

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

СНЯТИЕ СКОРОСТНЫХ, НАГРУЗОЧНЫХ И РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Методические указания к лабораторной работе
для студентов 3 курса специальности 140106
всех форм обучения

Тамбов
Издательство ТГТУ
2010

УДК 621.43
ББК Z311я73-5
Л993

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Механизация сельского хозяйства» ТГТУ
В.М. Мелисаров

Л993 Снятие скоростных, нагрузочных и регулировочных характеристик двигателя внутреннего сгорания : метод. указания / сост. : В.И. Ляшков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2010. – 12 с. – 100 экз.

Приводятся методические указания и порядок выполнения имитационной лабораторной работы, выполняемой с помощью специального электронного учебника на персональном компьютере, включая подробное описание методики проведения экспериментов и обработки опытных данных. Дается список рекомендуемой литературы.

Предназначены для студентов 3 курса специальности 140106 всех форм обучения.

УДК 621.43
ББК Z311я73-5

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2010

Учебное издание

**СНЯТИЕ СКОРОСТНЫХ, НАГРУЗОЧНЫХ И
РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Методические указания

Составитель

ЛЯШКОВ Василий Игнатьевич

Редактор Л.В. Комбарова

Инженер по компьютерному макетированию И.В. Евсеева

Подписано в печать 15.03.2010

Формат 60×84/16. 0,69 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 144

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

На имитационной программе для ПК отработать методику проведения реальных испытаний поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) со снятием их основных характеристик. Проанализировать полученные данные и сделать выводы о преимуществах и недостатках сравниваемых режимов работы машины.

2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

Характеристиками принято называть графическое отображение зависимости одного, а чаще нескольких показателей работы двигателя от величины параметра, принятого за аргумент исследования. К типовым характеристикам обычно относятся скоростные и нагрузочные. На практике снимаются также регуляторные характеристики, характеристики холостого хода и др. Такие характеристики снимают в соответствии с ГОСТ (например, ГОСТ 18509–73 на тракторные дизели). На этапе доводочных испытаний обычно снимают ещё регулировочные характеристики (например, по углу опережения впрыска топлива, по углу опережения открытия выпускного клапана, по углу опережения открытия впускного клапана и др.).

Скоростной характеристикой называют графическую зависимость основных технико-экономических параметров, таких как среднее эффективное давление p_e , полный G_e и удельный g_e расходы топлива, крутящий момент $M_{кр}$, коэффициент избытка воздуха α и другие от числа оборотов n его вала при некоторой постоянной нагрузке N_e двигателя. При этом скоростная характеристика, снятая при максимально возможной подаче топлива в цилиндр ($N_e = N_{e\max}$) называется внешней, а снятые при некоторой частичной подаче (например, при $N_e = 0,75N_{e\max}$) – частными. Согласно ГОСТ, внешнюю скоростную характеристику снимают в диапазоне чисел оборотов от n_{\min} до n_{\max} .

Разновидностью частичной скоростной характеристики можно считать характеристику холостого хода, которая показывает изменение основных параметров работы машины при отсутствии внешней нагрузки.

Характеристики, показывающие как изменяются основные параметры машины при заданном постоянном числе оборотов n в зависимости от изменения внешней нагрузки N_e , называют нагрузочными. Здесь в качестве независимой переменной в соответствии с ГОСТ принимается эффективная мощность N_e , а число оборотов берётся некоторым фиксированным (например, $n = n_{ном}$).

Регуляторные характеристики снимают при таком скоростном режиме, который соответствует максимальному крутящему моменту $M_{кр}^{max}$. При постоянном положении органа управления двигателя постепенно увеличивают нагрузку от холостого хода до максимальной. Если регулятор установлен на частичную подачу, то получают частичную регуляторную характеристику, если на полную – то предельную регуляторную характеристику.

Регулировочная характеристика показывает, как изменяются основные показатели машины при изменении одного из регулировочных параметров, например, угла опережения впрыска топлива. Результаты проводимых при этом исследований позволяют выбрать оптимальное значение регулировочного параметра, ориентируясь, смотря по обстоятельствам, или на развиваемую мощность, или на удельный расход топлива, или на величину крутящего момента.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Лабораторная установка для натурных исследований представляет собой специальный испытательный стенд, содержащий испытуемый двигатель и тормозное устройство. В качестве тормозного устройства применяются:

- простой механический тормоз с сухим трением и измерением тормозного усилия по весу гирь, устанавливаемых на рычаг тормоза (рис. 1);
- электрический генератор с мощным нагрузочным реостатом или регулируемым напряжением на обмотке возбуждения;
- гидротормоз, содержащий ротор с лопатками, вращающийся в корпусе, заполненном циркулирующей через охладитель водой.

Испытательный стенд содержит также контрольно-измерительные приборы, позволяющие фиксировать интересующие нас параметры. Среди них: мощность и крутящий момент, расходы воздуха, дымовых газов и топлива, температуры воздуха и дымовых газов на выходе из

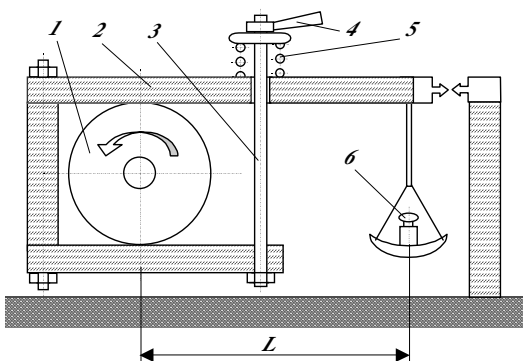


Рис. 1. Схема механического тормоза:

- 1 – шкив на валу двигателя; 2 – нажимные бруски; 3 – регулировочный винт;
4 – ручка регулирования усилия торможения; 5 – пружина; 6 – гиря

двигателя, состав дымовых газов и многое другое. Как правило, на современных стендах применяются дистанционные датчики, измерительный сигнал от которых вводится (через аналого-цифровой преобразователь) непосредственно в ПК, что

позволяет автоматизировать процесс записи и обработки результатов испытаний. Например, измерив эффективную мощность и число оборотов машины, рассчитать величину среднего индикаторного давления p_c и т.п. Пример одной из простейших экспериментальных установок приведён на рис. 2, где в качестве нагрузочного сопротивления электрогенератора использован водяной реостат.

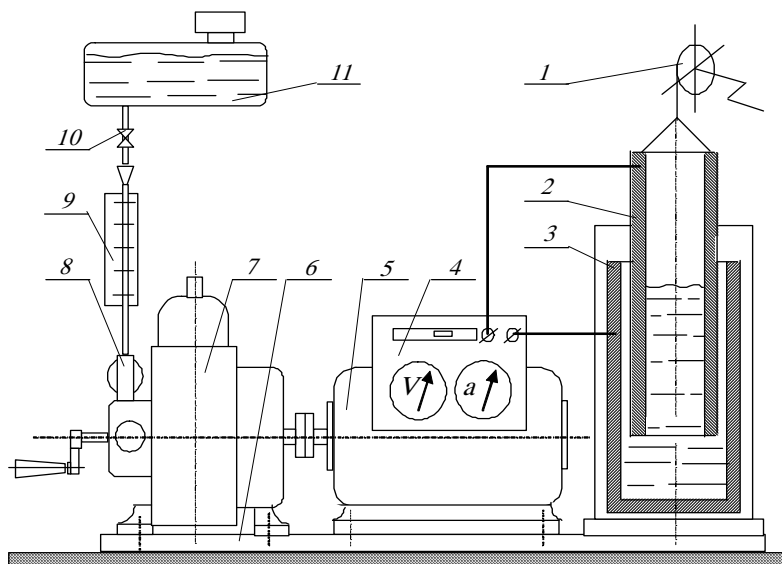


Рис. 2. Общая схема экспериментальной установки:

- 1* – подъемное устройство водяного реостата; *2* – подвижный электрод реостата;
- 3* – неподвижный электрод; *4* – щит управления и приборов;
- 5* – электрогенератор постоянного тока; *6* – общая рама установки;
- 7* – двухтактный двигатель 2СДв; *8* – карбюратор двигателя с дроссельной заслонкой; *9* – мерное устройство для определения расхода топлива;
- 10* – топливный кран; *11* – топливный бак

При снятии характеристик (кроме регуляторной) на двигателе отключается регулятор и необходимые режимы отрабатываются ручной установкой органа управления (для дизеля это рейка, изменяющая подачу топлива топливным насосом высокого давления, для карбюраторной машины – угол открытия дроссельной заслонки) в соответствии с заданием на испытания. При этом нагрузку, а значит мощность и число оборотов двигателя, устанавливают на нагрузочном устройстве (чем больше нагрузка, тем большую мощность должен обеспечивать двигатель и тем сильнее она снижает число оборотов машины).

Лабораторные работы выполняются каждым студентом индивидуально за персональным компьютером в компьютерном классе кафедры с помощью специального электронного учебника, содержащего помимо теоретических разделов несколько виртуальных лабораторных работ. Соответствующий раздел этого учебника содержит математические модели, описывающие зависимости между основными параметрами работы двигателя, установленные аналитически или экспериментально. Это позволяет проводить численное моделирование различных режимов работы машины с определением её основных выходных параметров.

Выполнение каждой лабораторной работы производится в диалоговом режиме с ПК благодаря достаточно продуманному, дружественному интерфейсу учебника. После запуска учебника на экране монитора будет показан титульный лист учебника. Чтобы двинуться дальше, следует нажать клавишу <Enter>. Дальнейшее взаимодействие с учебником

определяется выбором вида работы из последовательно открывающихся меню. На рисунке 3 приведено содержание каждого из таких меню и схема выхода на лабораторные работы по снятию характеристик двигателя.

Двигаясь по меню в соответствии с приведенной схемой, в результате мы откроем диалоговое окно нужной нам лабораторной работы. В этом окне в центральной части мы увидим название работы и рисунок испытательного стенда, а в верхней части – две клавиши <Меню> и <Выход> и курсор-стрелку особого вида \blacktriangleleft . Чтобы продолжить работу, с помощью клавиш перемещения курсора клавиатуры ПК (<←>, <→>, <↓>, <↑>) перемещаем курсор-стрелку на клавишу <Меню> и нажимаем клавишу <Enter> на клавиатуре. Такая

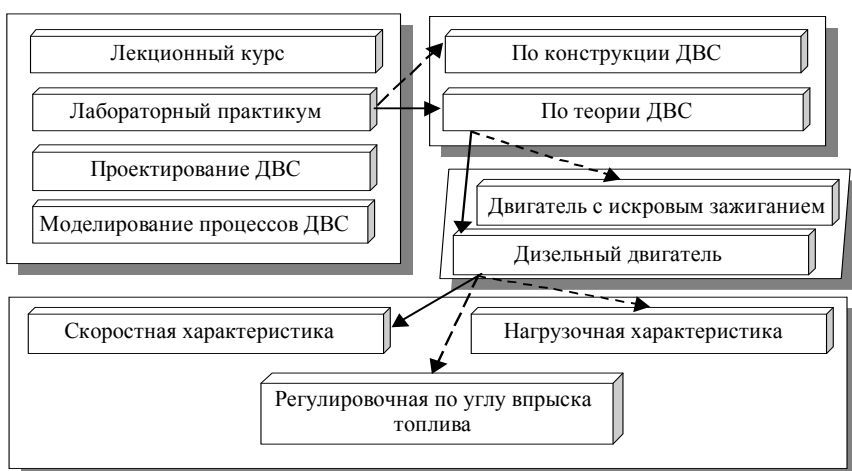


Рис. 3. Схема действий при работе с электронным учебником для выхода на снятие характеристик

процедура работы с экранными клавишами и другими объектами сохраняется и на всех последующих стадиях выполнения лабораторной работы.

Активизация клавиши <Меню> вызывает на экран меню с отдельными видами работы. Ниже приведена краткая расшифровка команд, соответствующих каждой из позиций этого меню.

<Справка> – переводит в меню справочной системы раздела.

<Диаграмма> – переводит в меню построения диаграмм, отображающих результаты эксперимента.

<Протокол> – выводит таблицы с исходными данными и результатами имитационных расчётов.

<Вариантный счёт> – обеспечивает хранение и сопоставление снятых характеристик.

<Дополнительная панель управления> – позволяет сменить наименование регулируемого параметра.

<Настройка> – открывает окно для ввода ФИО студента и номер группы.

<Стенд> – открывает окно управления стендом, в котором и производится снятие характеристики.

Нажатие на управляющую клавишу



Рис. 4. Рабочий экран, открывающийся при активизации клавиши <Стенд>

<F1> на клавиатуре вызывает меню справочной системы, позволяющей найти ответы на многие возникающие при работе вопросы. Сочетание клавиш <F1>+<Ctrl> выводит на экран подробную информацию о функции управляющей клавиши, на которой установлен курсор-стрелка. При нажатии клавиш <Alt>+<X> происходит аварийное завершение лабораторной работы.

печать		удалить		1	2	3	4	5	6	7
Основные параметры										
n	[мин ⁻¹]	1369	1593	1782	1964	2111	2223			
M _ж	[Н·м]	574.7	576.8	572.5	563.7	553.8	544.6			
M _{ж0}	[Н·м]	569.8	571.9	567.6	559.0	549.1	540.0			
φ _{0.вп}	[°ПКВ]	12.6	13.1	13.5	13.9	14.3	14.7			
ΔG _T	[кг/ч]	200	200	400	400	400	400			
τ	[с]	36.37	31.10	55.67	50.73	47.45	45.29			
G _T	[кг/ч]	19.8	23.1	25.9	28.4	30.3	31.8			
U _B	[м ³ /ч]	376	439	493	544	584	614			
t _г	[°C]	468.4	481.5	493.7	506.9	518.8	528.8			
ΔT	[°C]	23.7	20.7	18.8	17.2	16.2	15.5			
γ _г	[–]	0.049	0.048	0.048	0.047	0.047	0.046			
θ _{вос}	[°ПКВ]	3.5	3.0	2.7	2.6	2.6	2.6			
C _{рHm}	[млн ⁻¹]	571	587	592	593	592	591			

Рис. 5. Вид протокола, выводимого на экран ПК

Если клавишами <<->, <->> клавиатуры курсор-стрелку установить на клавишу <Стенд> и нажать <Enter>, то откроется новый экран (рис. 4), в центре которого расположено окно для графического отображения результатов замера и построения соответствующих графиков. Сверху справа и слева от этого окна находятся дисплеи цифровых измерительных приборов, измеряющих основные параметры рабочего процесса, а в нижней части экрана мы увидим клавиши с надписями основных операций и три окна с полосами прокрутки для настройки режимов работы машины.

В окне, расположенном в левом нижнем углу экрана можно установить величину атмосферного давления, при котором производится экспериментальное исследование. В окне, обозначенном как «Настройка тормоза» можно изменять силу торможения на тормозном устройстве, влияя тем самым на число оборотов двигателя. В окне «Регулятор управления» можно изменять положение рейки топливного насоса, изменяя подачу топлива от минимального до максимального значения, изменяя тем самым мощность двигателя.

Имитация снятия характеристик осуществляется изменением тормозного момента стенда и установкой положения рейки топливного насоса (или угла открытия дроссельной заслонки у карбюраторных двигателей).

Для запуска или остановки двигателя, а также для настройки режима работы двигателя необходимо клавишами клавиатуры (<<->, <->>, <↓>, <↑>) установить курсор-стрелку на соответствующую клавишу или кнопку на экране и нажать клавишу <Enter>. Так, для увеличения числа оборотов, например, курсор-стрелку нужно установить на кнопку ► окна «Настройка тормоза» и нажимать клавишу <Enter>. Чтобы уменьшить, например, подачу топлива, нужно установить курсор-стрелку на кнопку ◀ окна «Регулятор управления» и тоже нажать клавишу <Enter>.

Для снятия характеристики запускается двигатель активизацией кнопки «Работа». Далее устанавливаются начальный режим (для внешней скоростной характеристики, например, максимальная подача топлива и минимальное число оборотов). После того, как двигатель выйдет на заданный режим (на дисплеях приборов появятся численные значения регистрируемых параметров, а в окне для графиков появятся соответствующие этим значениям точки), курсор-стрелку перемещаем на клавишу «Замер» и нажимаем <Enter>. Далее устанавливаем следующий режим и снова проводим замер параметров. Повторяя замеры несколько раз, в окне графиков наблюдаем построение основных зависимостей (рис. 4).

Закончив исследование, останавливаем двигатель, активизируя клавишу «Выкл». Для дальнейшей работы курсор-стрелку устанавливаем на клавишу <Меню>, нажимаем <Enter> и активизируем последовательно позиции главного меню, такие как <Протокол>, <Диаграмма> и др. Результаты измерений, если есть принтер, можно вывести на печать, если принтера нет – следует переписать с экрана из таблиц протоколов в таблицы исходных опытных данных для каждой из проведенных серий опытов (форма такой таблицы для первой серии опытов приведена ниже). На рисунке 5 приведен один из протоколов, выводимых на экран монитора. Чтобы просмотреть

Таблица исходных опытных данных

№ п/п	Измеряемые параметры	Скоростная характеристика					
1	Число оборотов n , об/мин						
2	Эффективная мощность $N_e / N_{e\max}$, %						
3	Угол опережения впрыска топлива, φ_0 , °						
4	Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м						
5	Температура выхлопных газов t_f , °С						
6	Коэффициент избытка воздуха α , 1/1						
7	Удельный расход топлива g_c , кг/кВт						
8	Эффективный КПД η_c , 1/1						

и выписать из него основные показатели, нужно клавишами управления курсором по экрану переместить курсор-стрелку в нижнее положение (как на рисунке 5) и нажать клавишу <Enter>.

Все три сформированные в результате исследования характеристик таблицы прилагаются к отчёту о работе. По этим табличным данным строятся графики, и по виду полученных характеристик формулируются определённые выводы для отчёта.

Протоколы измерений можно частично заполнять и непосредственно по ходу проведения измерений, списывая результаты замеров по показаниям приборов, выведенным на рабочий экран испытательного стенда (см. рис. 4).

По завершении всех измерений курсор-стрелку выводят на клавишу «Выход», нажать <Enter> на клавиатуре. Подтвердив желание закончить работу, последовательно нажимают клавишу <Esc>.

4. ОТЧЁТ О РАБОТЕ

Рукописный отчёт о проведённой работе оформляется на листах формата А4 или в ученической тетради и должен в лаконичной форме отражать все основные части работы: цель и задачи работы, основы теории, описание экспериментальной установки и методики выполнения работы, протоколы результатов измерений, анализ полученных результатов, включая графическое изображение характеристик и выводы, которые следуют из проведённого исследования. В среднем объём отчёта не должен превышать трёх-четырёх страниц, включая соответствующие графики и таблицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 1. Теория рабочих процессов / под ред. В.Н. Луконина. – М., 1995. – 368 с.
2. Райков, И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания / И.Я. Райков. – М., 1975. – 320 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания : компьютерный практикум / под ред. В.Н. Луконина. – М., 1995. – Кн. 3. – 256 с.