник электромеханический канавный; 4 - гайковерт для гаек колес автомобилей; 5, 16 - комплект инструмента "большой набор"; 6 - комплект диагностических приборов; 7 - прибор для проверки переднего моста автомобиля; 8 - линейка для проверки схождения передних колес автомобилей; 9 - стенд для проверки тормозов автомобилей; 10 - прибор для проверки рулевого управления; 11 - стенд для проверки амортизаторов; 13 - домкрат гаражный гидравлический; 14 - ванна моечная передвижная; 15 - компрессор воздушный, поршневой ГСВ; 17 - газоанализатор; 18 - мотор-тестер; 19 - устройство вытяжки выхлопных газов; 20 - контрольно-испытательный стенд для проверки генераторов, реле-регуляторов и стартеров; 21 - прибор для проверки правильного установления зажигания; 22 - стенд для испытания турбокомпрессоров; 23 - передвижной стенд для проверки состояния приборов, сборочных единиц электрооборудования и системы зажигания; 24 - стационарный комплект приборов для проверки искровых свечей зажигания; 25 - прибор для проверки автомобильных фар; 26 - верстак слесарный; 27 - шкаф для приборов и инструментов

Рисунок 2.2 – План участка диагностирования автомобилей

Перечень оборудования, применяемого на данном участке приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Перечень оборудования для участка диагностирования автомобилей

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Марка, тип, модель, ГОСТ	Кол-во	Габаритные размеры, мм. Мощность, кВт	Площадь, занимаемая оборудованием, м ²
Пост № 1					
1.	Канава осмотровая				-
2.	Подвесной кран однобалочный	5-12-9-3-У2	1	N=5,8 кВт, Q=5 т.	-
3.	Подъёмник электромеханический канавный	ППТ – 23	1	970×1010, N=4 кВт Q=10 т	-
4.	Гайковерт для гаек колёс автомобилей	И-318(И-303М)	1	1,2×0,65	0,78
5.	Комплект инструмента "большой набор"	ПИМ-1514А	1	0,502×0,2	0,1
6.	Комплект диагностических приборов	КИ-13901-ГОСПИТИ	1	0,52×0,35	0,18
7.	Прибор для проверки переднею моста автомобиля	НИИАТ-Т-1	1	0,28×0,18	0,05
8.	Линейка для проверки схождения передних колес автомобилей	2182	1	0,942×0,046	0,04
9.	Стенд для проверки тормозов автомобилей	ЦКБ к-207	1	6×3,5	21
10.	Прибор для проверки рулевого управления	К-402	1	0,05×0,06× 0,003	-
11.	Стенд для проверки амортизаторов	К-113	1	1×3	3
Пост № 2					
12.	Канава осмотровая				-
13.	Домкрат гаражный гидравлический	ЦКТБ-П-308	1	2,01×0,31	-
14.	Ванна моечная передвижная	ОМ-1316	1	1,25×0,62	0,78
15.	Компрессор воздушный, поршневой ГСВ -1/12 с подачей 0,6 м/мин	155-2В5	1	1,2×0,65	0,78
16.	Комплект инструмента "большой набор"	ПИМ-1514А	1	0,502×0,2	0,1
17.	Газоанализатор	НИИАТ к-456	1	0,03×0,04× 0,0012	-
18.	Мотор-тестер		1	265x250x90 N=5,5 Вт,	0,06
19.	Устройство вытяжки выхлопных газов	УВВГ	1	1000x500x 800 N=1,1 кВт,	0,5

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Марка, тип, модель, ГОСТ	Кол- во	Габаритные размеры, мм. Мощность, кВт	Площадь, занимаемая оборудован ием, м ²
20.	Контрольно-испытательный стенд для проверки генераторов, реле- регуляторов и стартеров	532 М	1	0,985×0,96 N=11,2 кВт,	0,95
21.	Прибор для проверки правильного установления зажигания	7-102	1	1×0,6	0,6
22.	Стенд для испытания турбокомпрессоров	-	1	1,022x0,555x 1,02	0,56
23.	Передвижной стенд для проверки состояния приборов, сборочных единиц электрооборудования и системы зажигания	КИ-537	1	0,755x1x 1,600	0,75
24.	Стационарный комплект приборов для проверки искровых свечей зажигания	Э-202	1	0,3x0,2	0,06
25.	Прибор для проверки автомобильных фар	ЦКТБ-К-310 (ПРАФ-3)	1	1,15×0,818	0,94
ИТОГО:					30,6

Выбор планировочного решения участка предполагает расположение двух постов. На первом посту имеется смотровая канава, на котором установлен канавный подъемник, стенд для проверки тормозной системы и проверки схождения управляемых колес автомобиля. На втором посту проводятся другие виды диагностических работ, не связанных с проверкой агрегатов трансмиссии и ходовой части, например, диагностирование элементов и систем двигателя.

Размеры участка диагностирования зависят от количества постов, размеров диагностируемых автомобилей и размеров применяемого технологического оборудования. При этом необходимо учитывать, что размеры участка должны быть кратны 6 м. Высота помещения принимается в зависимости от величины пролета.

2.2.2. Обслуживающий персонал участка диагностирования и его функции

На посту диагностирования проверкой технического состояния агрегатов и систем автомобилей занимается слесарь по ремонту автомобилей, который выполняет следующие виды работ:

пост № 1:

- проверка технического состояния и испытание сложных агрегатов, узлов и приборов на стендах и их регулировка;
- диагностирование и регулировка систем и агрегатов автомобилей, обеспечивающих безопасность движения.

пост № 2:

- проверка тяговых качеств автомобиля;
- проверка деталей и узлов электрооборудования на проверочной аппаратуре и проверочных приспособлениях.

2.2.3 Обоснование площади участка диагностирования

Площадь производственного помещения для проведения технического обслуживания и диагностирования можно двумя способами [1]:

- 1) по удельной площади на один рабочий пост;
- 2) по площади, занимаемое обслуживаемым автомобилем и оборудованием.

При расчете по первому способу удельную площадь на один рабочий пост принимается равным 40...60 м² [1], однако это дает только ориентировочные значения, т.е.

$$F_{ПД} = (40 - 60) \cdot X_{П}, \quad (2.1)$$

где: $X_{П}$ – количество постов на участке.

В нашем случае $F_{ПД} = (40 - 60) \cdot 2 \approx 120 \text{ м}^2$.

При применении второго способа площадь участка определяется по следующей формуле:

$$F_{\Pi\Delta} = (F_{об} + F_{авто} \cdot X_{\Pi}) \cdot K_n, \quad (2.2)$$

где $F_{об}$ – площадь, занимаемое технологическим оборудованием, m^2 (данные берем из таблицы 2.1);

$F_{авто}$ – площадь, занимаемое автомобилем, m^2

K_n – коэффициент расстановки оборудования (принимаем $K_n=4,5$ []).

$$F_{\Pi\Delta} = 30,6 \cdot 4,5 = 138 \text{ м}^2.$$

Окончательные размеры участка диагностирования определяются при графическом планировании. Исходя из того, что ширину пролета принимаем равным 12 м, общую площадь участка диагностирования с учетом корректировки принимаем - 144 m^2 (ширина и длина участка диагностирования - 12 м).

2.3 Технология проверки турбокомпрессора двигателя автомобиля

Технология работ по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию представляется в виде технологических карт, в которых указывается последовательный перечень выполняемых операций, применяемое оборудование, инструменты, приспособления и материалы, трудоемкость операции, а также требования и указания к выполнению. Использование технологических карт при выполнении технического обслуживания, ремонта и диагностирования позволяет более рационально организовать работу путем распределения выполняемых операции между постами и исполнителями, а также определить объем работ, необходимое количество средств, материалов и инструментов.

При составлении технологических карт необходимо учитывать:

- виды операций и возможность их выполнения;
- необходимые технологическое оборудование, инструменты, приспособления и материалы;

- безопасность и гигиенических условий труда рабочих;
- средства и способы контроля качества работ.

Технология проведения диагностических работ включает подготовительные операции (подготовка объекта к диагностированию, подготовка оборудования и его установка и другие, установление необходимых режимов диагностирования), основные операции (проведение диагностирования, получение значений диагностических параметров) и заключительные операции (демонтаж диагностического оборудования или снятие объекта со стенда, заключение об техническом состоянии объекта).

Порядок проведения проверки и испытания турбокомпрессоров и требования к ним регламентированы ГОСТ Р 53637-2009 «Турбокомпрессоры автотракторные. Общие технические требования и методы испытаний» []. Турбокомпрессоры ДВС диагностируются по следующим параметрам:

- для компрессора - зависимость степени повышения давления в компрессоре и эффективного КПД от приведенного расхода;
- для турбины - зависимость приведенного расхода газа и эффективного КПД от степени понижения давления в турбине;
- для турбокомпрессоров, снабженных перепускными клапанами или устройствами, регулирующими пропускную способность турбины, определяют давление воздуха за компрессором, соответствующее началу открытия клапана или регулирующего устройства.

Согласно ГОСТ Р 53637-2009 определение указанных диагностических параметров производится на специальных стендах, позволяющих создать условия для имитации условий работы турбокомпрессоров. В эксплуатационных условиях проверка технического состояния производится в основном с применением органолептических методов и по внешним признакам.

Специальные стенды обеспечивают подачу масла в подшипники вала ротора турбокомпрессора. При этом давление масла должно быть не менее

0,3 МПа (3 кгс/см²), а температура - в пределах 60...100°C. Основные марки масел, применяемых на стендах, М-10Г₂ или М-10В₂.

Кроме указанных параметров в процессе проверки турбокомпрессоров необходимо следить:

- за герметичностью соединений корпусных элементов турбокомпрессора;
- за отсутствием посторонних шумов и стуков при работе турбокомпрессора;
- за отсутствием повышенной рабочих колес турбокомпрессора;
- за равномерностью работы турбокомпрессора.

По результатам проверки и испытания делается заключение о техническом состоянии турбокомпрессора. При неудовлетворительных результатах турбокомпрессор направляют на ремонт или заменяют.

Режимы проведения проверки и испытания турбокомпрессоров представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Режимы проведения проверки и испытания турбокомпрессоров

Частота вращения ротора, мин ⁻¹	Избыточное давление воздуха на выходе из компрессора, кПа (кгс/см ²), не менее	Избыточное давление на входе в турбину, кПа (кгс/см ²), не менее		Температура рабочего тела на входе в турбину, °С		Продолжительность, мин
		газа	сжатого воздуха	газа	сжатого воздуха	
1	2	3	4	5	6	7
ТКР-11 ЯМЗ						
30000	18,6 (0,19)	17,6 (0,18)	-	500	-	7
40000	34,3 (0,57)	30,4 (0,31)	-	600	-	5
50000	55,9 (0,57)	47,1 (0,48)	-	700	-	5
60000	79,5 (0,81)	68,7 (0,70)	-	700	-	5
<i>Контрольный режим</i>						
60000	79,5 (0,81)	68,7 (0,70)	-	700	-	8
ТКР-9 ЯМЗ						
35000	27,4 (0,28)	-	29,4 (0,30)	-	-	2
45000	49,0 (0,50)	-	51,9 (0,53)	-	-	2
55000	75,5 (0,77)	-	84,3 (0,86)	-	-	2
<i>Контрольный режим</i>						
90000	79,5 (2,15)	68,7 (1,56)	-	700	-	6

Продолжение таблицы 2.2.

1	2	3	4	5	6	7
ТКР-1 1Н-1 СМД, ТКР-1 1С-1 СМД						
20000... 25000	-	-	14,7...19,6 (0,15...0,20)			2
35000	-	-	-	400	-	3
40000	-	-	-	500	-	4
45000	-	-	-	600...650	-	4
<i>Контрольный режим</i>						
45000	53...57 (0,54...0,58)	51...55 (0,52...0,56)	64...69 (0,65...0,70)	600...650	60	5
ТКР-11Н-2 СМД, ТКР-11С-10 СМД						
20000... 25000	-	-	14,7...19,6 (0,15...0,20)	-	-	2
35000	-	-	-	500	-	3
40000	-	-	-	550		4
<i>Контрольный режим</i>						
40000	43...47 (0,44...0,48)	41...45 (0,42...0,46)	48...52 (0,49...0,53)	600	60	5
ТКР-11Н-3 СМД						
30000	-	-	-	400	-	2
38000	-	-	-	515	-	3
42000	-	-	-	615	-	4
44500	-	-	-	655	-	4
<i>Контрольный режим</i>						
44500	45 (0,46)	35,3 (0,36)	-	655	-	5

Технологическая карта на проверку турбокомпрессоров ДВС представлена в приложении.

2.4 Правила охраны труда на участке диагностирования автомобилей

Общее руководство и контроль за охраной труда на участке диагностирования осуществляет руководитель участка. Он также обязан обеспечивать обслуживающему персоналу безопасные условия труда, принимать меры по устранению опасных и вредных факторов на постах диагностирования.

Все работники участка допускаются к выполнению диагностических операции только после прохождения инструктажа по правилам охраны труда

и пожарной безопасности. Для выполнения работ работники должны быть обеспечены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты.

Диагностирование автомобилей следует проводиться на специализированных постах участка, которые оснащены соответствующим диагностическим оборудованием, инструментами и приспособлениями. На рабочих постах должно быть обеспечены санитарно-гигиенические условия. Значения параметров, характеризующих микроклимат внутри помещения участка, должны соответствовать следующим санитарным нормам:

- температура в рабочей зоне: в теплый период года - 22-25 °С, в холодный период года - 20-23 °С;
- относительная влажность воздуха в рабочих зонах - 60-40%;
- скорость движения воздуха - не более 0,2 м/с.

Для обеспечения указанных параметров помещение участка диагностирования должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и отоплением. При этом следует своевременно проводить обслуживание систем вентиляции и отопления []. Рабочие посты, где производится запуск двигателя, должны быть оборудованы системами местного отсоса для удаления отработавших газов.

На рабочих постах необходимо обеспечить освещенность на уровне пола не менее 200 лк, в осмотровой канаве на уровне низа автомобиля – не менее 150 лк. При этом для освещения следует применять преимущественно газоразрядные источники света.

Контрольно-проверочные работы следует проводить только на технически исправных стендах с применением исправных инструментов и приспособлений. Пульт управления стационарными стендами следует располагать таким образом, чтобы обеспечить удобство использования и исключить возможность доступа посторонних лиц или самопроизвольного включения.

Постановка автомобиля на рабочий пост осуществляется под руководством руководителя участка. Перед выполнением работ следует

принять меры к исключению самопроизвольного движения автомобиля, т.е. рычаг переключения передач поставить в нейтральное положение, включить стояночную тормозную систему автомобиля, под колеса поставить противооткатные башмаки.

Во время проведения диагностических работ на тормозном стенде необходимо убедиться в отсутствии посторонних лиц. Запрещается допускать к управлению работой стенда лиц, не имеющих допуска для этого. После окончания работ следует выключить питание стенда, убрать инструменты и приспособления, произвести осмотр рабочего места и стенда. В случае обнаружения недостатков и неисправностей оборудования сообщить руководителю участка.

2.5 Пожарная безопасность на участке диагностирования автомобилей

На участке диагностирования автомобилей с целью обеспечения пожарной безопасности должны быть установлены на видных местах со свободным доступом средства огнетушения и пожарный инвентарь, которые следует содержать в исправном состоянии. Огнетушители следует располагать на видных местах с возможностью легкого их снятия. При этом максимальное расстояние от уровня пола до днища огнетушителя должен быть не более 1,5 м.

Все работники участка диагностирования автомобилей должны проходить обучение по правилам пожарной безопасности и выполнять их:

- курение только в местах, специально подготовленных для этого;
- запрещается пользоваться открытым огнем;
- запрещается пользоваться бензином для мойки деталей;
- содержать в чистоте помещение и рабочие посты;
- следить за состоянием электропроводки и электроинструментов;
- запрещается оставлять включенным электрооборудование;

- | - запрещается загромождать эвакуационные выходы мусором, оборудованием и т.д., а также закрывать на замок;
- запрещается использовать электроосветительные приборы без плафонов;
- запрещается проводить огнеопасные работы в помещениях с людьми.

2.6 Применение производственной физической культуры при выполнении работ на участке диагностирования автомобилей

Производственная физическая культура предполагает выполнение ряда физических упражнений, которые направлены на поддержание работоспособности работника и снижение его утомляемости. Так как наибольшая утомляемость человека наступает при выполнении монотонных операций, работе в неудобных позах, при повышенных температурах и т.д.

В связи с этим, в рабочее время рекомендуется проводить производственную гимнастику. Производственная гимнастика включает в себя ряд упражнений, которые подбираются с учетом характера выполняемой работы: рабочая поза, характер движений и т.п. Такие упражнения рекомендуется проводить 2 раза в течении смены через каждые 2...2,5 ч работы. Упражнения можно выполнять прямо на рабочих местах при благоприятных санитарно-гигиенических условиях.

2.7 Охрана окружающей среды на участке диагностирования автомобилей

Эксплуатация автотранспорта оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду. При выполнении работ по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию неизбежно появление вредных для окружающей среды факторов. В связи этим при

организации диагностирования автомобилей следует соблюдать следующие требования:

- 1) работы по диагностированию автомобилей только в специализированных участках;
- 2) осуществлять контроль расходования и применения топливо-смазочных и других материалов для проведения диагностических работ;
- 3) организовать сбор, хранение и утилизацию отработанных топливо-смазочных материалов и других рабочих жидкостей;
- 4) осуществлять наружную мойку и очистку автомобилей только в специально оборудованных на моечных площадках. При этом следует применять систему очистки сточных вод с возможностью их повторного использования.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Обоснование темы конструкторской части

Турбокомпрессоры применяются в современных двигателях с целью повышения мощности путем нагнетания воздуха в цилиндры двигателя. При этом снижается расход топлива, уровень шума двигателя и уровень выбросов вредных веществ. При этом на элементы турбокомпрессора, особенно на турбинное колесо, воздействуют высокая температура отработавших газов, которая может достигать до 900...1050 °С и динамические нагрузки, вызванные большой частотой вращения вала ротора турбокомпрессора (до 250000 мин⁻¹) [1]. Чтобы выдерживать такие нагрузки элементы турбокомпрессора изготавливаются из жаростойких и прочных материалов, обрабатываются с большой точности и подвергаются тщательной балансировки. Однако, условия эксплуатации, режим работы двигателя и другие факторы способствуют снижению эффективности работы турбокомпрессора. В связи с этим, необходимо своевременно проводить техническое обслуживание, а при появлении признаков неисправностей проводить диагностирование и проверку технического состояния турбокомпрессора.

Проверку технического качества турбокомпрессоров проводят на специальных стендах. Существующие стенды позволяют проверить параметры, определяющие эффективность работы турбокомпрессоров, а также произвести их обкатку после ремонта путем создания условий, имитирующих работу турбокомпрессора на двигателе.

В данной работе разрабатывается стенд для проверки турбокомпрессоров.

3.2 Назначение и описание стенда для проверки турбокомпрессоров

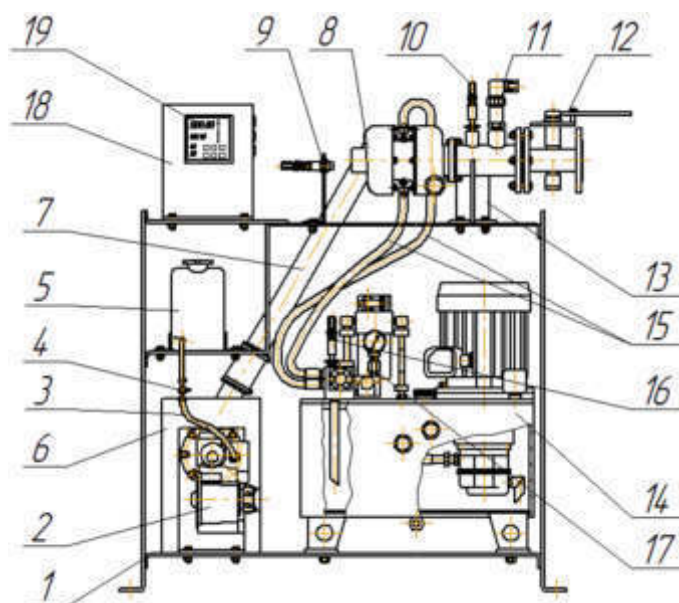
Стенд предназначен для проверки турбокомпрессоров автотракторных двигателей при техническом обслуживании, а также для их обкатки после ремонта с целью проверки параметров их технического состояния в соответствии с ГОСТ Р 53637-2009 «Турбокомпрессоры автотракторные. Общие технические требования и методы испытаний» [].

В таблице 3.1 приведены основные технические характеристики разрабатываемого стенда.

Таблица 3.1 – Технические характеристики стенда для проверки турбокомпрессоров ДВС

Показатели	Значение
Тип стенда	стационарная
Потребляемая мощность, кВт	1,5
Расход топлива, г/мин	20...200
Ёмкость масляного бака, л	25
Давление в гидравлической системе стенда, МПа	6,3
Ёмкость топливного бака, л	5,2
Климатическое исполнение	УХЛЗ

Стенд для проверки турбокомпрессоров имеет раму 1, на которую смонтированы камера сгорания 2 с пламягасителем 6, топливный бак 5, гидростанция 14, а также трубопроводы, датчики 9, 10, 11, 16, контроллер 18 и дроссельную заслонку 12 (рисунок 3.1).



- 1 – рама; 2 – камера сгорания; 3 – топливопровод; 4 – кран; 5 – топливный бак;
 6 – пламягаситель; 7 – трубопровод; 8 – проверяемый турбокомпрессор;
 9 – датчик оборотов; 10, 16 – датчик температуры; 11 – датчик давления; 12 – дроссельная заслонка; 13 – кронштейн; 14 – гидростанция; 15 – шланги; 16 – нагрузочный клапан;
 17 – манометр; 18 – контроллер; 19 – экран.

Рисунок 3.1 – Устройство стенда для проверки турбокомпрессоров

Принцип работы стенда. Для вращения турбинного колеса проверяемого турбокомпрессора используется энергия потока газа, который образуется при сгорании топлива в камере 2. В камеру сгорания 2 топливо поступает из топливного бака 5 по топливопроводу 3 через кран 4. Для заправки топливом бак необходимо снять с рамы. Газы, образованные в камере сгорания, поступают сначала в пламягаситель 6, а потом по трубопроводу 7 в корпус турбинного колеса турбокомпрессора.

Для смазывания подшипников вала ротора турбокомпрессора во время проверки на раме установлена гидростанция 14. Масло к подшипникам поступает из масляного бака через масляной насос, который приводится от электродвигателя. Для контроля давления масла установлен манометр 17.

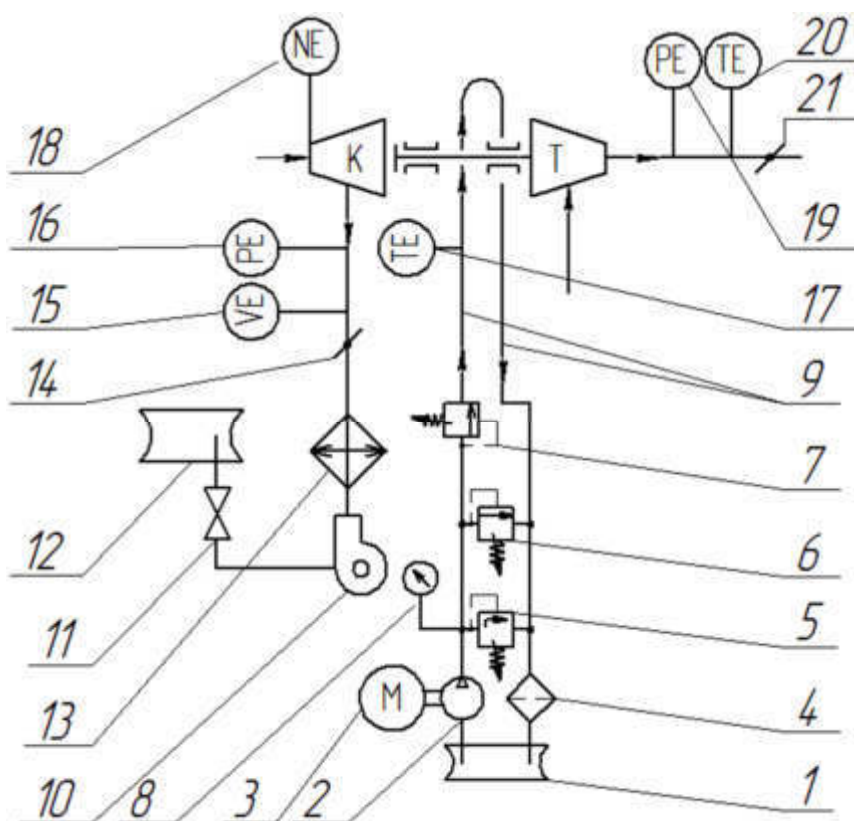
До подачи масла к подшипникам вала ротора турбокомпрессора температуру масла следует довести до рабочей температуры. Для этого с помощью нагрузочного клапана 16 гидростанции масла направляют минуя подшипники, т.е. по малому кругу.

Значения параметров эффективности работы турбокомпрессора определяются датчиками, сигналы с которых поступают контроллеру 18 и выводятся на экран 19.

На рисунке 3.2 представлена принципиальная схема работы стенда. Перед началом процесса проверки необходимо заполнить топливный бак, кран 11 при этом должен быть закрыт. Далее нагрузочный клапан 7 регулируют на давление 3 МПа, подается питание на электродвигатель 3 привода масляного насоса 2. Масло из бака 1 начинает поступать в подающую магистраль 9, затем происходит обратный слив масла в бак. Таким образом происходит прогрев масла. После достижения рабочей температуры масла, клапан 7 полностью открывают, а с помощью клапана 6 устанавливают рабочее давление масла, которое контролируют по манометру 8. Масло начинает поступать к подшипникам вала ротора турбокомпрессора, далее сливается обратно в масляной бак, проходя через фильтр 4.

Далее открывают кран 11, топлива из бака 12 поступает в камеру сгорания 10, где происходит его горение. Образованные газы направляются к пламягосителю 13, далее через заслонку 14 в корпус турбинного колеса турбокомпрессора, которое начинает вращаться. Расход топлива регулируется с помощью крана 11, а скорость потока газов регулировкой частоты вращения вентилятора, который установлен на выходе камеры сгорания.

Датчик оборотов 18 (рисунок 3.2) работает по принципу отражения и считает обороты как количество отражений луча излучаемого датчиком. Перед началом работы стенда на линзу датчика необходимо нанести небольшой слой технического вазелина для предотвращения закоксовывания линзы датчика, а одну из лопаток рабочего колеса турбины турбокомпрессора нанести полосу светоотражающего маркера.



- 1 – масляной бак; 2 – масляной насос; 3 – электродвигатель; 4 – фильтр;
 5 – предохранительный клапан; 6 – регулируемый клапан; 7 – нагрузочный клапан;
 8 – манометр; 9 – маслопроводы; 10 – камера сгорания; 11 – топливный кран;
 12 – топливный бак; 13 – пламягаситель; 14 – заслонка; 15 – вакуумметр;
 16, 19 – датчики давления; 17, 20 – датчики температуры; 18 – датчик оборотов;
 21 – заслонка

Рисунок 3.2 – Принципиальная схема работы стенда для проверки турбокомпрессора

3.3 Конструктивные расчёты стенда для проверки турбокомпрессора

3.3.1 Выбор типа электрозащиты стенда

Для выбора типа электрозащиты определим потребляемую силу тока стенда:

- ток потребления гидростанции, $I_{\text{гс}} = 3,4 \text{ А}$;
- ток потребления опроса модулем ввода датчиков давления температуры, вакуума $I_{\text{д}} = 0,15 \text{ А}$;
- ток потребления измерителя ТРМ, $I_{\text{трм}} = 0,05 \text{ А}$;
- ток потребления насоса и вентилятора горелки, $I_{\text{т}} = 1,36 \text{ А}$.

Суммарная потребляемая сила тока стенда определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{сумм}} = 1,1 \cdot (I_{\text{гс}} + I_{\text{д}} + I_{\text{трм}} + I_{\text{т}}). \quad (3.1)$$

$$I_{\text{сумм}} = 1,1 \cdot (3,4 + 0,15 + 0,05 + 1,36) = 5,46 \text{ А}.$$

Для разрабатываемого стенда выбираем вводной автомат номиналом 6 А категории безопасности С (В6).

Мощность тока, потребляемая стендом определяется по следующей формуле:

$$P = I_{\text{сумм}} \cdot U, \quad (3.2)$$

где U - напряжение сети, В.

$$P = 5,46 \cdot 220 = 1201 \text{ Вт}.$$

Расчётная потребная мощность стенда является незначительной.

3.3.2 Расчёт прокладки дросселя

Расчёт прокладки дросселя производится согласно РД 26-15-88 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений».

Выбираем исходные данные для расчета:

- ширина прокладки, $b_n = 10$ мм;
- средний диаметр прокладки, $D_{cn} = 70$ мм;
- толщина прокладки, $h_n = 1$ мм;
- давление в сети, $P = 0,1$ МПа.

В таблице 3.2 приведены нормативные параметры прокладки дросселя.

Таблица 3.2 – Нормативные параметры прокладки дросселя

Тип и материал прокладки	Коэффициент m	Удельное давление обжатия прокладки $q_{обж}$, МПа	Допускаемое удельное давление $[q]$, МПа	Коэффициент обжатия, K	Условный модуль сжатия $E_n \times 10^{-5}$, МПа
Плоская из: резины по ГОСТ 7338 с твердостью по ШОРО А до 65 единиц	0,5	2,0	18,0	0,04	$0,3 \times 10^4 \cdot \left(1 + \frac{b}{2A_n}\right)$

Податливость прокладки определяется по следующей формуле [9]:

$$\gamma_n = \frac{h_n \cdot K}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_n} \quad (3.3)$$

$$\gamma_n = \frac{1 \cdot 0,04}{2 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 70 \cdot 10} = 0,00000051 \text{ мм/Н.}$$

Реакция прокладки в рабочих условиях определяется по формуле:

$$R_n = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_o \cdot m \cdot P. \quad (3.4)$$

$$R_n = 3,14 \cdot 70 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 197 \text{ Н.}$$

Условие прочности прокладок:

$$q = \frac{P}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_n} \leq [q]. \quad (3.5)$$

$$q = \frac{0,1}{3,14 \cdot 70 \cdot 10} = 0,000045 \text{ Н.}$$

Условие прочности выполняется $0,000045 \text{ Н} < 5 \text{ Н}$. Прокладку можно изготавливать из более мягких сортов резины.

3.3.3 Расчёт болтового соединения крепления турбокомпрессора

Для проведения проверки и испытания турбокомпрессор устанавливается на стенд с помощью 4х болтов. На болты действует постоянная нагрузка силой $F = 1,3 \text{ кН}$.

Материал болтов - сталь класса точности 3,6. Предел текучести материала болта $\sigma_T = 200 \text{ Н/мм}^2$.

Задаемся коэффициентом запаса прочности болтового соединения. В нашем случае, для болтового соединения с неконтролируемой затяжкой принимаем коэффициент запаса прочности $[S_T] = 5$ [9].

Допускаемое напряжение растяжения болта определяется по следующей формуле [9]:

$$[\sigma]_p = \sigma_T / [S_T], \quad (3.6)$$

где σ_T – предел текучести, Н/мм^2 ;

$[S_T]$ – коэффициент запаса прочности.

$$[\sigma]_p = 200 / 5 = 40 \text{ Н/мм}^2.$$

Необходимая сила затяжки болта определяется по формуле:

$$F_0 = \frac{F \cdot K}{f \cdot i \cdot z}, \quad (3.7)$$

где K – коэффициент запаса по сдвигу деталей (принимается $K=1,6$ [9]);

F – внешняя сила, кН;

f – коэффициент трения (принимается $f=0,16$ [9]);

i – число стыков;

z – число болтов.

$$F_0 = \frac{1,3 \cdot 1,6}{0,16 \cdot 1 \cdot 4} = 3,25 \text{ кН.}$$

Расчетное усилие затяжки болтов определяется по следующей формуле [9]:

$$F_{расч.} = 1,3 \cdot F = 1,3 \cdot 3,25 = 4,23 \text{ кН.}$$

Расчетный диаметр резьбы определяется по формуле [9]:

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{расч}}{\pi \cdot [\sigma]_p}}, \quad (3.8)$$

где $F_{расч}$ – расчетное усилие затяжки болта, кН;

$[\sigma]_p$ – допускаемое напряжение растяжения, Н/мм².

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4,23 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} = 11,6 \text{ мм.}$$

Для закрепления турбокомпрессора на стенде выбираем болт М12 с шагом $p = 1,25$ мм [3].

3.4 Требования безопасности при эксплуатации стенда

3.4.1 Общие требования безопасности

1. К работе на стенде для проверки турбокомпрессора допускаются лица, прошедшие инструктаж и обучение по техники безопасности, пожарной безопасности и правилам эксплуатации стенда.

2. Работник, производящий работы на стенде должен надеть спецодежду и обувь: костюм х/б ГОСТ 27575-87, ботинки кожаные ГОСТ Р 12.4.187-97 и рукавицы комбинированные ГОСТ 12.4.010-75.

3. В рабочей зоне вокруг стенда не должно быть посторонних предметов.

5. При выполнении работ на стенде на работника воздействуют следующие факторы:

опасные производственные факторы:

- наличие острых кромок, заусенцев, шероховатости на поверхностях стенда, инструментов, приспособлений;

- наличие пролитого на пол масла;

- электрический ток;

- падение не зафиксированных элементов;

вредные производственные факторы:

- попадание масло и топлива на кожу;

- продолжительная работа в одной позе;

- недостаточная освещенность рабочей зоны;

- повышенная или пониженная температура, влажность, скорость воздуха.

6. При выполнении работ на стенде следует включить приточно-вытяжную вентиляцию.

7. В случае возникновения ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, работник должен немедленно сообщить об этом руководителю участка диагностирования.

8. Работник должен соблюдать правила личной гигиены: перед едой мыть руки с мылом, не принимать пищу на рабочем месте, ходить в исправной рабочей одежде.

3.4.2 Требования безопасности перед началом работы

1. Надеть спецодежду и обувь.
2. Подготовить рабочее место: убрать посторонние предметы, подготовить инструменты.
3. Произвести наружный осмотр стенда и убедиться в его исправности
4. Произвести проверку исправности применяемых инструментов, приспособлений.
5. В случае обнаружения недостатков на рабочем месте и неисправностей стенда и инструментов работник должен сообщить руководителю участка диагностирования.

3.4.3 Требования безопасности во время работы

1. Работы по проверки эффективности турбокомпрессора следует производить в соответствии с инструкцией по эксплуатации стенда.
2. При установки и снятии проверяемого турбокомпрессора электродвигатель привода масляного насоса должен быть выключен, кран подачи топлива в камеру сгорания – в закрытом положении.

3. Электропитание стенда следует отключать при:

- выполнении частичной разборки проверяемого турбокомпрессора с целью установления дефекта;
- кратковременных перерывах в работе стенда;
- перерывах подачи электроэнергии;
- обслуживании стенда;
- обнаружении каких-либо неисправностей в работе стенда.

4. Во время выполнения работ на стенде запрещается нахождение посторонних лиц в рабочей зоне.

5. Запрещается допускать к его выполнению работ на стенде посторонних лиц.

6. При возникновении неисправностей при выполнении работ на стенде следует немедленно сообщить об этом руководителю участка.

3.4.4 Требования безопасности по окончании работы

1. По окончании процесса проверки турбокомпрессора следует выключить питание электродвигателя привода масляного насоса, закрыть кран подачи топлива в камеру сгорания, выключить рубильник и снять проверяемый турбокомпрессор.

2. Все инструменты и приспособления следует убрать в шкаф для хранения.

3. Убрать рабочее место.

4. Имеющиеся отходы убрать в специально подготовленные ящики.

5. Доложить руководителю участка обо всех замеченных неисправностях стенда в процессе работы.

6. Тщательно вымыть руки и лицо теплой водой с мылом или принять душ.

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СТЕНДА

4.1 Расчёт массы и стоимости стенда

Масса стенда определяется по следующей формуле:

$$G = (G_{\kappa} + G_{\Gamma}) \cdot K \quad (4.1)$$

где G_{κ} – масса сконструированных элементов стенда, кг;

G_{Γ} – масса покупных элементов стенда, кг;

K – коэффициент, который учитывает массу материалов, применяемых при изготовлении стенда (принимается $K=1,05 \dots 1,15$).

Расчет массы сконструированных элементов стенда представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Расчёт массы сконструированных элементов стенда

№ пп	Наименование деталей.	Объём деталей, см ³ .	Удельный вес, кг/дм ³	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Рама	10,20	0,78	8	1	8
2	Кронштейн	2,55	0,78	2	1	2
3	Труба	3,19	0,78	2,5	1	2,5
4	Бак	1,28	0,78	1	1	1
5	Пламягаситель	4,46	0,78	3,5	1	3,5
6	Контроллер	3,19	0,78	2,5	1	2,5
7	Дожигатель	1,91	0,78	1,5	1	1,5
8	Уголок	0,19	0,78	0,15	2	0,3
9	Кронштейн	4,34	0,78	3,4	1	3,4
10	Штуцер	0,13	0,78	0,1	2	0,2
11	Прокладки	0,03	0,78	0,02	6	0,12
Итого:						25,02

Расчет массы покупных элементов стенда представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Расчет массы покупных элементов стенда

№ пп	Наименование деталей	Количество	Масса, кг		Цены, руб	
			Одной	Всего	Одной	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1	Болт компл.	48	0,045	2,16	50	2400
2	Гидростанция	1	18	18	60000	60000
3	Камера сгорания	1	3,5	3,5	25000	25000
4	Датчики	6	1	6	1000	6000
5	Дроссель	2	2,2	4,4	2500	5000
6	Муфты	2	0,1	0,2	800	1600
7	Шланги, трубопроводы	4	0,1	0,4	600	2400
8	Разъёмы	12	0,05	0,6	50	600
9	Приборы	2	1	2	6000	12000
Итого:			37,26		115000	

Подставим полученные данные из таблиц 4.1 и 4.2 в формулу (4.1):

$$G = (25,02 + 37,26) \cdot 1,15 = 71,62 \text{ кг}$$

Стоимость разрабатываемого стенда по расчетно-конструктивному способу по следующей формуле:

$$C_{\bar{o}} = [G_k \cdot (C_3 \cdot E + C_m) + C_{\text{пд}}] \cdot K_{\text{нац}} \quad (4.2)$$

где C_3 – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы стенда, руб.
(принимая $C_3=0,02\dots 0,15$);

E – коэффициент изменения стоимости изготовления стенда в зависимости от объема выпуска (так как стенд является штучным производством, то принимаем $E=1,5$);

C_m – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг.
($C_m=0,68\dots 0,95$);

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

$K_{\text{нац}}$ – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ($K_{\text{нац}} = 1,15\dots 1,4$).

$$C_{\bar{o}} = (25,02 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,85) + 115000) \cdot 1,20 = 140000 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению вопросов организации диагностирования автомобилей, в частности, турбокомпрессоров автотракторных двигателей. В связи с этим в работе рассмотрены вопросы проектирования участка диагностирования с обоснованием выбора необходимого технологического оборудования, площади участка, а также разработки технологии проверки эффективности работы турбокомпрессоров.

В данной работе произведена разработка стенда для проверки турбокомпрессоров, который позволяет не только параметры технического состояния и эффективности их работы, но и производить обкатку турбокомпрессоров после ремонта. При этом процесс проверки и обкатки происходит с созданием условий, имитирующих работу турбокомпрессоров в реальных условиях. В приведен технико-экономическое обоснование разработки и внедрения стенда в производство. Так, в результате внедрения разработанного стенда, годовая экономия составит более 25000 руб., а срок окупаемости капитальных вложений 5,5 года.

Предлагаемая планировка участка диагностирования автомобилей соответствует всем требованиям, предъявляемым к помещениям для выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию автотранспортной техники. Участок состоит из двух рабочих постов, которые оснащены необходимыми диагностическими средствами, инструментами и приспособлениями.

В данной работе также рассмотрены вопросы охраны труда, пожарной безопасности и обеспечения экологической безопасности выполнения работ на участке диагностирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев О.А. Обоснование средств диагностирования турбокомпрессоров мобильных энергетических средств: автореф. дис. канд. техн. наук/О.А. Алексеев. – Оренбург: Оренбургский ГУ, 2007.–16 с.
2. Ананьин А.Д., Михлин В.М., Габитов И.И. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш. учеб. заведений Текст.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. 432 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя в 3-х томах. Издание 8.- Москва: Машиностроение, 1980. -Т.1-920 с.; Т.2- 912 с.; Т.3- 864 с.
4. Булгариев Г.Г., Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ (для студентов ИМ и ТС). – Казань, 2012. – 64 с.
5. Бураев, М. К. Технологическое проектирование предприятия технического сервиса : учебное пособие / М. К. Бураев, А. И. Аносова. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2018. — 124 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143181>
6. ГОСТ Р 53637-2009. Турбокомпрессоры автотракторные. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2010.
7. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения Текст. Взамен ГОСТ 20911-75; введ. 1991-01-01. -М.: Изд-во стандартов, 1990.
8. ГОСТ 25044-81. Техническая диагностика. Диагностирование автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1983.

9. Гринцевич, В. И. Технологические процессы диагностирования и технического обслуживания автомобилей [Электронный ресурс] : лаб. практикум / В. И. Гринцевич, С. В. Мальчиков, Г. Г. Козлов. - Красноярск, 2012. - 204 с.
10. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. — 13-е изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 564 с. — ISBN 978-5-7038-4688-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106297>.
11. Детали машин: Учебник/Куклин Н. Г., Куклина Г. С., Житков В. К., 9-е изд., перераб. и доп - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.
12. Дипломное проектирование автотранспортных предприятий: Учебное пособие / Туревский И. С. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 240 с.
13. Зотов В.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 311300, 311500, 311900 / В.И. Курдюмов. – 2-издание, переработанное и дополненное. - М.: Колос, 2003.-432с.
14. Коротченко, И. С. Охрана окружающей среды : учебное пособие / И. С. Коротченко, Е. Н. Еськова. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 502 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90757>.
15. Мишин М.М. Проектирование предприятий технического сервиса.: Учебное пособие./М.М. Мишин, П.Н. Кузнецов – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2008. – 213 с.
16. Мудров А.Г. Текстовые документы. Учебно-справочное пособие.- Казань: РИЦ Школа, 2004.- 144 с.
17. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей: учеб. пос. / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов, А.А. Макушин. – М.: Инфра-Инженерия, 2013. – 448 с.

18. Салахов И.М. Обоснование последовательности диагностирования узлов и агрегатов машин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы / Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2016.
19. Стенд для испытания турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания: пат. 2199727 Рос. Федерация: МПК G01M15/00 / Носырев Д.Я., Росляков А.Д., Щербицкая Т.В.; патентообладатель Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта; № 2001111449/06; заявл. 25.04.2001; опубл. 27.02.2003.
20. Стенд для испытания турбокомпрессора наддува двигателей внутреннего сгорания: пат. 1179128 Рос. Федерация: МПК G01M15/00 / Богодяж Иван Петрович; патентообладатель Челябинский филиал государственного союзного ордена трудового красного знамени научно-исследовательского тракторного института; № 3689074,; заявл. 09.01.1984; опубл. 15.09.1985.
21. Сырбаков А.П. Диагностика и техническое обслуживание: учебное пособие / А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 220 с.
22. Тищенко Н.Т. Технологические процессы технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей [Текст]: учебное пособие / Н.Т. Тищенко, Ю.А. Власов, Е.О. Тищенко. –Томск: Изд-во Том. гос. ар-хит.-строит. ун-та, 2010. – 159 с.
23. Юренков В.Н. Основные принципы и результаты исследований компрессоров и турбин агрегатов наддува дизелей на безмоторном стенде // Ползуновский вестник. 2003. № 1-2. С. 70-77.