

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОЦИЛИНДРОВОГО  
ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов направлений 23.03.03, 23.03.02  
и специальности 23.05.01

Курган 2017

Кафедра: «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплины: «Силовые агрегаты» (направление 23.03.03);  
«Основы теории и динамики автомобильных и тракторных двигателей» (направление 23.03.02 и специальность 23.05.01).

Составил: канд. техн. наук, доцент В.Н. Шабуров

Утверждены на заседании кафедры от « 29 » ноября 2016 г.

Рекомендованы методическим советом университета

« 17 » 12 2015 г.

# 1 ОБЩАЯ МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы по двигателям внутреннего сгорания проводятся с целью практического освоения студентами методики испытания автомобильных двигателей и закрепления знаний, полученных в лекционных курсах.

Учебно-методическое руководство студентами осуществляет преподаватель, в помощь которому на всё время проведения занятий прикрепляется учебный мастер кафедры. Перед началом занятий преподаватель проводит инструктаж по технике безопасности при выполнении лабораторной работы.

В начале каждого занятия студенты знакомятся с теоретическими вопросами и методическими указаниями по проведению работы. Преподаватель проверяет правильность усвоения студентами теории и методики, контролирует качество выполнения работы студентами, даёт указания по устранению допущенных ими ошибок.

Каждый студент знакомится с устройством установок и измерительных приборов, практически осваивает приёмы их пользования.

Испытания двигателей производятся в соответствии с ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний». Замеры параметров во время испытаний производятся после вывода двигателя на соответствующий установившийся режим.

Обработка материалов испытаний, расчёты и построение графиков производятся студентами индивидуально. При оформлении отчётов о выполнении лабораторных работ студенты должны уделять особое внимание аккуратности и правильности расчётов, записей и построения графиков. Опытные точки, полученные непосредственными замерами, изображаются на графиках в виде маленьких окружностей диаметром 1-2 мм. Полученные точки соединяются так, чтобы на кривой уложилось наибольшее количество точек. Не следует соединять точки прямыми, так как в этом случае получается ломаная линия, искажающая изображение характера протекания действительного процесса. При построении кривых необходимо внимательно подходить к выбору масштаба, пользуясь основным правилом – простота понимания характеристики и полное использование площади формата. Оформление отчёта по лабораторной работе производится непосредственно на занятии. Оформленный отчёт по лабораторной работе предъявляется на проверку преподавателю.

## 2 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

При испытании двигателей должна быть обеспечена полная безопасность и безвредность условий для работы студентов, преподавателей и учебных мастеров. На каждом занятии студенты инструктируются преподавателем по технике безопасности. Проведение инструктажа регистрируется в специальном журнале.

В лаборатории вывешиваются правила по технике безопасности при работе на испытательных стендах.

Всем студентам, преподавателям и учебным мастерам при испытании двигателей необходимо выполнять следующие правила техники безопасности:

1 Эксплуатация стенда должна производиться в соответствии с требованиями пожарной безопасности и требованиями ГОСТ 12.2.003-74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

2 К обслуживанию стенда допускается персонал после ознакомления с руководством по эксплуатации стенда.

3 Запрещается производить ремонтные работы при подключенном к электросети стенде или запущенном двигателе.

4 Осуществлять заправку топливного бачка разрешается только в хорошо проветриваемом помещении вдали от огня или горячих предметов.

5 Запрещается запускать двигатель и проводить лабораторные работы в помещении, не предназначенном для испытаний двигателей (оборудование для отвода отработавших газов, система вентиляции и пожаротушения, средства оказания первой медицинской помощи являются обязательными).

6 Запрещается использовать топлива и смазочные материалы, не предусмотренные руководством по эксплуатации стенда.

7 Запрещается подключать к двигателю дополнительное оборудование, вносить самостоятельные изменения в конструкцию двигателя и (или) его нагрузочного устройства.

8 Запрещается эксплуатировать стенд при неисправной электрической проводке.

9 Запрещается проводить любые работы и мероприятия с использованием открытого огня (сварочные работы, курение и т. п.) в непосредственной близости от стенда.

10 При работе двигателя его детали и особенно выхлопная система могут нагреваться до высоких температур. Категорически запрещается прикасаться к деталям выхлопного тракта и самого двигателя при его работе или сразу после остановки.

11 Двигатель внутреннего сгорания является источником повышенного шума. Запрещается длительное время находиться в помещении с работающим двигателем без средств защиты органов слуха.

12 Запрещается подключение стенда к электросети без заземляющего проводника.

13 Запрещается менять настройки электронного блока управления пропорциональным дросселирующим распределителем.

14 К выполнению лабораторных работ допускаются только обучающиеся, ознакомившиеся с данными методическими материалами.

15 Работать только в аккуратной одежде, не имеющей развивающихся частей. Иметь аккуратную причёску.

### 3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА АИС-ДВС-Д-014-10ЛР-01

#### 3.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство стенда, навесного оборудования двигателя, нагрузочного устройства и программы для выполнения последующих лабораторных работ.

#### 3.2 УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Лабораторные работы проводятся с использованием автоматизированной измерительной системы АИС-ДВС-Д-014-10ЛР-01 (рисунок 3.1), которая включает в себя лабораторный стенд 1; весы электронные 2; стойку 3 для установки весов; ПЭВМ 4 (ноутбук); стойку 5 для ПЭВМ и газоанализатора; преобразователь 6 интерфейсов 2xRS-232 - USB; газоанализатор 7.

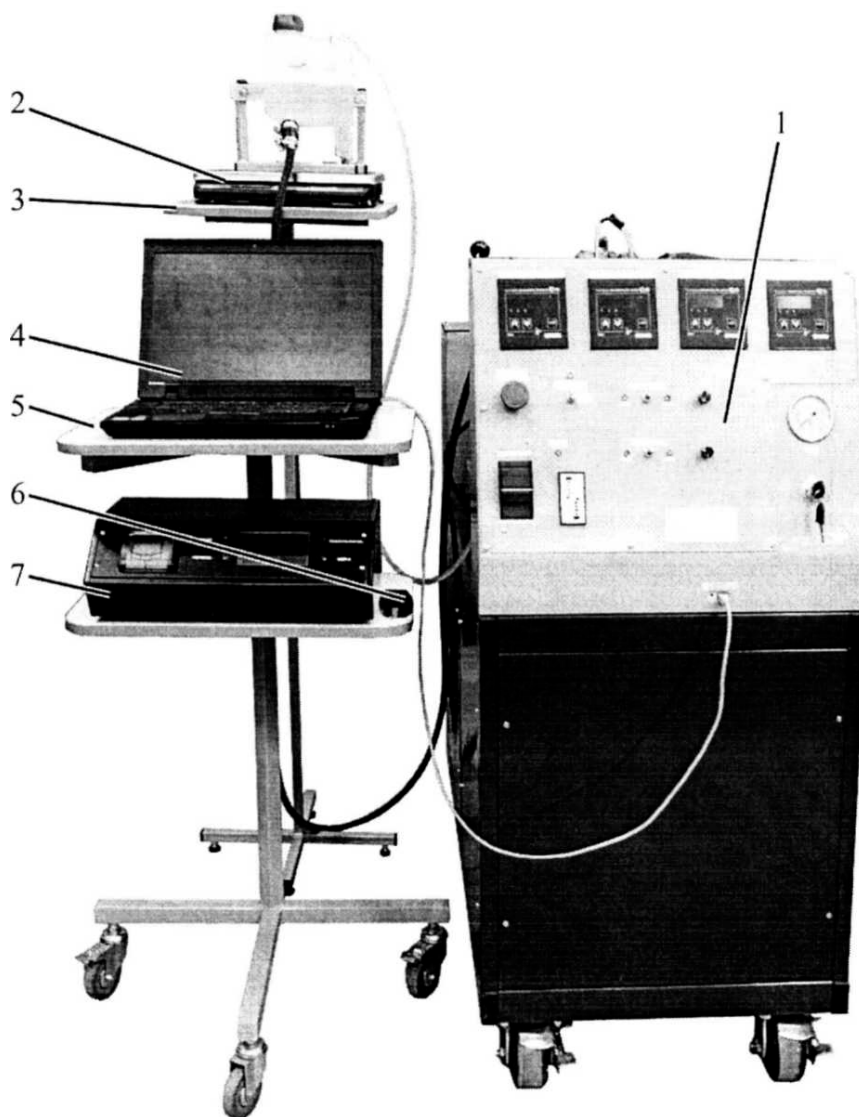


Рисунок 3.1 – Оборудование стенда

Лабораторный стенд (нумерация по рисункам 3.2–3.5) состоит из:

- колеса 1 с возможностью фиксации для перемещения стенда по ровному твердому полу;
- мобильной рамы 2;
- декоративных крышек 3;
- виброизолирующей опоры 4;
- виброизолирующей плиты 5;
- дизельного двигателя 6 внутреннего сгорания;
- бака 7 для хранения масла гидросистемы нагружения;
- указателя уровня масла 8 в баке 7;
- заливной горловины 9 для заправки бака 7 маслом;
- датчика 10 температуры масла нагрузочного устройства;
- блока 21 управления стендом;
- топливного бака на подставке.

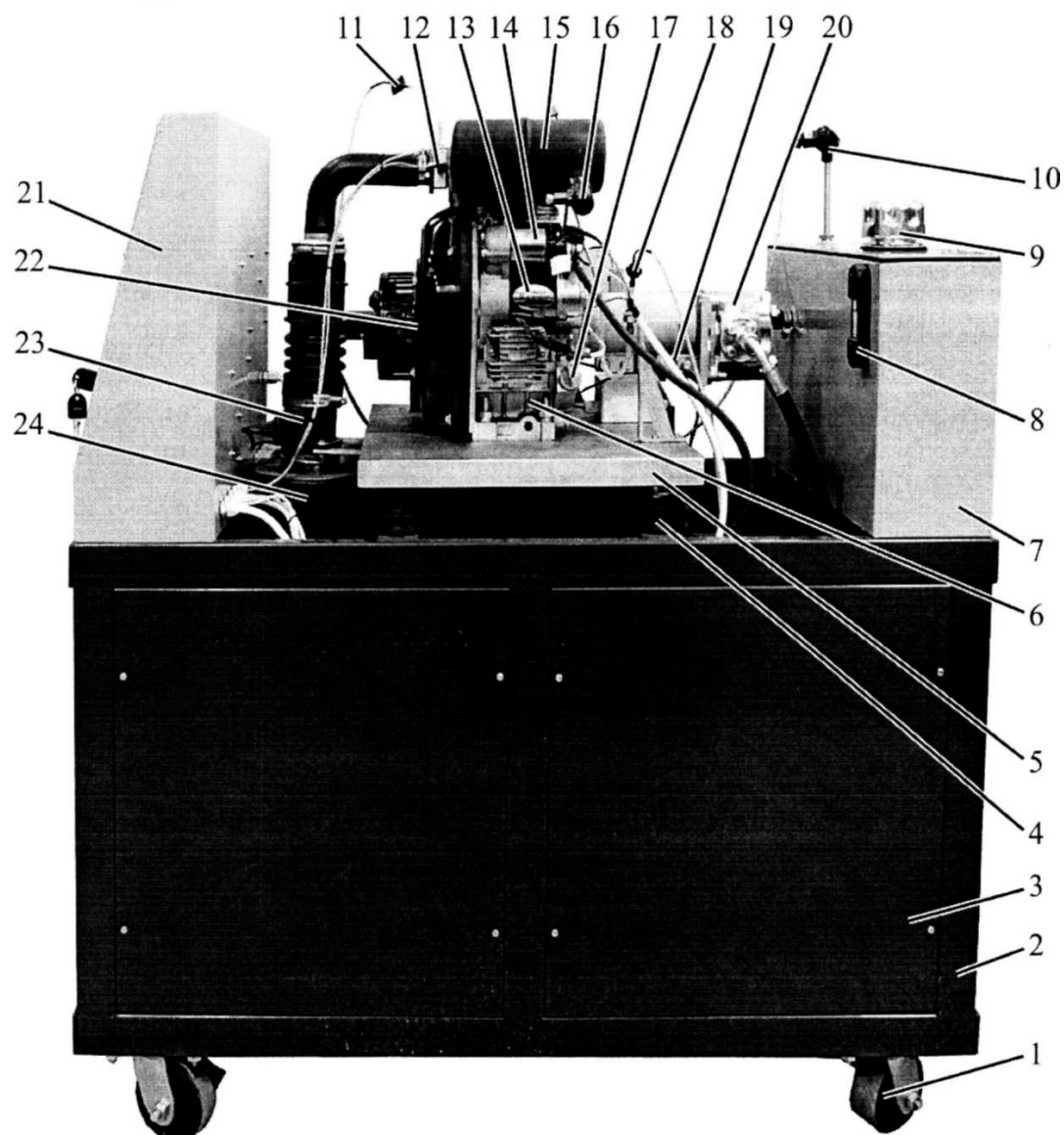


Рисунок 3.2 – Лабораторный стенд

На двигателе 6 и плите 5 (рисунок 3.2, 3.3) установлены и расположены:

- датчик 11 разряжения во впускном трубопроводе;
- датчик 12 температуры свежего заряда;
- электрический стартер 13;
- реле 14 стартера;
- глушитель 15 с резьбовым патрубком 16 (резьба G3/4") для подсоединения к выхлопному переходнику с помощью гофрированного шланга;
- пробка 17 отверстия для заправки двигателя маслом;
- датчик 18 давления отработавших газов в выпускном трубопроводе;
- тензометрический датчик 19 комплекса измерения крутящего момента двигателя;
- гидронасос 20 для нагружения двигателя;
- защитный кожух 22 маховика и ручного устройства запуска;
- датчик 23 массового расхода воздуха во впускной системе;
- воздушный фильтр 24 малого сопротивления;
- датчик 25 температуры отработавших газов;
- рычаг 26 декомпрессора;
- шпильки 27 для установки топливного бачка при транспортировке стенда;

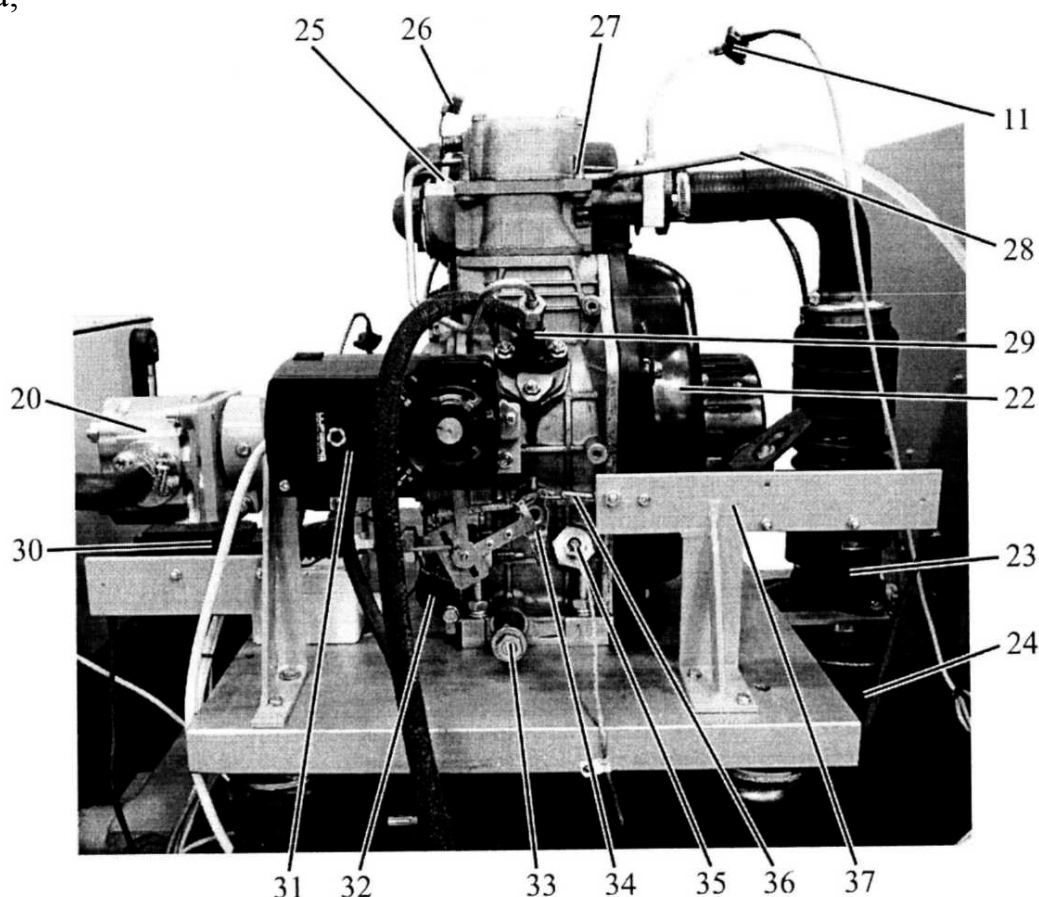


Рисунок 3.3 – Лабораторный стенд. Вид справа (фрагмент)

- трубопровод 28 для слива излишков топлива с форсунки в бак;
- топливный насос 29 высокого давления;
- электропривод 30 системы ограничения максимальных оборотов;
- пропорциональный электропривод 31 рейки топливного насоса;
- крышка 32 масляного фильтра двигателя;
- пробка 33 для слива смазочного масла с двигателя;
- рычажный механизм 34 привода рейки топливного насоса;
- датчик 35 температуры смазочного масла;
- пружина 36 регулировки оборотов холостого хода;
- кронштейн 37 с электроприводом натяжения пружины 36;
- датчик частоты вращения коленчатого вала, установленный на стакане, соединяющем двигатель и насос.

На панели блока 21 (рисунок 3.4) управления стендом установлены:

- электронный блок 38 управления пропорциональным дросселирующим распределителем;
- автоматический выключатель 39;
- светодиод 40, индицирующий загрязнение фильтра системы нагружения;
- кнопка 41 с фиксацией «Аварийный стоп» для отключения электропитания стенда и остановки двигателя;
- тумблер 42 включения питания системы управления; свечение светодиода 43 над тумблером индицирует включение;
- измеритель-регулятор 44 ТРМ1 ОВЕН, индицирующий температуру масла нагрузочного устройства;
- измеритель-регулятор 45 ТРМ1 ОВЕН, индицирующий температуру смазочного масла двигателя;
- тумблер 46 для выбора способа управления приводом дроссельной заслонки; свечение светодиода слева от тумблера соответствует управлению от ПЭВМ; свечение светодиода справа от тумблера соответствует управлению от ручного задания потенциометром 49;
- тумблер 47 для выбора способа управления дросселирующим распределителем; свечение светодиода слева от тумблера соответствует управлению от ПЭВМ; свечение светодиода справа от тумблера соответствует управлению от ручного задания потенциометром 50;
- измеритель-регулятор 48 ТРМ1 ОВЕН, индицирующий температуру свежего заряда;
- потенциометр 49 для ручного задания сигнала на привод дроссельной заслонки: вращение рукоятки по направлению хода часовой стрелки соответствует открыванию заслонки, против направления хода часовой стрелки – закрыванию;
- потенциометр 50 для ручного задания сигнала на дросселирующий распределитель: вращение рукоятки по направлению хода часовой стрелки соответствует уменьшению нагрузки (открыванию распределителя), против направления хода часовой стрелки – увеличению (закрыванию);



- измеритель-регулятор 51 ТРМ1 ОВЕН, индицирующий температуру отработавших газов;
- манометр 52 для визуального контроля давления масла нагрузочного устройства;
- скважина и ключ зажигания 53 для запуска и остановки двигателя в штатном режиме;
- разъем 54 USB для подключения платы АПЦ-ЦАП к ПЭВМ с помощью USB кабеля.

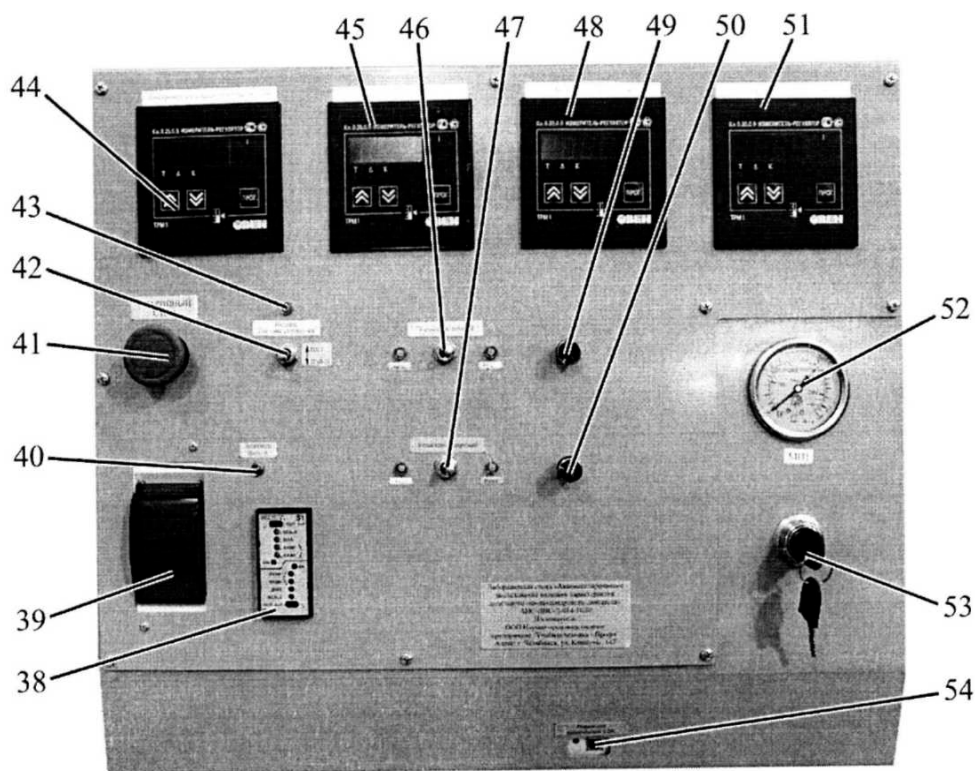


Рисунок 3.4 – Панель управления стендом

За декоративными панелями 3 внутри рамы 2 (рисунок 3.5) установлены:

- воздушно-масляный теплообменник 55 для охлаждения масла нагрузочного устройства;
- фильтр 56 масла нагрузочного устройства;
- датчик 57 давления масла нагрузочного устройства;
- дросселирующий пропорциональный распределитель 58 с электромагнитным управлением;
- предохранительный клапан 59;
- аккумуляторная батарея 61 закрепленная с помощью хомутов

### 3.3 ОБЩИЙ ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ ПРИ РАБОТЕ НА СТЕНДЕ

Работа на стенде заключается в проведении лабораторных работ. В случае выполнения лабораторных работ, требующих запуска двигателя, действия

выполняются в следующей последовательности.

Проверить уровень смазочного масла в двигателе (если двигатель не запускался более 1 месяца после ТО).

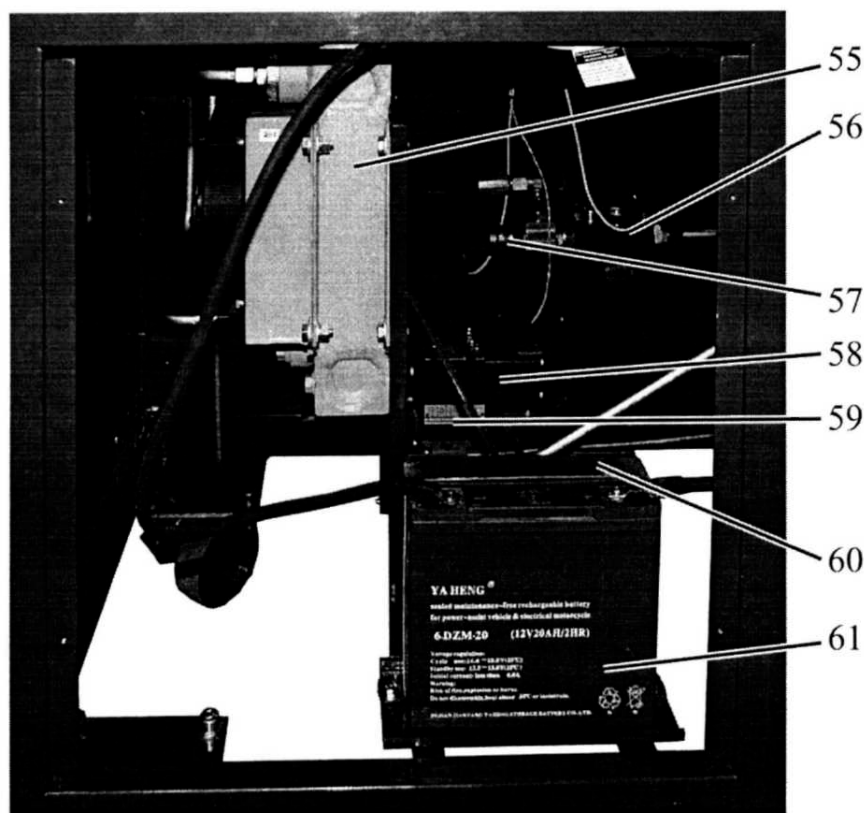


Рисунок 3.5 – Элементы гидросистемы и аккумуляторная батарея

Заправить топливный бак двигателя дизельным топливом.

В случае измерения массового расхода топлива в ходе лабораторной работы, следует:

- снять топливный бак с весов;
- включить электропитание весов;
- дождаться установки весов на «0»;
- установить топливный бак на весы.

Установить топливный бак на стойку с весами.

Включить ПЭВМ, дождаться загрузки операционной системы, запустить программу «АИС-ДВС-Д измерения».

Включить электропитание стенда тумблером «Питание системы управления». Подождать 5-10 минут для выхода электронных компонент на тепловой режим.

Переключить тумблеры выбора способа управления приводом рейки топливного насоса (46 рисунок 4) и выбора способа управления дросселирующим распределителем (47 рисунок 4) в положение «Авто».

С помощью ключа запустить двигатель электростартером.

Подождать 5-10 минут для прогрева смазочного масла двигателя.

Выполнить измерения в соответствии с указаниями по проведению лабораторных работ.

После работы двигателя под нагрузкой установить режим холостого хода двигателя, подождать 2-3 минуты, заглушить двигатель.

Закрыть программу, выключить ПЭВМ.

Выключить весы.

При использовании газоанализатора следует выполнять действия в соответствии с руководством по эксплуатации газоанализатора. Для установки пробозаборника в патрубок на выхлопном переходнике следует скрутить с патрубка резьбовую пробку до запуска двигателя. Устанавливать пробозаборник газоанализатора в штуцер выхлопного переходника разрешается только на время, необходимо для отбора пробы в соответствии с лабораторной работой по измерению токсичности выхлопных газов.

После использования газоанализатора следует навернуть на патрубок для установки пробозаборника резьбовую пробку (предварительно нужно заглушить двигатель и дать патрубку остыть).

### 3.4 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ «АИС-ДВС-Д ИЗМЕРЕНИЯ»

Программа «АИС-ДВС-Д измерения» предназначена для совместной работы с лабораторным стендом «Автоматизированное исследование внешних характеристик бензинового одноцилиндрового двигателя» АИС-ДВС-Д-014-1 ОЛР-01.

При запуске программы на экране появляется окно, показанное на рисунке 3.6.

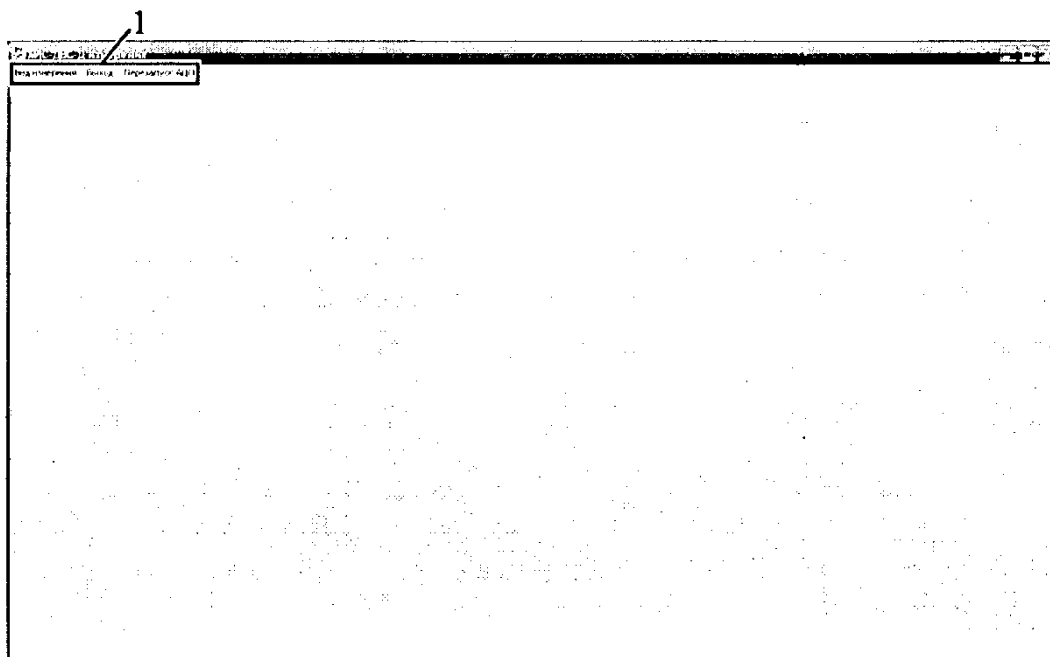


Рисунок 3.6 – Окно программы при запуске

В зоне, обозначенной 1 (рисунок 3.7), расположено основное меню программы, позволяющее выбрать вид измерения, выйти из программы и произвести перезапуск АЦП.

**Пункт меню «Вид измерения»** содержит два подпункта:

- «построение характеристик»;
- «диаграммы впуска и выхлопа».

**Пункт меню «Выход»** позволяет завершить работу с программой, при этом появится запрос на подтверждения выхода из программы. В случае если нужно выйти, следует нажать кнопку «ОК», в противном случае - кнопку «Отмена».

**Пункт меню «Перезапуск АЦП»** позволяет произвести остановку и запуск платы аналого-цифрового преобразования. Перезапуск платы не требуется при штатном режиме работы программы, однако в связи с тем, что работа платы требует постоянного получения данных программой от нее, в случаях, когда операционная система выполняет параллельную задачу (например, при запуске другой программы и т. д.) может происходить рассинхронизация программы и платы. Последствиями такой рассинхронизации является несоответствие данных, получаемых с датчиков программой, и данных, отображаемых индикаторами датчиков на стенде.

### 3.4.1 ПОДПУНКТ МЕНЮ «ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК».

При выборе подпункта «Построение характеристик» на экране появится окно, показанное на рисунке 3.7.

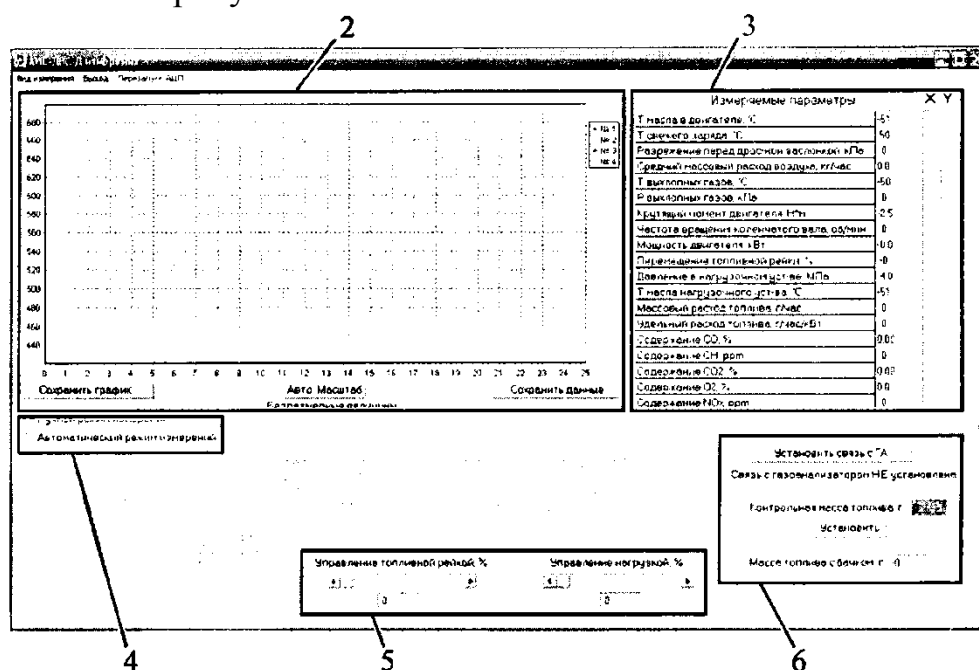


Рисунок 3.7 – Рабочее окно «Построение характеристик»

**В зоне 2** размещено поле для графического отображения измеряемых величин. Под графическим полем размещены:

– кнопки, позволяющие сохранить графическую информацию как рисунок, или данные, по которым построен график, как текстовый файл (сохранение в процессе автоматического измерения невозможно);

– кнопка «Автомасштаб», при нажатии которой, масштаб поля для графического отображения автоматически подгоняется согласно значениям измеряемых величин;

– флажок «Безразмерные величины», при установке которого на графике отображаются значения измеренных величин, отнесенные к максимуму диапазона измерения.

Измеряемые параметры отображаются в зоне 3, напротив измеряемых параметров расположены два столбца с флажками, позволяющими выбирать параметры, которые будут отображены на графике при проведении измерений. В качестве аргумента (X) может быть выбран только один параметр, в качестве функций (Y) – до 4 параметров.

**В зоне 4** расположены флажки выбора режима измерения «Ручной режим измерений» и «Автоматический режим измерений».

**В зоне 5** расположены полосы прокрутки для задания сигналов на привод дроссельной заслонки и на дросселирующий распределитель, задающий нагрузку, текстовые поля под полосами отображают текущие значения управляющих сигналов.

**В зоне 6** расположены текстовое поле и кнопка «Установить» для задания контрольной массы топлива при измерении массового расхода топлива. При изменении значения в поле массового расхода фоновый цвет поля меняется на красный, после ввода требуемого значения контрольной массы в граммах следует нажать кнопку «Установить», при этом, если заданное значение введено правильно, фоновый цвет поля изменится на зеленый. Для контроля наличия связи программы с весами в зоне 6 расположено текстовое поле, отображающее текущие показания весов. Массовый расход топлива определяется по времени выработки двигателем контрольной массы топлива. В случае, если массовый расход определять не нужно, следует задать контрольную массу топлива равной «0».

При установке в зоне 4 флажка «Ручной режим измерения» появляется окно, показанное на рисунке 3.8. Добавление точек в массив сохраняемых и отображаемых на графике данных при этом режиме производится вручную, путем нажатия на кнопку «Добавить точку» в зоне 7. При необходимости добавленные точки можно удалить по одной (начиная с последней добавленной) путем нажатия на кнопку «Удалить точку», либо все собранные данные путем нажатия на кнопку «Удалить все точки».

Для измерения в данном режиме массового расхода топлива следует:

- задать в зоне 6 контрольное значение массы топлива большее «0»;
- задать требуемые значения управляющих сигналов;
- дождаться установившегося режима работы двигателя;
- нажать кнопку «Измерить массовый расход» в зоне 7;
- дождаться появления в зоне 3 значения массового расхода, отличного от «0».

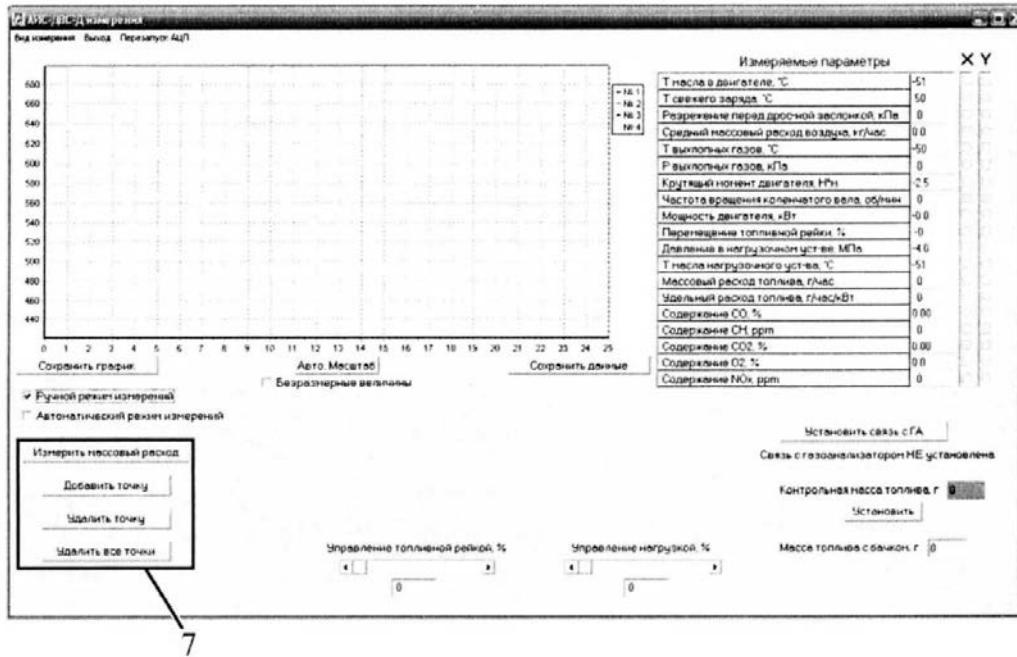


Рисунок 3.8 – Рабочее окно «Построение характеристик». Ручной режим измерений

При установке в зоне 4 флажка «Автоматический режим измерения» появляется окно, показанное на рисунке 3.9. В зоне 8 расположены флажки для выбора измеряемой характеристики, кнопки «Запуск измерения» и «Остановка измерения».

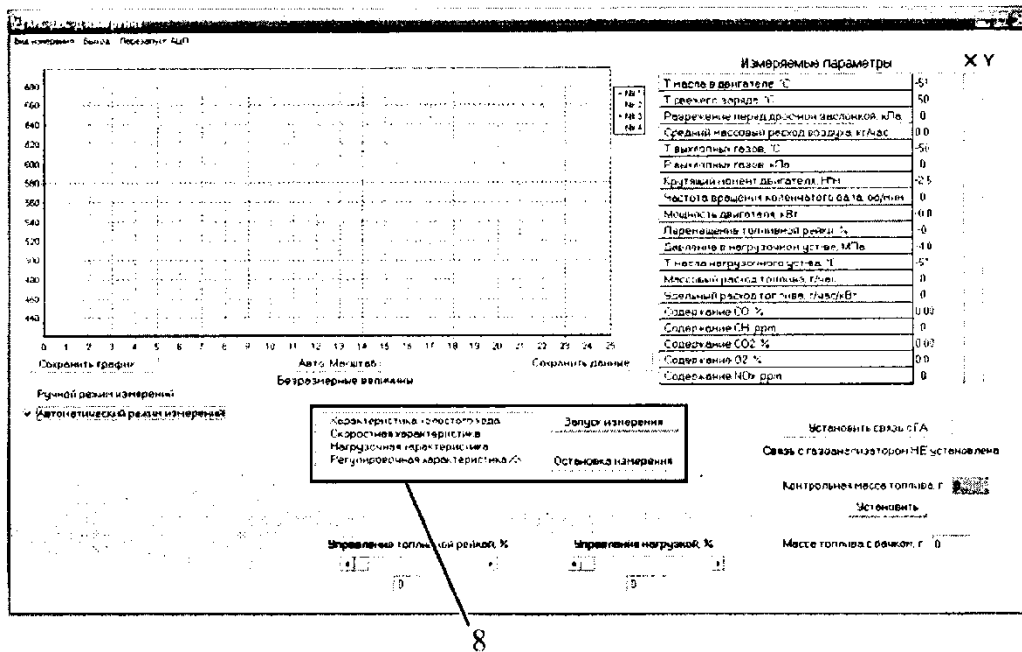


Рисунок 3.9 – Рабочее окно «Построение характеристик». Автоматический режим измерений

Запуск процесса автоматического измерения осуществляется после выбора типа характеристики и задания дополнительных параметров при нажатии на кнопку «Запуск измерения». Добавление точек в массив сохраняемых и отображаемых на графике данных в этом режиме производится автоматически. Сбор данных прекращается после нажатия на кнопку «Остановка измерения» либо после окончания измерения характеристики. При этом в массив измерений сохраняются все измеряемые параметры, то есть после завершения измерений можно строить любые графики зависимостей измеренных величин друг от друга, изменяя расстановку флажков в столбцах X и Y.

После выбора измеряемой характеристики в зоне 9 (рисунок 3.10) появятся текстовые поля для ввода дополнительных параметров.

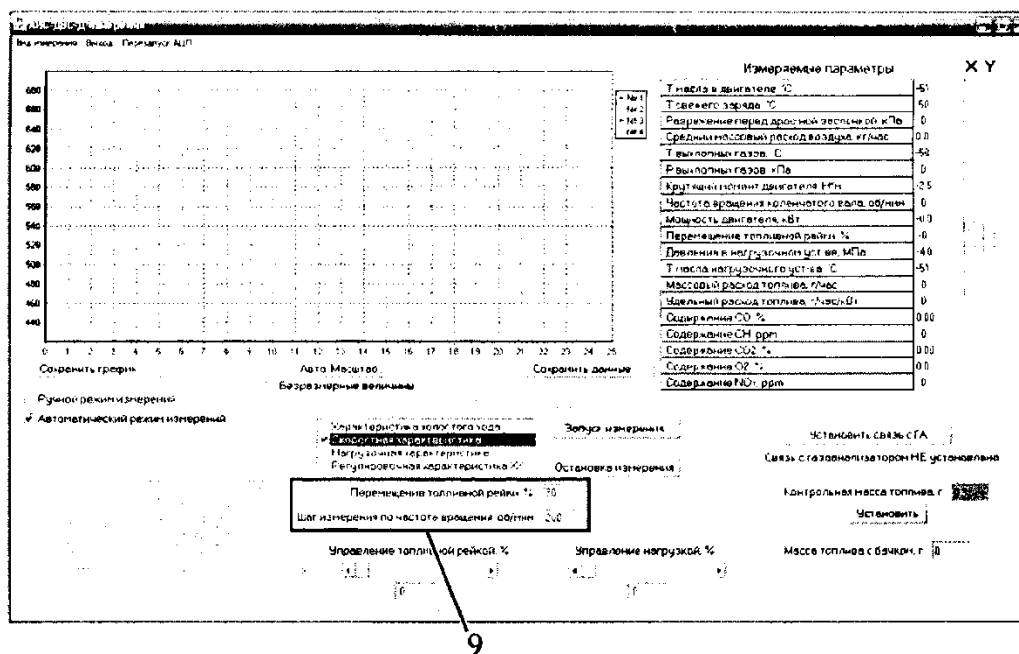


Рисунок 3.10 – Рабочее окно «Построение характеристик». Автоматический режим измерений. Дополнительные параметры

Для характеристики холостого хода дополнительным параметром является «Шаг измерения по частоте вращения». Значение шага должно задаваться из диапазона 100-1000 об/мин. Первая измеряемая точка характеристики соответствует нулевому управляющему сигналу на привод дроссельной заслонки, далее программа увеличивает сигнал на привод до тех пор, пока частота вращения вала двигателя между двумя измеряемыми точками не изменится на величину, большую чем шаг измерения по частоте.

Для скоростной характеристики дополнительными параметрами являются «Угол поворота дроссельной заслонки» и «Шаг измерения по частоте вращения». Значение угла должно задаваться из диапазона 10-90°. Значение шага должно задаваться из диапазона 100-1000 об/мин. Первая измеряемая точка характеристики соответствует наибольшей частоте вращения двигателя без нагрузки, соответствующей заданному углу поворота, либо, если эта частота больше 3500 об/мин, то программа автоматически увеличивает нагрузку для

ограничения частоты вращения величиной 3500 об/мин. Далее программа увеличивает нагрузку, изменяя сигнал на дросселирующий распределитель, до тех пор, пока частота вращения вала двигателя между двумя измеряемыми точками не уменьшится на величину, большую, чем шаг измерения по частоте.

Для нагрузочной характеристики дополнительными параметрами являются «Частота вращения коленчатого вала» и «Шаг измерения по углу поворота заслонки». Значение частоты должно задаваться из диапазона 2000-3500 об/мин. Значение шага должно задаваться из диапазона 5-30°. Первая измеряемая точка характеристики соответствует заданной частоте вращения двигателя без нагрузки. Далее программа увеличивает угол поворота дроссельной заслонки на указанную величину и увеличивает нагрузку до тех пор, пока частота вращения вала двигателя не станет равной заданной с допуском 100 об/мин.

Для регулировочной характеристики холостого хода дополнительные параметры не требуются.

### 3.4.2 ПОДПУНКТ МЕНЮ «ДИАГРАММЫ ВПУСКА/ВЫХЛОПА».

При выборе подпункта «Диаграммы впуска/выхлопа» на экране появится окно, показанное на рисунке 3.11.

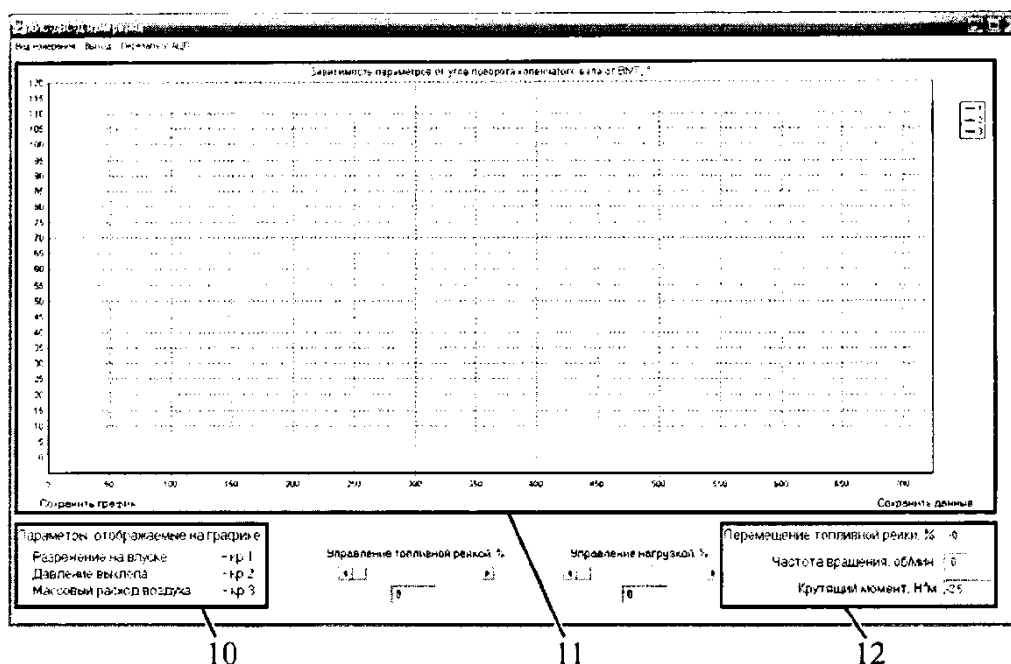


Рисунок 3.11 – Рабочее окно «Диаграммы впуска/выхлопа»

В окне, показанном на рисунке 3.12, в зоне 11 размещено поле для графического отображения зависимости разрежения перед воздушной заслонкой, давления выхлопных газов перед глушителем и массового расхода поступающего воздуха от угла поворота коленчатого вала от верхней мертвой точки, соответствующей началу такта всасывания. Под графическим полем размещены кнопки, позволяющие сохранить графическую информацию как рисунок, или данные, по которым построен график, как текстовый файл. Зависимости отоб-



ражаются осредненные за полное количество двойных оборотов за время равное 0,5 с.

Для выбора отображаемых зависимостей предназначены флажки, размещенные в зоне 10. В зоне 12 размещены текстовые поля для отображения основных параметров работы двигателя, влияющих на отображаемые на зависимости.

### 3.5 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

- 1 Изучить устройство стенда по разделу 3.2.
- 2 Определить соответствие между позициями, указанными на фотографиях, и реальными частями стенда.
- 3 Провести в подгруппах учащихся взаимный контроль.
- 4 Произвести пробный пуск и остановку двигателя в соответствии с указаниями раздела 3.3.

## 4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ

### 4.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное получение скоростных характеристик двигателя для различных положений рейки топливного насоса.

### 4.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Скоростная характеристика двигателя – это зависимость эффективной мощности  $N_e$ , крутящего момента  $M_k$ , часового  $G_T$  и удельного  $g_e$  расходов топлива и других показателей от частоты вращения коленчатого вала при постоянном открытии дроссельной заслонки. Кроме указанных показателей, для более полного раскрытия параметров рабочего цикла могут проводиться измерения и других параметров.

Скоростная характеристика, снятая при полном открытии дроссельной заслонки, называется внешней. Если дроссель занимает промежуточное положение между минимум открытия и максимум открытия – получают частичные скоростные характеристики.

### 4.3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

- 1) выполнить действия по подготовке к запуску и запуску двигателя в соответствии с разделом 3.3.
- 2) выбрать в программе «АИС-ДВС-Д измерения», пункты меню «Вид измерения» – «Построение характеристик». Выбрать «Ручной режим измерений».

3) задать величину контрольной массы топлива равной 16 г, если масса бачка с топливом больше 3 кг, или 10 г, если масса бачка меньше 3 кг. Нажать кнопку «Установить».

4) выбрать в качестве зависимостей, отображаемых на графике, зависимости момента, мощности и массового расхода топлива от частоты вращения вала двигателя.

5) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» плавно увеличивать сигнал на привод рейки топливного насоса до значения частоты вращения вала двигателя  $2300 \pm 100$  об/мин, частоту контролировать по программе. Привод рейки обладает достаточно большой инерционностью, в связи с чем после каждого изменения сигнала на привод рейки топливного насоса следует выждать 10-15 секунд.

6) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» плавно увеличивать сопротивление дросселя до значения давления на выходе насоса  $2,0 + 0,1$  МПа. Давление контролировать по программе.

7) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» плавно увеличить сигнал на привод рейки топливного насоса до 48-52%, что соответствует перемещению рейки  $50 \pm 5\%$  от максимума. Подождать, пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

8) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» плавно уменьшить сопротивление дросселя для увеличения частоты вращения вала двигателя до значения 3200-3400 об/мин. Частоту вращения контролировать по программе.

9) нажать кнопку «Измерить массовый расход».

10) Дождаться измерения расхода топлива. Нажать кнопку «Добавить точку».

11) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» плавно увеличить нагрузку (сопротивление дросселя) для уменьшения частоты вращения вала двигателя на 100-200 об/мин. Частоту вращения контролировать по программе.

12) нажать кнопку «Измерить массовый расход».

13) дождаться измерения расхода топлива. Нажать кнопку «Добавить точку».

14) повторить действия по п.11-13 до значения частоты вращения вала 1600-1800 об/мин.

15) сохранить полученные данные и графики в файл. Нажать кнопку «Удалить все точки».

16) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» плавно увеличить сигнал на привод рейки топливного насоса до 74-78%, что соответствует перемещению рейки  $75 \pm 2\%$  от максимума. Подождать пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

17) повторить действия по п. 8-15.

18) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» плавно увеличить сигнал на привод рейки топливного насоса до 100%, что со-

ответствует максимальному перемещению рейки. Подождать, пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

19) повторить действия по п. 8-15.

20) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» уменьшить сигнал на привод рейки топливного насоса до 0%. Подождать пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

21) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» уменьшить значение нагрузки до 0%.

22) подождать 1-2 минуты, заглушить двигатель.

23) выключить питание системы управления стенда.

24) закрыть программу «АИС-ДВС-Д измерения». Выключить ПЭВМ.

#### 4.4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Оформить отчет о выполнении лабораторной работы, занести полученные значения в отчет по форме таблицы 4.1. Проанализировать полученные характеристики, сделать выводы о влиянии перемещения рейки топливного насоса на величину максимальных момента и мощности, расхода топлива, а также на частоту вращения вала двигателя, при которой реализуется максимальный крутящий момент. Построить графики характеристик.

Таблица 4.1 – Результаты определения скоростной характеристики

№ п/п	n	N <sub>e</sub>	M <sub>к</sub>	G <sub>в</sub>	G <sub>т</sub>	g <sub>e</sub>	CO	CH
	об/мин	кВт	Нм	кг/ч	кг/ч	г/(кВт·ч)	%	
$\varphi_p = 50 \pm 5\%$								
...								
$\varphi_p = 75 \pm 2\%$								
...								
$\varphi_p = 100 \pm 2\%$								
...								

### 5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ

#### 5.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное получение нагрузочных характеристик дизеля для различных частот вращения вала двигателя.

#### 5.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Нагрузочной характеристикой двигателя называют зависимость основных показателей работы двигателя от нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала.

Нагрузочная характеристика снимается с целью выявления зависимости изменения удельного и часового расхода топлива от нагрузки на заданном скоростном режиме. Здесь же наносятся зависимости содержания токсических компонентов в ОГ. Так как автомобильный двигатель в условиях эксплуатации работает в широком диапазоне частот вращения, то для выявления его топливной экономичности и токсичности отработавших газов снимается несколько нагрузочных характеристик при постоянных значениях частоты вращения коленчатого вала. По полученным данным определяются наиболее выгодные, с точки зрения экономичности и токсичности, нагрузочные режимы двигателя при различной частоте вращения коленчатого вала.

### 5.3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

1) выполнить действия по подготовке к запуску и запуску двигателя в соответствии с разделом 3.3.

2) выбрать в программе «АИС-ДВС-Д измерения», пункты меню «Вид измерения» - «Построение характеристик». Выбрать «Ручной режим измерений».

3) задать величину контрольной массы топлива равной 16 г, если масса бачка с топливом больше 3 кг, или 10 г, если масса бачка меньше 3 кг. Нажать кнопку «Установить».

4) выбрать в качестве зависимостей, отображаемых на графике, зависимости массового и удельного расхода от крутящего момента двигателя.

5) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» плавно увеличивать сигнал на привод рейки топливного насоса до значения частоты вращения вала двигателя  $2400 \pm 200$  об/мин, частоту контролировать по программе. Привод рейки обладает достаточно большой инерционностью, в связи с чем, после каждого изменения сигнала на привод рейки топливного насоса следует выждать 10-15 секунд.

6) нажать кнопку «Измерить массовый расход».

7) Дождаться измерения расхода топлива. Нажать кнопку «Добавить точку».

8) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» плавно увеличивать сопротивление дросселя до значения давления на выходе насоса  $2,0 \pm 0,1$  МПа. Давление контролировать по программе.

9) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» увеличивать сигнал на привод рейки топливного насоса на 8-10%. Подождать пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

10) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» плавно скорректировать сопротивление дросселя до значения частоты вращения вала двигателя равного  $2400 + 100$  об/мин, частоту контролировать по программе.

11) нажать кнопку «Измерить массовый расход».

12) дождаться измерения расхода топлива. Нажать кнопку «Добавить точку».

13) повторить действия по п.9-12 до максимального сигнала на привод рейки топливного насоса.

14) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» уменьшить сигнал на привод рейки топливного насоса до 0%. Подождать, пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

15) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» уменьшить значение нагрузки до 0%.

16) сохранить полученные данные и графики в файл. Нажать кнопку «Удалить все точки».

17) повторить действия по п.5-16 для частот вращения вала двигателя равных 2800+100 об/мин и 3200+100 об/мин.

18) подождать 1-2 минуты, заглушить двигатель.

19) выключить питание системы управления стенда.

20) закрыть программу «АИС-ДВС-Д измерения». Выключить ПЭВМ.

## 5.4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Оформить отчет о выполнении лабораторной работы, занести полученные значения в отчет по форме таблицы 5.1. Проанализировать полученные характеристики, сделать выводы об оптимальном диапазоне крутящего момента двигателя по критерию удельного расхода топлива. Построить графики характеристик.

Таблица 5.1 – Результаты определения нагрузочной характеристики

№ п/п	$\varphi_p$	$N_e$	$M_k$	$G_b$	$G_T$	$g_e$	CO	CH
	%	кВт	Нм	кг/ч	кг/ч	г/(кВт·ч)	%	
n = 2400 об/мин								
...								
n = 2800 об/мин								
...								
n = 3200 об/мин								
...								

## 6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВПУСКА И ВЫХЛОПА

### 6.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное измерение зависимостей разрежения перед дроссельной заслонкой, давления перед глушителем и массового расхода воздуха от угла поворота вала двигателя для различных режимов работы.

### 6.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Процесс впуска в двигателях предназначен для наполнения цилиндра горючей смесью в двигателях с внешним смесеобразованием или одним воздухом — в двигателях с внутренним смесеобразованием.

Процесс выпуска в двигателях предназначен для очистки цилиндра от отработавших газов.

Основой этих процессов является создание условий, при которых в цилиндр двигателя будет введено наибольшее возможное количество горючей смеси или воздуха, а также наиболее эффективная очистка цилиндра от отработавших газов. В этом случае при хорошо протекающем процессе сгорания можно увеличить мощность двигателя и улучшить его экономичность.

Количество горючей смеси или воздуха, поступающее в цилиндр за время его наполнения, и степень очистки цилиндра от отработавших газов зависит от ряда факторов. Одним из основных параметров, характеризующих процессы впуска и выпуска, является давление соответственно во впускном и в выпускном трубопроводе.

### 6.3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

1) выполнить действия по подготовке к запуску и запуску двигателя в соответствии с разделом 3.3.

2) выбрать в программе «АИС-ДВС-Д измерения», пункты меню «Вид измерения» - «Диаграммы впуска и выхлопа».

3) в программе установить флажки для отображения всех трех зависимостей.

4) дождаться установившегося вида диаграмм, определить максимальное разрежение на впуске  $P_{Вп.МАХ}$ , максимальное давление выхлопа  $P_{ВЫХ.МАХ}$  и максимальный массовый расход воздуха  $Q_{МАХ}$  за цикл. Записать данные в таблицу 2.11.

5) сохранить диаграммы как графический файл.

6) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» плавно увеличивать сигнал на привод рейки топливного насоса до значения частоты вращения вала двигателя  $2400 \pm 200$  об/мин, частоту контролировать по программе. Привод рейки обладает достаточно большой инерционностью, в связи с чем после каждого изменения сигнала на привод рейки топливного насоса следует выждать 10-15 секунд.

7) дождаться установившегося вида диаграмм, определить максимальное разрежение на впуске  $P_{Вп.МАХ}$ , максимальное давление выхлопа  $P_{ВЫХ.МАХ}$  и максимальный массовый расход воздуха  $Q_{МАХ}$  за цикл. Записать данные в таблицу 2.11.

8) сохранить диаграммы как графический файл.

9) повторить действия по п. 6-8, для частоты вращения вала двигателя  $3200 \pm 100$  об/мин.

10) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» плавно увеличивать сопротивление дросселя до значения давления на выходе насоса

5,0+0,1 МПа или падения частоты вращения до величины 2200+200 об/мин. Давление и частоту вращения контролировать по программе.

11) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» задать сигнал на привод рейки топливного насоса равным 100%. Подождать, пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

12) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» отрегулировать сопротивление дросселя для установки частоты вращения вала двигателя равной 3200±100 об/мин.

13) дождаться установившегося вида диаграмм, определить максимальное разрежение на впуске  $P_{вп. MAX}$ , максимальное давление выхлопа  $P_{вых. MAX}$  и максимальный массовый расход воздуха  $Q_{MAX}$  за цикл. Записать данные в таблицу 2.11.

14) сохранить диаграммы как графический файл.

15) повторить действия по п. 12-14, для частоты вращения вала двигателя 2400±100 об/мин и 1800±100 об/мин.

16) с помощью полосы прокрутки «Управление топливной рейкой» уменьшить сигнал на привод рейки топливного насоса до 0%. Подождать, пока привод рейки придет в заданное положение (30-35 с).

17) с помощью полосы прокрутки «Управление нагрузкой» установить нагрузку равной 0%.

18) подождать 1-2 минуты, заглушить двигатель.

19) выключить питание системы управления стенда.

20) закрыть программу «АИС-ДВС-Д измерения». Выключить ПЭВМ.

#### 6.4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Оформить отчет о выполнении лабораторной работы, занести полученные значения в отчет по форме таблицы 6.1. Проанализировать полученные данные, сделать выводы о влиянии частоты вращения и нагрузки на массовый расход воздуха, разрежение на впуске и давление на выхлопе. Построить графики характеристик.

Таблица 6.1 – Результаты определения нагрузочной характеристики

Режим работы	$M_k$	$n$	$P_{вп. MAX}$	$P_{вых. MAX}$	$Q_{MAX}$
	Нм	об/мин	кПа	кПа	кг/ч
Холостой ход					
Холостой ход					
Холостой ход					
Нагрузка					
Нагрузка					
Нагрузка					

## 7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

### 7.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Сформировать понятия об автоматизированных системах испытаний двигателей.

### 7.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Стендовые испытания двигателей внутреннего сгорания, как правило, предполагают многократное измерение различных параметров, характеризующих работу двигателя при изменении одного параметра в заданном диапазоне. Таким образом, актуальной становится задача автоматизации измерений, для освобождения оператора стенда от многократных однотипных действий.

Лабораторный стенд «Автоматизированное исследование внешних характеристик бензинового одноцилиндрового двигателя» АИС-ДВС-Б-014-10ЛР-01 позволяет проводить измерение 4 основных характеристик ДВС в автоматизированном режиме с управлением от ПЭВМ с программой «АИС-ДВС-Д измерения».

Характеристики, измеряемые в автоматическом режиме:

- характеристика холостого хода;
- скоростная характеристика;
- нагрузочная характеристика;
- регулировочная характеристика холостого хода.

Далее в описании приведена последовательность действий для автоматического измерения скоростной характеристики двигателя, остальные характеристики измеряются аналогично.

### 7.3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

1) выполнить действия по подготовке к запуску и запуску двигателя в соответствии с разделом 3.3.

2) выбрать в программе «АИС-ДВС-Д измерения», пункты меню «Вид измерения» - «Построение характеристик». Выбрать «Автоматический режим измерений».

3) задать величину контрольной массы топлива равной 16 г, если масса бачка с топливом больше 3 кг, или 10 г, если масса бачка меньше 3 кг. Нажать кнопку «Установить».

4) выбрать в качестве зависимостей, отображаемых на графике, зависимости массового и удельного расхода, крутящего момента и мощности двигателя от частоты вращения вала.

5) установить в программе флажок «Скоростная характеристика».

6) задать перемещение рейки топливного насоса, для которого будет



строиться характеристика, и шаг измерения по частоте вращения. Рекомендуемые значения перемещения: 50%, 75% и 99%. Рекомендуемый шаг по частоте – 100, 200 или 400 об/мин.

7) нажать кнопку «Начать измерения». Наблюдать за процессом измерения, дождаться его окончания. При нормальной работе стенда нажимать кнопку «Остановить измерения» не нужно.

8) сохранить полученные данные и графики в файл.

9) подождать 1-2 минуты, заглушить двигатель.

10) выключить питание системы управления стенда.

11) закрыть программу «АИС-ДВС-Д измерения». Выключить ПЭВМ.

#### 7.4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Оформление отчета производится по аналогии соответствующим лабораторным работам №2 и №3. Проанализировать полученные характеристики, сравнить с результатами, полученными в предыдущих лабораторных работах.

Шабуров Виктор Николаевич

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОЦИЛИНДРОВОГО  
БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов направлений 23.03.03, 23.03.02  
и специальности 23.05.01

Редактор Л.С. Иванова

---

Подписано в печать 29.01.18  
Печать цифровая  
Заказ №25

Формат 60x84 1/16  
Усл. печ. л.  
Тираж 25

Бумага тип. №1  
Уч.-изд. л. 1,7  
Не для продажи

---

БИЦ Курганского государственного университета  
640020 г. Курган, ул. Советская 63/4  
Курганский государственный университет.