

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Силовые агрегаты»
для студентов направления 190600.62

Часть вторая

Курган 2014

Кафедра: «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплины: «Силовые агрегаты»
(направление 190600.62);

Составили: канд. техн. наук, доц. Я.А. Борщенко; канд. техн. наук,
доц. А.В. Савельев.

Составлены на основе переработанных и дополненных методических указаний
«Автомобильные двигатели» / Я.А. Борщенко, И.И. Дик. Курган : Изд-во КГУ,
2003.

Утверждены на заседании кафедры «26» октября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта «Инженерные кадры Зауралья» «22» ноября 2013 г.

Содержание

Введение	4
1 Общие принципы проведения лабораторных работ по теории ДВС с использованием интегрированного обучающего комплекса «Двигатели внутреннего сгорания»	4
1.1 Общие положения	4
1.2 Методика выполнения лабораторных работ	5
1.3 Организация работы при выполнении вычислительного эксперимента при снятии характеристик	5
1.3.1 Операции управления экспериментом	5
1.3.2 Описание основного меню	6
1.3.3 Порядок выполнения лабораторных работ	7
1.3.4 Содержание отчета по лабораторной работе	7
2 Лабораторные работы по снятию характеристик двигателей с искровым зажиганием	8
2.1 Лабораторная работа №1. Скоростная характеристика бензинового двигателя	8
2.1.1 Общие положения	8
2.1.2 Методика испытания и измеряемые величины	11
2.1.3 Обработка данных и построение характеристики	12
2.2 Лабораторная работа №2. Нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием	12
2.2.1 Общие положения	12
2.2.2 Методика испытания и измеряемые величины	15
2.2.3 Обработка данных и построение характеристики	16
2.3 Лабораторная работа №3. Регулировочная характеристика по составу смеси двигателя с искровым зажиганием	16
2.3.1 Общие положения	16
2.3.2 Методика испытания и измеряемые величины	18
2.3.3 Обработка данных и построение характеристики	18
2.4 Лабораторная работа №4. Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания на разных нагрузочных режимах двигателя с искровым зажиганием	19
2.4.1 Общие положения	19
2.4.2 Методика испытания и измеряемые величины	21
2.4.3 Обработка данных и построение характеристики	22
Список литературы	23

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение лабораторного практикума по теории двигателей внутреннего сгорания позволяет закрепить знания по характеристикам ДВС и выработать навыки по испытаниям двигателей. Выполнение лабораторных работ на ЭВМ, имитирующих испытания ДВС, позволяет повысить эффективность учебного процесса и, в частности:

- индивидуализировать процесс выполнения лабораторных работ (каждый студент самостоятельно выполняет задание и анализирует полученные результаты);
- сократить учебное время на выполнении рутинных операций при проведении эксперимента и более продуктивно его использовать на исследования влияния различных конструктивных и эксплуатационных факторов на параметры и показатели ДВС;
- обеспечить возможность проведения сложных исследований, требующих современных дорогостоящих моторных стендов, выполнения длительных и большого объема натурных экспериментов или экспериментов, имитирующих экстремальные ситуации;
- выработать определенные навыки и умения, необходимые при испытаниях двигателей.

1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕОРИИ ДВС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА «ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

1.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Практикум позволяет имитировать снятие регулировочных, нагрузочных и скоростных характеристик двигателя с искровым зажиганием и дизеля.

Моделирование характеристик двигателей выполнено с использованием основных зависимостей теории двигателей в сочетании с использованием эмпирических математических моделей, полученных при многофакторных испытаниях конкретных двигателей в проблемной лаборатории транспортных двигателей МАДИ (ТУ). Это несколько ограничивает возможности моделирования, так как позволяет получать правильное протекание характеристик и количественное соответствие при относительно небольшой экстраполяции параметров двигателей и режимов работы за пределы условий, в которых были получены эмпирические модели.

В процессе получения характеристик имеется возможность в первом приближении моделировать последствия внесения изменений в конструкцию и регулировку двигателя. Так, в определенных пределах можно изменять диаметр и ход поршня, размеры впускных клапанов и величину гидравлических потерь при впуске, величину внутренних механических потерь двигателя, начальные (установочные) регулировки топливоподающей системы и автомата опереже-

ния зажигания и внешние атмосферные условия. Это позволяет решать содержательные задачи при анализе характеристик двигателя.

1.2 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Методически лабораторные работы выполняются по следующей схеме:

1 Подготовительный этап

Получив задание, студент анализирует задачу. Перед снятием характеристик двигателя он определяет параметры, необходимые для решения задачи. После этого следует выбрать режим снятия характеристик, а также изменения, которые необходимо ввести в регулировки двигателя, и, наконец, продумать методику определения (снятия) характеристик.

2 Основной этап

Выполняется с учетом принятой методики снятия характеристики. При снятии характеристик на моторном стенде частота вращения вала двигателя определяется нагрузкой, создаваемой тормозной установкой, и эффективным крутящим моментом ДВС, который зависит от положения рычага управления подачи топлива.

3 Заключительный этап

Включает построение сравнительных графиков, анализ характеристик и формулирование выводов по результатам работы.

1.3 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ СНЯТИИ ХАРАКТЕРИСТИК

Выполнение лабораторных работ производится в диалоговом режиме с компьютером путем моделирования внешней и частичных скоростных и нагрузочных характеристик двигателя с искровым зажиганием и дизеля.

При проведении лабораторной работы обеспечивается управление двигателем на стенде, подобное операциям, производимым при экспериментальном снятии характеристик. Имитация снятия характеристик осуществляется изменением тормозного момента стенда, а также установкой угла открытия дроссельной заслонки (для двигателя с искровым зажиганием) или изменением затяжки регулятора топливного насоса (для дизеля). Имеется возможность моделировать эксплуатационные изменения регулировок двигателя с помощью дополнительной панели управления. С ее помощью можно воздействовать на следующие параметры: потери на впуске и выпуске, внутренние механические потери, начальные регулировки карбюратора и автомата опережения зажигания, внешние атмосферные условия.

1.3.1 ОПЕРАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОМ

Для начала моделирования необходимо запустить программу, для чего находим каталог MADIBOOK, в котором запускаем файл start.exe.

На диалоговом окне с помощью мыши или клавиатуры выбираем пункты меню: «лабораторный практикум», затем «по теории ДВС», выбираем вид сни-

маемой характеристики (скоростная или нагрузочная) для соответствующего типа двигателя.

После выполнения вышеперечисленных действий на экране появляется основное диалоговое окно, сверху которого находится основное меню.

Требуется заметить, что управление на режиме моделирования характеристик осуществляется только *посредством клавиатуры (мышь не активна)*.

Все меню активизируются посредством курсора на экране, управление которым осуществляется клавишами «←», «↑», «→», «↓» и «Enter». Полный перечень управляющих клавиш и их описание можно посмотреть разделе «справка» основного меню.

1.3.2 ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО МЕНЮ

Основное меню содержит набор управляющих полей, с помощью которых обеспечивается вызов следующих режимов работы:

«**справка**» – переход в меню справочной системы;

«**диаграмма**» – переход в меню построения диаграмм;

«**протокол**» – вывод таблицы с исходными данными и результатами измерений и расчетов;

«**вариантный счет**» – хранение и сравнительный анализ снятых характеристик;

«**доп. панель управления**» – смена наименования регулируемого параметра в дополнительной панели управления;

«**настройка**» – ввод учетной информации (Ф.И.О. и группа);

«**стенд**» – снятия характеристики.

Режим «**справка**» позволяет вывести на экран необходимую справочную информацию. В разделе находится несколько подразделов:

- «**Краткая справка по работе с клавиатурой**» – описание действий, выполняемых при нажатии определенных клавиш.

- «**Описание управляющих полей**» – информация об управляющих полях для каждой командной функции.

- «**Порядок проведения лабораторной работы**» – типовой порядок действий пользователя при выполнении эксперимента.

- «**Описание стендовых характеристик**».

В режиме «**стенд**» студент, управляя стендом, выполняет снятие характеристики двигателя.

Режим «**диаграмма**» позволяет анализировать снятую характеристику двигателя в виде графиков. Студенту дается четыре диаграммы.

В режиме «**протокол**», в котором используется таблица с большим количеством строк, в левой части экрана расположена вертикальная и горизонтальная линейки с бегунком, отмечающим текущее расположение экрана на все поле данных.

Режим «**дополнительная панель управления**» производит выбор дополнительного изменяемого параметра. На экран выводится меню с набором пара-

метров. После выбора какого-либо параметра соответствующим образом, изменение его численного значения осуществляется из режима «стенд».

1.3.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При снятии как скоростных, так и нагрузочных характеристик следует придерживаться общего порядка выполнения эксперимента:

- 1 Запустить программу на выполнение.
- 2 С помощью управляющего поля «меню» вызвать на экран основное меню.
- 3 Через основное меню перейти в режим «стенд», используя для этого поле «стенд».
- 4 Установить регулировки двигателя, которые будут изменяться при проведении эксперимента. Для этого используется поле «доп. панель управления».
- 5 Управляя моментом тормозной установки стенда и подачей топлива, по показаниям приборов выводим двигатель на требуемый режим работы.
- 6 Производим измерения параметров двигателя, используя поле «замер».
- 7 Изменяя момент тормоза или подачу топлива, производим следующий замер, шаг изменения по частоте или положению рычага управления подачи топлива определяется с расчетом получить 8...10 точек.
- 8 После замеров при включенной подаче топлива, в случае необходимости, производим замеры в тех же точках в режиме выключенной подачи топлива – режим «прокрутка».
- 9 Закончив снятие характеристик, выйти в основное меню и запустить режим построения характеристик двигателя в виде графиков, используя управляющее поле «диаграмма».
- 10 В режиме «протокол» производится просмотр таблицы результатов эксперимента.
- 11 Произвести анализ результатов и оформить отчет.
- 12 Закончить выполнение лабораторной работы, для этого следует выбрать управляющее поле «выход».

1.3.4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет должен содержать:

- 1 Титульный лист, где указывается тема работы, кто выполнил, кто проверил, место и время выполнения.
- 2 Цель работы.
- 3 Исходные данные для проведения эксперимента.
- 4 Методика выполнения лабораторной работы.
- 5 Таблица результатов эксперимента.
- 6 Графики полученных зависимостей.
- 7 Анализ результатов и выводы.

2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО СНЯТИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Экспериментальные данные для моделирования характеристик двигателей с искровым зажиганием были получены при исследовании ряда моделей двигателей ВАЗ. Это ограничивает возможности изменения рабочего объема двигателей при имитации характеристик.

Выбор условий снятия характеристик:

- допустимый диапазон изменения рабочего объема двигателя при моделировании – 1...2 л.;
- допустимый диапазон изменения атмосферного давления $P_0 = 650...800$ мм. рт. ст.
- допустимый диапазон изменения температуры окружающего воздуха $t_0 = 0...40$ °С;
- допустимый диапазон изменения положения дроссельной заслонки 0...100%;
- допустимый диапазон изменения частоты вращения коленчатого вала 1000...6000 мин⁻¹;
- допустимый диапазон изменения регулировки топливоподающей аппаратуры при общем пропорциональном обеднении и обогащении в пределах $\pm 10\%$ от исходной регулировки;
- допустимый диапазон изменения начального угла опережения зажигания - 20...+10 град. пкв;
- внутренние механические потери можно изменять с помощью коэффициента $K_{мп}$, который умножается на исходное значение давления механических потерь, $K_{мп} = 0,7...1,3$;
- изменение проходного сечения в горловине впускного клапана, аналогично производится коэффициентом $K_{ск} = 0,7...1,3$;
- изменение сопротивления впускного тракта, аналогично производится коэффициентом $K_{вп} = 0,7...1,3$.

2.1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 СКОРОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: получение навыков снятия внешней и частичных скоростных характеристик двигателя и ознакомление с характером изменения показателей его работы по частоте вращения коленчатого вала двигателя.

2.1.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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 проводят измерение коэффициента наполнения η_v , коэффициента избытка воздуха α и механического кпд η_m двигателя. Динамические показатели двигателя оцениваются коэффициентом приспособляемости двигателя $K_{пр}$, то есть его способностью преодолевать временно возрастающие сопротивления.

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.

Изменение эффективной мощности двигателя N_e , кВт, зависит от среднего эффективного давления P_e и частоты вращения коленчатого вала n (рисунок 1)

$$N_e = \frac{P_e \times V_h \times i \times n}{30 \times \tau_{дв}}, \quad (1)$$

где P_e – среднее эффективное давление, МПа;

V_h – рабочий объем цилиндра, л;

n – частота вращения, мин^{-1} ;

i – количество цилиндров;

$\tau_{дв}$ – тактность двигателя.

Для данного двигателя с учетом постоянного рабочего объема цилиндра V_h , числа цилиндров i , коэффициента тактности $\tau_{дв}$, объединенных постоянной C , получим:

$$N_e = C \times P_e \times n, \quad (2)$$

где $C = V_h \times i / (30 \times \tau_{дв})$.

В свою очередь, среднее эффективное давление P_e изменяется в зависимости от ряда параметров, характеризующих рабочий процесс бензинового двигателя. Для данного топлива имеем:

$$P_e = \frac{C_k \times \eta_v \times \eta_i \times \eta_m}{\alpha}, \quad (3)$$

где C_k – постоянный коэффициент;

η_v – коэффициент наполнения;

η_i – индикаторный кпд;

η_m – механический кпд;

α – коэффициент избытка воздуха.

Очевидно, что закон протекания кривой $P_e = f(n)$ зависит от изменения η_v , η_i , η_m , α .

Условное среднее давление механических потерь P_m с увеличением частоты вращения постепенно возрастает и при некоторой максимально возможной для данного двигателя частоте может достичь значения, равного среднему ин-

дикаторному давлению. Среднее эффективное давление при этом будет равно нулю.

При снижении частоты вращения коленчатого вала двигателя:

- для повышения динамических качеств и способности двигателя к преодолению временных сопротивлений смесь автоматически (с помощью карбюратора) обогащается, коэффициент избытка воздуха при этом уменьшается;

- увеличивается коэффициент наполнения η_v , так как возрастает продолжительность открытия впускных клапанов и уменьшается сопротивление при всасывании заряда в цилиндры. На малой частоте вращения η_v уменьшается вследствие несоответствия фаз газораспределения;

- возрастает механический КПД, так как сокращаются насосные потери и потери на трение.

Таким образом, характер изменения η_v , η_m , α обуславливают характер изменения P_e с уменьшением частоты вращения, который, в свою очередь, определяет характер протекания M_k .

$$M_k = C_m \times P_e, \quad (4)$$

где $C_m = V_h \times i / (0,00314 \times \tau_{дв})$.

Индикаторный коэффициент полезного действия с падением частоты вращения понижается. Основные причины: обогащение смеси, относительное увеличение теплоотдачи за цикл в систему охлаждения, возрастание утечки газов из цилиндра за счет неплотностей вследствие увеличения продолжительности цикла и ухудшения процесса карбюрации, вследствие уменьшения скорости воздуха и снижения интенсивности распыливания, а также перемешивания его паров с воздухом.

Характер изменения удельного расхода топлива g_e определяется протеканием кривых показателей η_i и η_m , а минимум удельного расхода приходится на максимальное значение произведения индикаторного и механического КПД (рисунки 1, 2).

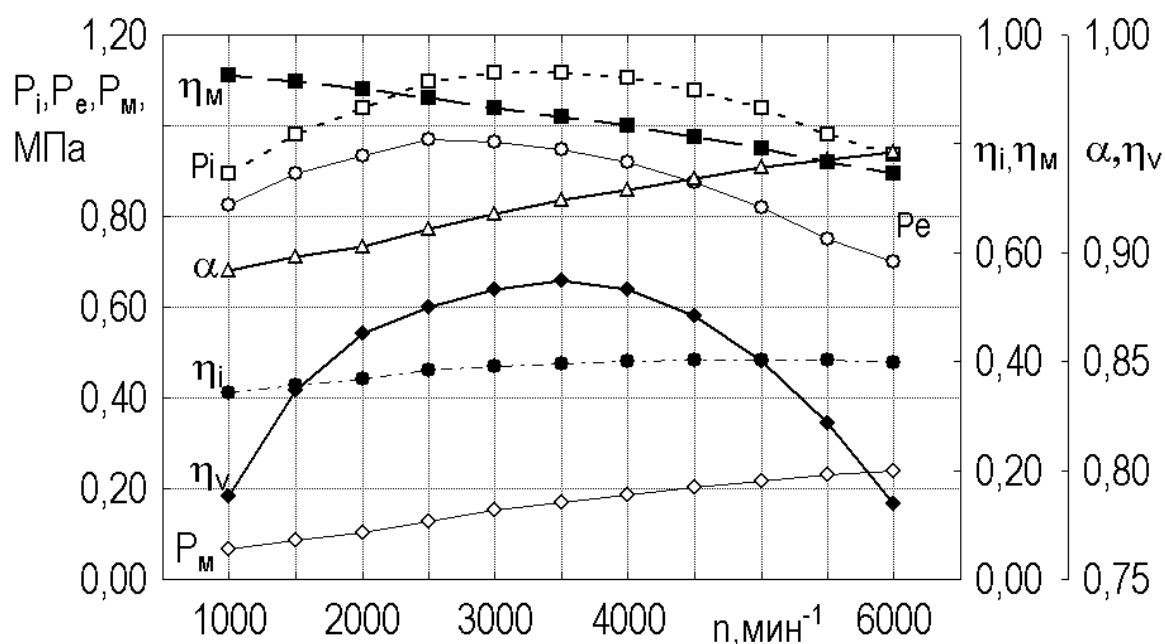


Рисунок 1 – Кривые показателей внешней скоростной характеристики

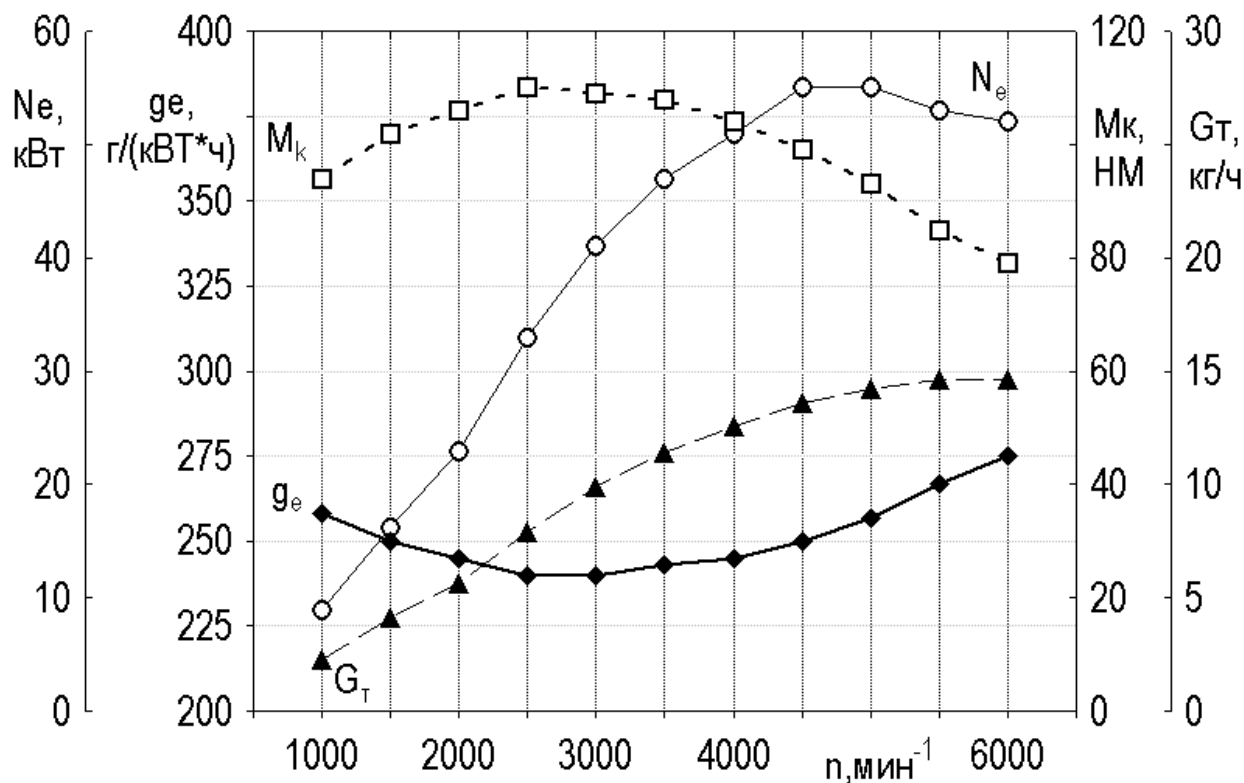


Рисунок 2 – Кривые показателей внешней скоростной характеристики

$$g_e = \frac{3600}{\eta_i \times \eta_m \times Q_H}, \quad (5)$$

где Q_H – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

2.1.2 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

1 Запустить программу в режиме «скоростная характеристика ДВС с искровым зажиганием».

2 Согласно заданию преподавателя задать требуемые начальные условия моделирования в разделе «доп. панель управления».

3 В режиме «стенд» включить подачу топлива с помощью поля «подача топлива».

4 Выставить требуемое положение дроссельной заслонки.

5 Управлением бегунка тормозного момента установить первый скоростной режим (обычно это максимальная частота) и произвести замер.

6 Изменив нагрузку на тормозе, произвести замер на другой частоте. Так получаем 8...10 точек во всем диапазоне частот коленчатого вала двигателя.

7 Выключить подачу топлива и на режиме «прокрутка» произвести замеры в тех же точках моделирования (после каждого такого замера появляется вверху окна моделирования закрашенный треугольник).

2.1.3 ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В отчет необходимо включить исходные данные моделирования: атмосферные условия, конструктивные и эксплуатационные параметры.

В режиме «протокол» выводим на экран полученные результаты моделирования и заносим в отчет необходимые для анализа характеристики показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты моделирования скоростной характеристики

№ замера	n	N _e	M _к	g _e	G _T	α	η _i	η _м	η _e	η _v
	мин ⁻¹	кВт	Нм	г/(кВт×ч)	кг/ч					

Затем производится построение графиков характеристики. Показатели целесообразно разбить на две группы и построение вести на двух координатных осях:

1 группа N_e, M_к, g_e, G_T = f(n),

2 группа α, η_i, η_v, η_м, η_e = f(n).

Определить коэффициент приспособляемости:

$$k = \frac{M_{к.маx}}{M_{к.н}}, \quad (6)$$

где M_{к.маx} – максимальный крутящий момент двигателя, соответствующий точке перегиба кривой M_к = f(n);

M_{к.н} – крутящий момент при номинальной частоте вращения.

Произвести анализ полученных результатов и сделать выводы.

2.2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Цель работы: получение навыков снятия нагрузочной характеристики двигателя с искровым зажиганием и ознакомление с характером изменения показателей его работы при изменении нагрузки.

2.2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Нагрузочной характеристикой двигателя называют зависимость основных показателей работы двигателя от нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала (рисунки 3, 4).

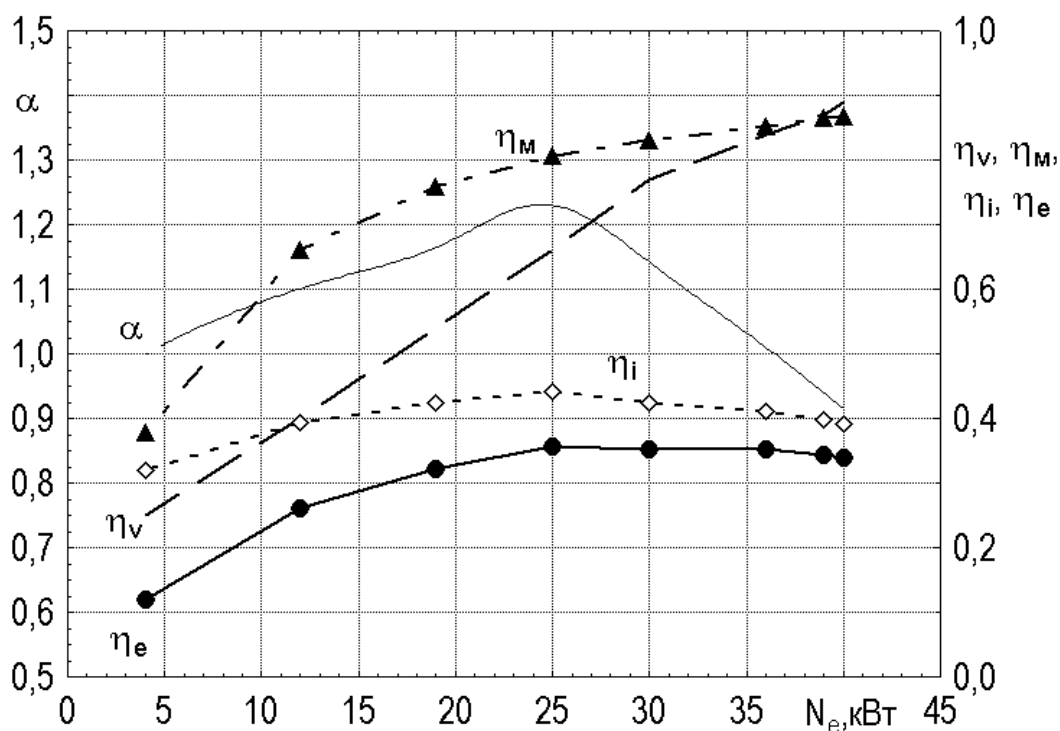


Рисунок 3 – График показателей по нагрузочной характеристике

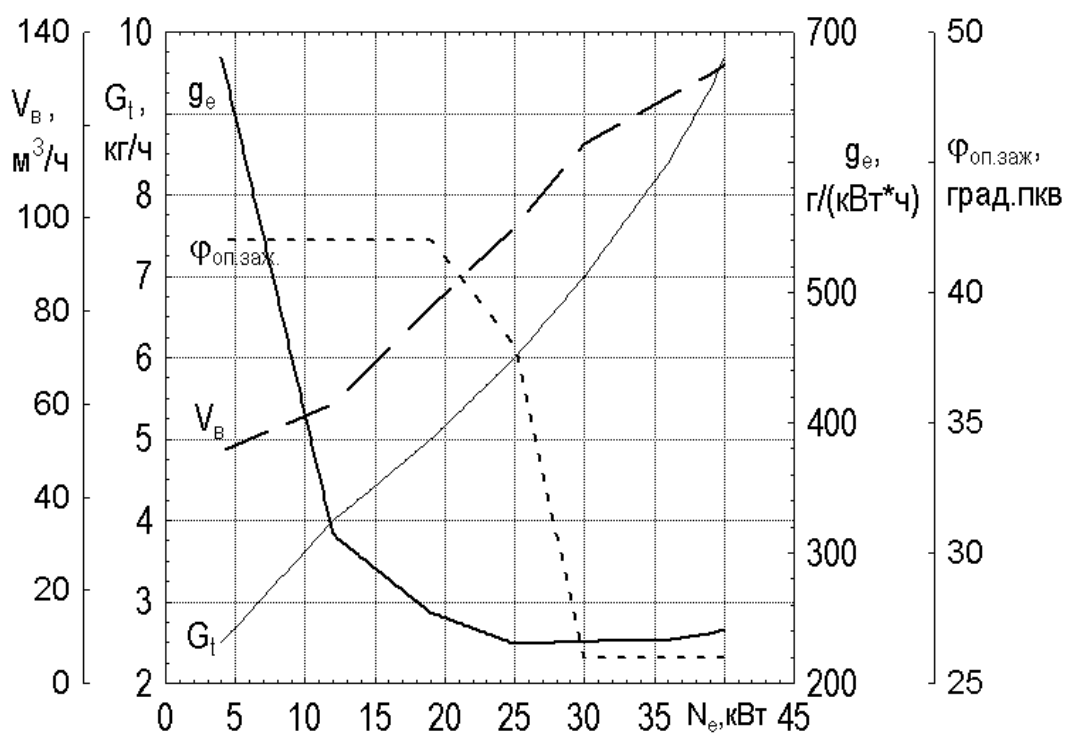


Рисунок 4 – График показателей по нагрузочной характеристике

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 топлив-

ной 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.

На графике, представляющем нагрузочную характеристику, по оси абсцисс откладывают один из параметров, характеризующий нагрузку (N_e , M_e , p_e), а по оси ординат – показатели работы двигателя.

Кроме основных зависимостей $g_e = f(N_e)$ и $G_T = f(N_e)$ на графике приводят изменения коэффициента избытка воздуха α , коэффициента наполнения η_v , расход воздуха V_v и других параметров.

Проанализируем характер протекания и причины изменения параметров работы двигателя по нагрузочной характеристике.

В карбюраторном двигателе изменение нагрузки осуществляется количественным регулированием, т.е. изменением коэффициента наполнения, определяемого положением дроссельной заслонки. При открытии дроссельной заслонки вследствие уменьшения гидравлического сопротивления снижается разрежение во впускном трубопроводе и соответственно растет расход воздуха V_v , увеличивается коэффициент наполнения η_v , расход горючей смеси, а, следовательно, и часовой расход топлива G_T .

Изменение удельного расхода топлива g_e связано с изменением механического и индикаторного коэффициентов полезного действия, так как

$$g_e = \frac{A}{\eta_i \times \eta_m}, \quad (7)$$

где A – постоянный коэффициент.

Изменение η_i в зависимости от нагрузки определяется в основном качеством смеси, характеризуемым коэффициентом избытка воздуха α .

На малых нагрузках ($\eta_v < 0,35$) топливо поступает в основном через систему холостого хода, которая обогащает смесь ($\alpha = 0,7-0,8$). Обогащение смеси увеличивает потери энергии из-за химического недогорания топлива, что приводит к снижению η_i .

На средних нагрузках работает главная дозирующая система карбюратора, готовящая обедненную смесь ($\alpha > 1$). В результате повышается полнота сгорания топлива, что приводит к увеличению η_i .

При увеличении нагрузки выше 85% номинальной ($\eta_v > 0,6$) смесь вновь обогащается за счет включения экономайзера ($\alpha = 0,8-0,95$). Это вновь приводит к снижению η_i из-за увеличения потерь на химическое недогорание топлива.

Механический коэффициент полезного действия η_m возрастает от 0 на холостом ходу до максимального значения при полном открытии дроссельной заслонки. Как известно,

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = 1 - \frac{P_m}{P_i}. \quad (8)$$

С увеличением нагрузки p_m несколько возрастает, главным образом за счет увеличения работы трения поршней, вызванного повышением давлений и температур в цилиндре.

На нагрузках, близких к холостому ходу, p_m также увеличивается, что связано с ростом потерь на газообмен, так как на этих режимах значительно прикрывается дроссельная заслонка и увеличивается сопротивление впускной системы. Однако изменение механических потерь в условиях нагрузочной характеристики несущественно, поэтому p_m можно считать постоянным.

Среднее индикаторное давление p_i с увеличением степени открытия дроссельной заслонки увеличивается главным образом за счет увеличения коэффициента наполнения η_v .

Увеличение p_i с ростом нагрузки приводит к уменьшению отношения p_m/p_i и, следовательно, к увеличению механического коэффициента полезного действия η_m . Отметим, что η_m оказывает наиболее сильное влияние на зависимость $g_e = f(N_e)$.

Таким образом, удельный эффективный расход топлива g_e уменьшается с ростом нагрузки за счет увеличения η_i и η_m . Наименьший эффективный удельный расход топлива достигается при максимальном значении произведения $\eta_i \times \eta_m$. В диапазоне нагрузок 80...100% от полной, несмотря на продолжающийся рост η_m , эффективный расход топлива увеличивается из-за снижения η_i , вследствие перехода к обогащенным (мощностным) составам смеси. Изменение содержания токсичных компонентов на характеристике определяется совместным влиянием α , η_v и угла опережения зажигания.

2.2.2 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

1 Запустить программу в режиме «нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием».

2 Задать согласно заданию преподавателя требуемые начальные условия моделирования в разделе «доп. панель управления».

3 В режиме «стенд» включить подачу топлива с помощью поля «подача топлива».

4 Выставить требуемое положение дроссельной заслонки.

5 Управлением бегунка тормозного момента установить скоростной режим и произвести замер.

6 Изменив значение параметра положения дроссельной заслонки (шаг изменения 7%) и восстановив изменением нагрузки скоростной режим, производим следующий замер. Так получаем 8...10 точек.

7 Выключаем подачу топлива и на режиме «прокрутка» производим замеры в тех же точках моделирования (после каждого такого замера появляется сверху окна моделирования закрашенный треугольник).

8 Выписываем необходимые данные в режиме «протокол» в отчет.

9 По заданию преподавателя характеристика может быть снята на при разных значениях атмосферных условиях давления B_0 и температуры t_0 .

2.2.3 ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Для анализа характеристики необходимо занести в отчет следующие показатели: N_e , g_e , G_T , $\varphi_{\text{оп.зж.}}$, V_B , α , η_i , η_v , η_m , η_e .

В отчет необходимо включить исходные данные моделирования: атмосферные условия, конструктивные и эксплуатационные параметры.

В разделе «протокол» выводим на экран полученные показатели, и в отчет заносим значения параметров в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты моделирования нагрузочной характеристики двигателя с искровым зажиганием

№ замера	$\varphi_{\text{др}}$	N_e	V_B	G_T	$\varphi_{\text{оп.зж}}$	g_e	α	η_i	η_m	η_e	η_v
	%	кВт	м ³ /ч	кг/ч	град. пкв	г/(кВт×ч)					
$n = \dots \text{мин}^{-1}$											

Затем производится построение графиков характеристики. Показатели целесообразно разбить на две группы и построение вести на двух координатных осях:

1 группа N_e , g_e , G_T , $\varphi_{\text{оп.зж.}}$, $V_B = f(N_e)$,

2 группа α , η_i , η_v , η_m , $\eta_e = f(N_e)$.

В заключительной части лабораторной работы необходимо произвести анализ полученных результатов и сделать выводы.

2.3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПО СОСТАВУ СМЕСИ ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Цель работы: получение навыков снятия регулировочной характеристики бензинового двигателя по составу смеси и ознакомление с характером изменения показателей его работы при изменении качественного состава рабочей смеси.

2.3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Система питания должна приготавливать оптимальную по составу горючую смесь топлива с воздухом для любого режима работы двигателя при возможно более тонком распыливании топлива. При этом коэффициент избытка воздуха α , характеризующий состав смеси, должен для каждого режима работы иметь определенное значение.

Оптимальная характеристика системы питания формируется из следующих соображений:

- при работе на холостом ходу и малых нагрузках дроссельная заслонка закрыта и скорость воздуха в диффузоре невелика. В результате ухудшаются

условия распыливания и испарения топлива, при этом смесь загрязняется остаточными газами, условия горения плохие. Поэтому для устойчивой работы требуется обогащенная смесь $\alpha=0,8\dots0,9$;

- по мере увеличения нагрузки (с открытием дроссельной заслонки при одном скоростном режиме) разрежение в трубопроводе возрастает и улучшается смесеобразование. Для обеспечения высокой экономичности двигателя в зоне средних нагрузок требуется $\alpha=1,05\dots1,15$;

- для достижения максимальной мощности при полном дросселе смесь должна обогащаться и соответствовать $\alpha=0,8\dots0,96$;

- кроме этого система питания должна обеспечивать уверенный пуск, для этого требуется обогащение $\alpha=0,4\dots0,5$.

Для правильной настройки системы питания на соответствие состава смеси режиму работы необходимо снять серию регулировочных характеристик при нескольких положениях дроссельной заслонки и разных скоростных режимах.

Таким образом, регулировочная характеристика системы питания двигателя с искровым зажиганием – это зависимость эффективной мощности N_e , крутящего момента $M_{кр}$, часового G_T и удельного g_e расходов топлива и других показателей от показателя, характеризующего состав смеси. В нашем случае таким показателем будет выступать $K_{рк}$ – коэффициент регулировки карбюратора.

Снятие характеристики производится при постоянной частоте вращения и неизменном положении дроссельной заслонки. При этом практически неизменным остается коэффициент наполнения η_v .

Значению $K_{рк.опт}$ будут соответствовать максимальные величины индикаторного η_i и механического η_m КПД двигателя – это будет оптимум по минимуму удельного расхода топлива g_e (рисунок 5).

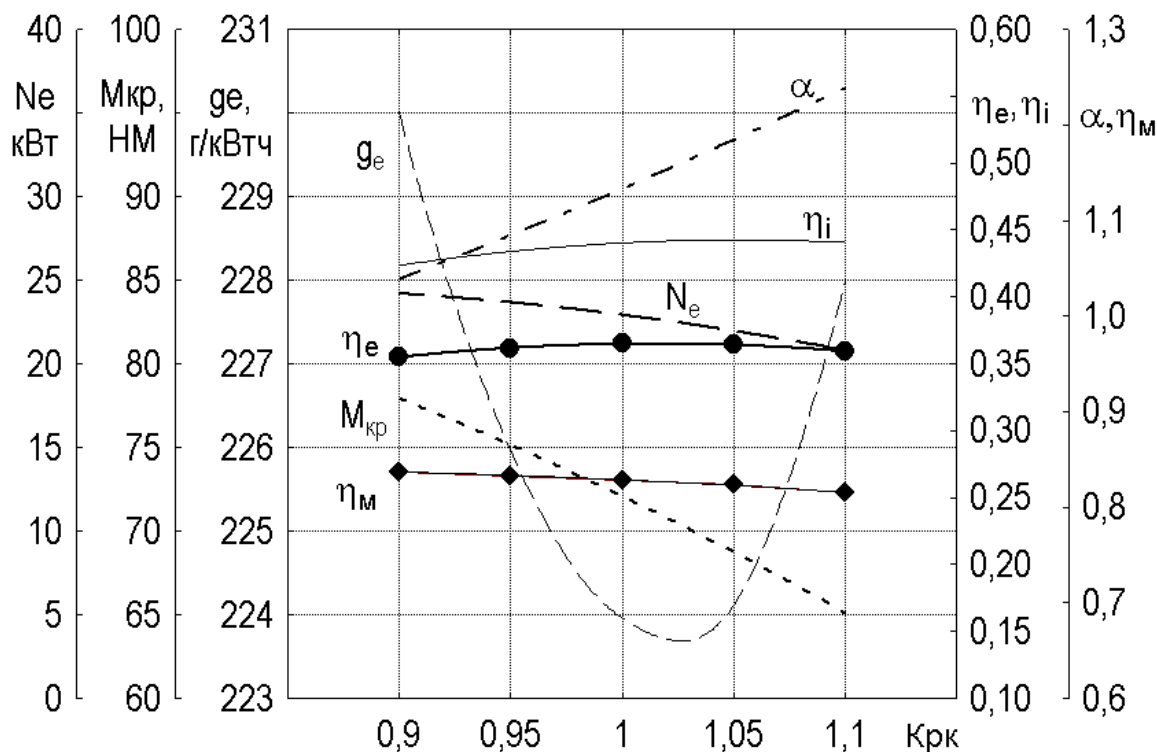


Рисунок 5 – Регулировочная характеристика по составу смеси ($\varphi_{др}=50\%$)

2.3.2 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

1 Запустить программу в режиме «нагрузочная характеристика ДВС с искровым зажиганием».

2 Согласно заданию преподавателя задать требуемые начальные условия моделирования в разделе «доп. панель управления» (выбрать параметр $K_{рк}$).

3 В режиме «стенд» включить подачу топлива с помощью поля «подача топлива».

4 Выставить требуемое положения дроссельной заслонки.

5 Управлением бегунка тормозного момента установить скоростной режим и произвести замер.

6 Изменив значение параметра $K_{рк}$ (шаг изменения 0,02 в диапазоне 0,9...1,1) и восстановив изменением нагрузки скоростной режим, произвести следующий замер. Так получаем 8...10 точек.

7 Выключить подачу топлива и на режиме «прокрутка» произвести замеры в тех же точках моделирования (после каждого такого замера появляется вверху окна моделирования закрашенный треугольник).

8 Выписать необходимые данные в режиме «протокол» в отчет.

9 Удалив результаты полем «удалить все» в режиме «стенд», повторить пункты 3...8 для другого положения дросселя (обычно 100%, 75%, 50%) при той же частоте вращения.

10 По заданию преподавателя характеристика может быть снята на 2 или 3 скоростных режимах.

2.3.3 ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В отчет необходимо включить исходные данные моделирования: атмосферные условия, конструктивные и эксплуатационные параметры.

В режиме «протокол» выводим на экран полученные результаты моделирования и заносим в отчет необходимые для анализа характеристики показатели (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты моделирования регулировочной характеристики по составу смеси

№ замера	$K_{рк}$	N_e	M_k	g_e	α	η_i	η_m	η_e	η_v
		кВт	Нм	г/(кВт×ч)					
$\Phi_{др} = \dots$					$n = \dots$				
$\Phi_{др} = \dots$					$n = \dots$				
$\Phi_{др} = \dots$					$n = \dots$				

Затем производится построение графиков характеристики (рисунок 5). Показатели целесообразно разбить на две группы и построение вести на двух координатных осях:

1 группа $N_e, M_k, g_e, G_T = f(K_{pk}, n)$,

2 группа $\alpha, \eta_i, \eta_v, \eta_m, \eta_e = f(K_{pk})$.

Графики для каждого положения дроссельной заслонки строятся отдельно. Произвести анализ полученных результатов и сделать выводы.

2.4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ НА РАЗНЫХ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМАХ ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Цель работы: получение навыков снятия регулировочной характеристики бензинового двигателя по углу опережения зажигания на различных нагрузочных режимах и ознакомление с характером изменения показателей его работы при изменении регулировки системы зажигания.

2.4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания представляет собой зависимость эффективной мощности, часового и удельного расходов топлива от угла опережения зажигания $N_e, G_T, g_e = f(\varphi_{оз})$ (рисунок 6). Снятие характеристики производится при постоянной частоте вращения и неизменном положении дроссельной заслонки. При этом практически неизменными остаются коэффициент наполнения η_v и коэффициент избытка воздуха α . В этих условиях за оптимальный угол опережения зажигания $\varphi_{оз.опт}$ принимается тот, которому соответствует наибольшая эффективная мощность и минимальный удельный эффективный расход топлива.

Значению $\varphi_{оз. опт}$ будут соответствовать максимальные величины индикаторного η_i и механического η_m кпд двигателя. Совпадение максимального значения η_m с максимальной величиной η_i при $\varphi_{оз.опт}$ объясняется зависимостью

$$\eta_m = 1 - \frac{p_m}{A \times \eta_v \times \frac{\eta_i}{\alpha}}, \quad (9)$$

где p_m – среднее давление механических потерь, МПа;

A – постоянный коэффициент.

Поскольку эффективный кпд вычисляется по формуле

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m, \quad (10)$$

очевидно, что при постоянных η_v и α его изменение (как и изменение N_e и g_e) определяется только изменением индикаторного кпд η_i .

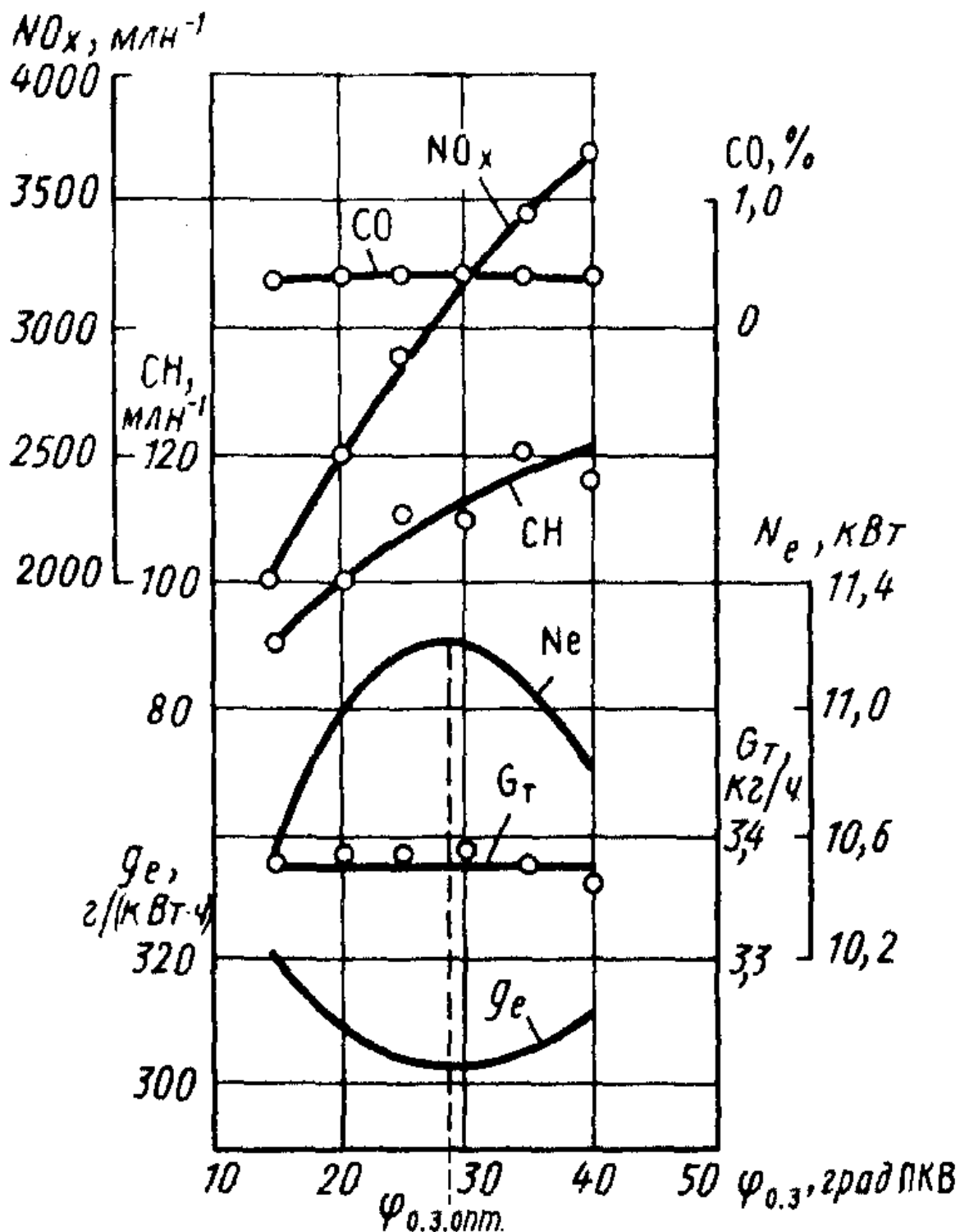


Рисунок 6 – Регулировочная характеристика бензинового двигателя по углу опережения зажигания

Если УОЗ меньше оптимального (позднее зажигание), то процесс сгорания смещается на линию расширения. В результате уменьшается степень расширения, возрастают потери теплоты в систему охлаждения и с отработавшими газами. При работе двигателя с поздним зажиганием происходит перегрев двигателя и снижение индикаторного КПД. В результате снижается мощность и ухудшается экономичность.

Если УОЗ больше оптимального (раннее зажигание), то значительная часть топлива сгорает до прихода поршня в в.м.т. в условиях уменьшающегося объема цилиндра, в результате увеличиваются потери на совершение отрицательной работы. Увеличиваются потери теплоты в систему охлаждения. Повышение при этом температуры и давления газов может явиться причиной возникновения детонации. Все это приводит к снижению индикаторного КПД двигателя. В результате снижается мощность и ухудшается экономичность.

УОЗ существенно влияет на токсичность ОГ.

При увеличении частоты вращения величина $\varphi_{\text{оз.опт}}$ возрастает, поскольку сокращается время, отводимое на процесс сгорания, что не может быть компенсировано даже некоторым увеличением скорости горения вследствие более сильной турбулизации заряда.

Уменьшение нагрузки (при $n=\text{const}$) также вызывает увеличение $\varphi_{\text{оз.опт}}$, что объясняется снижением коэффициента наполнения и увеличением коэффициента остаточных газов.

Иногда искусственно уменьшают УОЗ, делая его меньше оптимального, с целью уменьшения содержания NO_x в ОГ или для подавления детонации.

2.4.2 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

1 Запустить программу в режиме «нагрузочная характеристика ДВС с искровым зажиганием».

2 Согласно заданию преподавателя задать требуемые начальные условия моделирования в разделе «доп. панель управления» (выбрать параметр $\varphi_{\text{уст}}$).

3 В режиме «стенд» включить подачу топлива с помощью поля «подача топлива».

4 Выставить требуемое положение дроссельной заслонки.

5 Управлением бегунка тормозного момента установить скоростной режим и произвести замер.

6 Изменив значение параметра $\varphi_{\text{уст}}$ (шаг изменения 5° пкв, в диапазоне $-15 \dots 9,9^\circ$ пкв) и восстановив изменением нагрузки скоростной режим, произвести следующий замер. Так получаем 6...7 точек.

7 Выключить подачу топлива и на режиме «прокрутка» произвести замеры в тех же точках моделирования (после каждого такого замера появляется вверху окна моделирования закрасенный треугольник).

8 Выписать необходимые данные в режиме «протокол» в отчет.

9 Удалив результаты полем «удалить все» в режиме «стенд», повторить пункты 3...8 для другого положения дросселя (обычно 100%, 75%, 50%) при той же частоте вращения.

10 По заданию преподавателя характеристика может быть снята на 2 или 3 скоростных режимах.

2.4.3 ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В отчет необходимо включить исходные данные моделирования: атмосферные условия, конструктивные и эксплуатационные параметры.

В режиме «протокол» выводим на экран полученные результаты моделирования и заносим в отчет необходимые для анализа характеристики показатели (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты моделирования регулировочной характеристики по углу опережения зажигания

№ замера	$\varphi_{уст}$	N_e	G_T	g_e	α	η_i	η_m	η_e	η_v
	°ПКВ	кВт	кг/ч	г/(кВт×ч)					
100% дросселя, n=...									
75% дросселя, n=...									
50% дросселя, n=...									

Затем производится построение графиков характеристики. Показатели целесообразно разбить на две группы и построение вести на двух координатных осях:

1 группа $N_e, G_T, g_e = f(\varphi_{уст})$,

2 группа $\alpha, \eta_i, \eta_v, \eta_m, \eta_e = f(\varphi_{уст})$.

Графики для каждого положения дроссельной заслонки строятся отдельно. Произвести анализ полученных результатов и сделать выводы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Николаенко, А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей [Текст] / А. В. Николаенко. – М. : Колос, 1984. – 335 с.
- 2 Вырубов, Д. Н. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] / Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, М. И. Ивин. – М. : Машиностроение, 1983. – 372 с.
- 3 Луканин, В. Н. Двигатели внутреннего сгорания [Текст] : учебник [для вузов]. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян; под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 1995. – 368 с.
- 4 Луканин, В. Н. Двигатели внутреннего сгорания [Текст] : учебник [для вузов]. В 3 кн. Кн 3. Компьютерный практикум / В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян; под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 1995. – 256 с.

Борщенко Ярослав Анатольевич
Савельев Алексей Викторович

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Силовые агрегаты»
для студентов направления 190600.62

Часть вторая

Редактор Е.А. Могутова

Подписано в печать 24.01.14	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать цифровая	Усл. п.л. 1,5	Уч.-изд. л.1,5
Заказ 31	Тираж 50	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.