

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ,  
АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ**

**ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ**

**Журнал для проведения лабораторных работ  
по испытанию двигателей внутреннего сгорания  
и топливной аппаратуры дизелей**

**Группа \_\_\_\_\_**

**Обучающийся \_\_\_\_\_**

20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ уч. год

**КИРОВ  
Вятский ГАТУ  
2021**

**Лиханов В.А., Девятьяров Р.Р., Россихин А.В.** Тракторы и автомобили / Журнал для проведения лабораторных работ по испытанию двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей. - Киров: Вятский ГАТУ, 2021. - 58 с.

**Рецензенты:** профессор кафедры эксплуатации мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин, кандидат технических наук Л.А. Жолобов (ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА); заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка, кандидат технических наук, доцент А.В. Созонтов (ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ).

Журнал для проведения лабораторных работ по испытанию топливной аппаратуры и двигателей внутреннего сгорания для обучающихся инженерного факультета по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Журнал разработан академиком доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов **Лихановым В.А.** и доцентами этой же кафедры, кандидатами технических наук **Девятьяровым Р.Р.** и **Россохиным А.В.** рассмотрено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией инженерного факультета Вятского ГАТУ.

© В.А. Лиханов, Р.Р. Девятьяров, А.В. Россохин, 2021  
© Вятский государственный агротехнологический университет, 2021

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Общие положения	5
Определяемые параметры и погрешности их измерения	6
1. Общие вопросы стендовых испытаний	9
1.1. Стенды и приборы для испытаний топливной аппаратуры	9
1.2. Содержание стендовых испытаний ДВС	11
2. Методика снятия регулировочных характеристик	14
2.1. Методика снятия регулировочной характеристики ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки	14
2.2. Методика снятия регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива	15
2.3. Методика снятия регулировочной характеристики двигателя с искровым зажиганием по углу опережения зажигания	16
3. Регулировочные характеристики	17
3.1. Регулировочная характеристика ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки	17
3.2. Регулировочная характеристика дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива	18
3.3. Регулировочная характеристика двигателя с искровым зажиганием по углу опережения зажигания	20
4. Методик снятия нагрузочных характеристик	22
4.1. Методика снятия нагрузочной характеристики ТНВД	22
4.2. Методика снятия нагрузочной характеристики дизеля	23
4.3. Методика снятия нагрузочной характеристики двигателя с искровым зажиганием	24
5. Нагрузочные характеристики	25
5.1. Нагрузочная характеристика ТНВД	25
5.2. Нагрузочная характеристика дизеля	26
5.3. Нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием	27
6. Методика снятия скоростных характеристик	28
6.1. Методика снятия скоростных характеристик ТНВД	28
6.2. Методика снятия скоростных характеристик дизеля	29
6.3. Методика снятия регуляторной характеристики дизеля	30

6.4. Методика снятия скоростных характеристик двигателя искровым зажиганием	31
7. Скоростные характеристики	32
7.1. Скоростная характеристика ТНВД (регулятор выключен)	32
7.2. Скоростная характеристика ТНВД (регулятор включен)	32
7.3. Скоростная характеристика дизеля (регулятор выключен)	34
7.4. Скоростная характеристика дизеля (регулятор включен)	34
7.5. Регуляторная характеристика дизеля	36
7.6. Скоростная характеристика двигателя с искровым зажиганием (регулятор включен)	37
7.7. Скоростная характеристика двигателя с искровым зажиганием (регулятор выключен)	37
8. Характеристики двигателя с впрыском топлива	39
8.1. Влияние установочного угла опережения зажигания на основные показатели работы двигателя на режиме холостого хода	39
8.2. Изменение показателей работы ДВС при подключении дополнительного оборудования (кондиционер)	40
8.3. Изменение показателей работы ДВС при неисправностях систем двигателя	40
8.4. Регулировочная характеристика по составу смеси бензинового двигателя	41
8.5. Характеристика холостого хода двигателя	42
9. Методика регулировок топливной аппаратуры дизелей	44
9.1. Методика регулировки топливных насосов высокого давления	44
9.2. Методика испытаний и регулировок форсунок по давлению начала впрыскивания	51
10. Регулировки топливной аппаратуры дизелей	52
10.1. Регулировки ТНВД	52
10.2. Испытание и регулировка форсунок по давлению начала впрыскивания	56
Литература	57

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Испытания ДВС и ТА обучающимися проводятся в соответствии с учебным планом подготовки по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

На первом занятии обучающиеся получают журналы для записи и обработки экспериментальных данных, изучают конструкцию стендов и правила их технической эксплуатации, получают инструктаж по технике безопасности и противопожарным мероприятиям при проведении лабораторных работ.

До выполнения лабораторной работы студент обязан теоретически подготовиться к ней, используя лекции, рекомендуемую учебную и методическую литературу. При недостаточной подготовке, выявленной ведущим преподавателем или учебным мастером, студент не допускается к лабораторной работе.

Каждая лабораторная работа выполняется звеньями по 3...4 студента на соответствующем рабочем месте, с использованием данного журнала, методических указаний, стендового оборудования.

Записи и расчет табличных значений в журнале производятся карандашом.

Построение характеристик по результатам расчетов рекомендуется производить в масштабах, указанных в ГОСТ 18509-88 и ГОСТ 14846-81 с учетом их стандартного вида, приведенного в ГОСТах и методической литературе.

К началу следующего цикла стендовых испытаний студент обязан заполнить все разделы журнала, касающиеся предыдущих лабораторных занятий и подготовиться для отчета по пройденным разделам.

Отчет студента по каждому циклу стендовых испытаний включает проверку знания им назначения, методики снятия и построения характеристики, оценку правильности проведенного анализа и сделанных в результате его выводов.

## ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ПОГРЕШНОСТИ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

При стендовых испытаниях ДВС и ТА определяются следующие параметры представленные в табл. 1.

Таблица 1

### Стандартизованные параметры и погрешности их измерения

Наименование параметров по ГОСТ 18509-88	Обозначение	Единица измерения	Погрешность, не более
1. Крутящий момент	$M_k$	Н·м	$0,005M_k$
2. Частота вращения коленчатого вала, далее «частота вращения»	$n$	мин <sup>-1</sup>	$0,005 n_n$ , но не более $10 \text{ мин}^{-1}$
3. Расход топлива	$G_T$	кг/ч	$0,005G_T$
4. Расход воздуха, поступающего в цилиндры дизеля	$G_B$	кг/ч	$0,02G_B$
5. Атмосферное давление	$B_{окр}$	кПа	0,1
6. Давление во впускном трубопроводе	$p_{вп}$	кПа	0,05
7. Давление в выпускном трубопроводе	$p_r$	кПа	0,05
8. Температура окружающего воздуха	$t_{окр}$	°С	1
9. Температура отработавших газов в выпускных патрубках и в выпускном трубопроводе	$t_r$	°С	10
10. Температура охлаждающей жидкости на выходе из дизеля	$t_{жс}$	°С	3
11. Установочный угол опережения впрыскивания топлива	$\Theta_{ВПР}$	градус	1
12. Установочный угол опережения зажигания	$\Theta_{ЗАЖ}$	градус	1

## Производные и расчетные параметры (ГОСТ 18509-88)

Наименование параметров	Обозначение	Ед. изм.	Расчетная формула
1. Показания весового устройства стенда КИ-5543	$P_{тор}$	кгс	-
2. Частота вращения якоря стенда	$n_{тор}$	мин <sup>-1</sup>	$n_{тор} = n$
3. Крутящий момент	$M_k$	Н·м	$M_k = P_{тор} \cdot l \cdot 9,81$
4. Эффективная мощность двигателя	$N_e$	кВт	$N_e = \frac{M_k \cdot n}{9550}$
5. Расход топлива за опыт	$G_o$	г	50 или 100 г
6. Часовой расход топлива	$G_T$	кг/ч	-
7. Время опыта	$\tau_o$	с	$\tau_o = 3,6 \cdot \frac{G_o}{G_T}$ или по секундомеру
8. Удельный эффективный расход топлива	$g_e$	г/кВт·ч	$g_e = \frac{G_T}{N_e} \cdot 10^3$
9. Расход воздуха, поступающего в цилиндры	$G_B$	кг/ч	$G_B = 25,632 \cdot \frac{n_{сч} \cdot \rho_{окр}}{\tau_o}$
10. Количество импульсов счетчика расхода воздуха	$n_{сч}$	-	-
11. Плотность окружающего воздуха	$\rho_{окр}$	кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{окр} = \frac{3480 \cdot B_{окр} \cdot 10^{-3}}{T_{окр}}$
12. Коэффициент наполнения	$\eta_V$	-	$\eta_V = \frac{33,6 \cdot G_B}{i \cdot V_h \cdot n \cdot \rho_{окр}}$
13. Коэффициент избытка воздуха	$\alpha$	-	$\alpha = \frac{G_B}{14,35 \cdot G_T}$
14. Среднее эффективное давление	$p_e$	МПа	$p_e = \frac{N_e \cdot 30 \cdot \tau_{дв}}{i \cdot V_h \cdot n}$
15. Эффективный КПД	$\eta_e$	-	$\eta_e = \frac{3600}{Q_H \cdot g_e}$
16. Низшая теплота сгорания топлива	$Q_H$	МДж/кг	- для бензина $Q_H = 43,93$ МДж/кг; - для дизельного топлива $Q_H = 42,50$ МДж/кг

17. Корректорный коэффициент запаса крутящего момента	$\mu_k$	%	$\mu = \frac{M_{k_{max}} - M_{k_{ном}}}{M_{k_{ном}}} \cdot 100$
18. Давление начала впрыскивания форсунки	$p_{впр}$	МПа	-
19. Цикловая подача топлива для ТНВД	$q_{ц}$	мл/ц	$q_{ц} = \frac{V_{CP}}{n_{ц}}$
20. Количество циклов на задачке электронного блока стенда для испытаний ТНВД	$n_{ц}$	-	-
21. Неравномерность подачи топлива секциями насоса	$\delta$	%	$\delta = \frac{2 \cdot (V_{max} - V_{min})}{V_{max} + V_{min}} \cdot 100$
22. Условное среднее давление внутренних потерь	$p_T$	МПа	$p_T = a \cdot P_{мор}$
23. Коэффициент пропорциональности для четырехтактных ДВС	$a$	-	$a = 1,256 \cdot 10^4 \frac{l}{iV_h}$
24. Цикловой расход топлива для ДВС	$q_{ц}$	мг/цикл	$q_{ц} = \frac{G_T \cdot 1000}{2 \cdot 60 \cdot n}$

где  $l$  – плечо весового устройства стенда,  $l = 0,716$  м;

$\tau_{дв}$  - тактность двигателя,  $\tau_{дв} = 4$  – для 4-х тактного двигателя;

$i \cdot V_h$  - литраж двигателя, л;

-  $i \cdot V_h = 4,75$  л - для дизеля Д-240;

- -  $i \cdot V_h = 1,60$  л - для двигателя ВАЗ-21124;

-  $i \cdot V_h = 4,67$  л - для двигателя ЗМЗ-5234;

-  $i \cdot V_h = 6,00$  л - для двигателя ЗиЛ-508.10;

-  $i \cdot V_h = 3,48$  л - для двигателя ГАЗ-52.



# 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

## 1.1. Стенды и приборы для испытаний топливной аппаратуры

### 1.1.1. Стенды для испытаний топливных насосов высокого давления

Общие принципы работы стендов для проверки и испытаний ТНВД \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

Основные сборочные единицы стенда КИ-22205 \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

Основные сборочные единицы стенда КИ-15711 \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

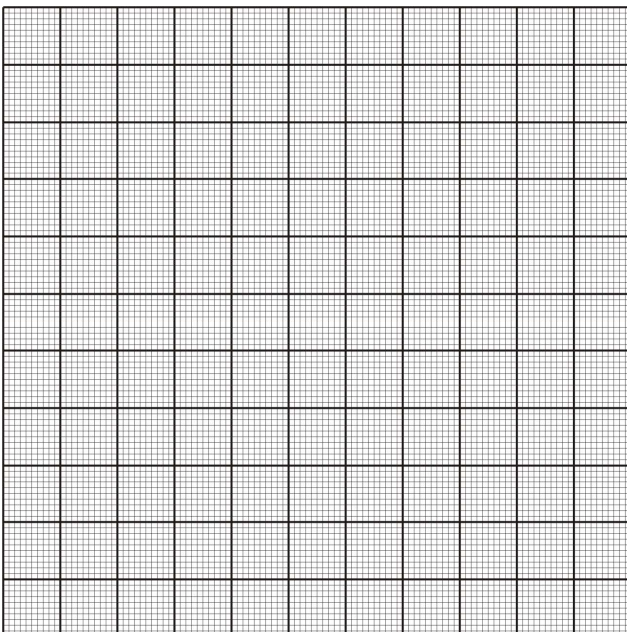


Рис. 1. Схема присоединения  
топливопроводов стенда КИ-22205  
к ТНВД типов 4УТНМ, ТН, НД

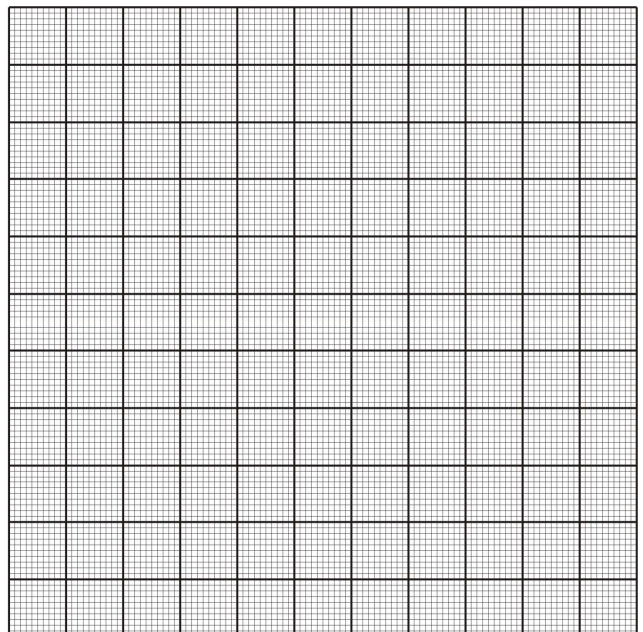


Рис. 2. Схема присоединения  
топливопроводов стенда КИ-15711  
к ТНВД типов 33, 60, 80,90



## 1.2. Содержание стендовых испытаний ДВС

### 1.2.1. Назначение и классификация испытаний

Назначение стендовых испытаний \_\_\_\_\_

Основные виды стендовых испытаний ДВС:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_

ГОСТ 18509-88 регламентирует условия снятия следующих характеристик тракторного дизеля

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_

ГОСТ 14846-81 регламентирует условия снятия следующих характеристик автомобильного двигателя

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_

### 1.2.2. Классификация тормозных установок

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

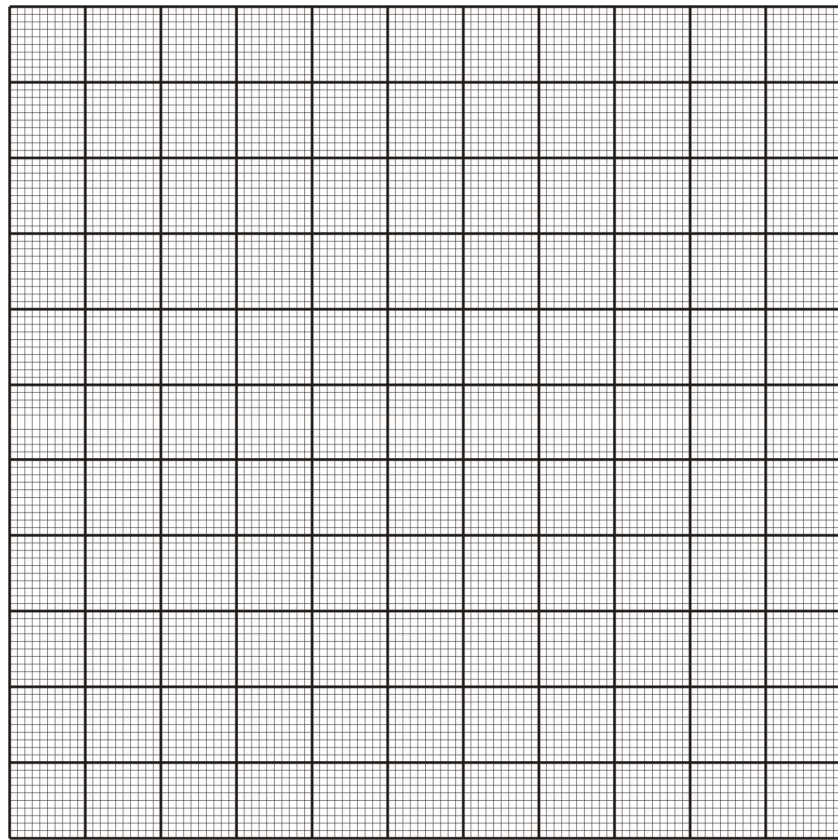


Рис. 3. Принципиальная схема стенда для испытания ДВС

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_
- 5. \_\_\_\_\_
- 6. \_\_\_\_\_
- 7. \_\_\_\_\_
- 8. \_\_\_\_\_
- 9. \_\_\_\_\_
- 10. \_\_\_\_\_
- 11. \_\_\_\_\_
- 12. \_\_\_\_\_

### 1.2.3. Принцип работы стенда для испытаний ДВС

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 1.2.4. Приборы и оборудование, применяемые при стендовых испытаниях ДВС и принцип их действия

При стендовых испытаниях ДВС применяется для замера:

- расхода воздуха \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- расхода топлива \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- частоты вращения коленчатого вала \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- времени опыта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- давления окружающей среды \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- температуры окружающей среды \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- давления масла в двигателе \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- температуры охлаждающей жидкости \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- температуры отработавших газов \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Работу сдал \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

## 2. МЕТОДИКА СНЯТИЯ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 2.1. Методика снятия регулировочной характеристики ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки

Назначение регулировочной характеристики ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

Методика снятия регулировочной характеристики ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

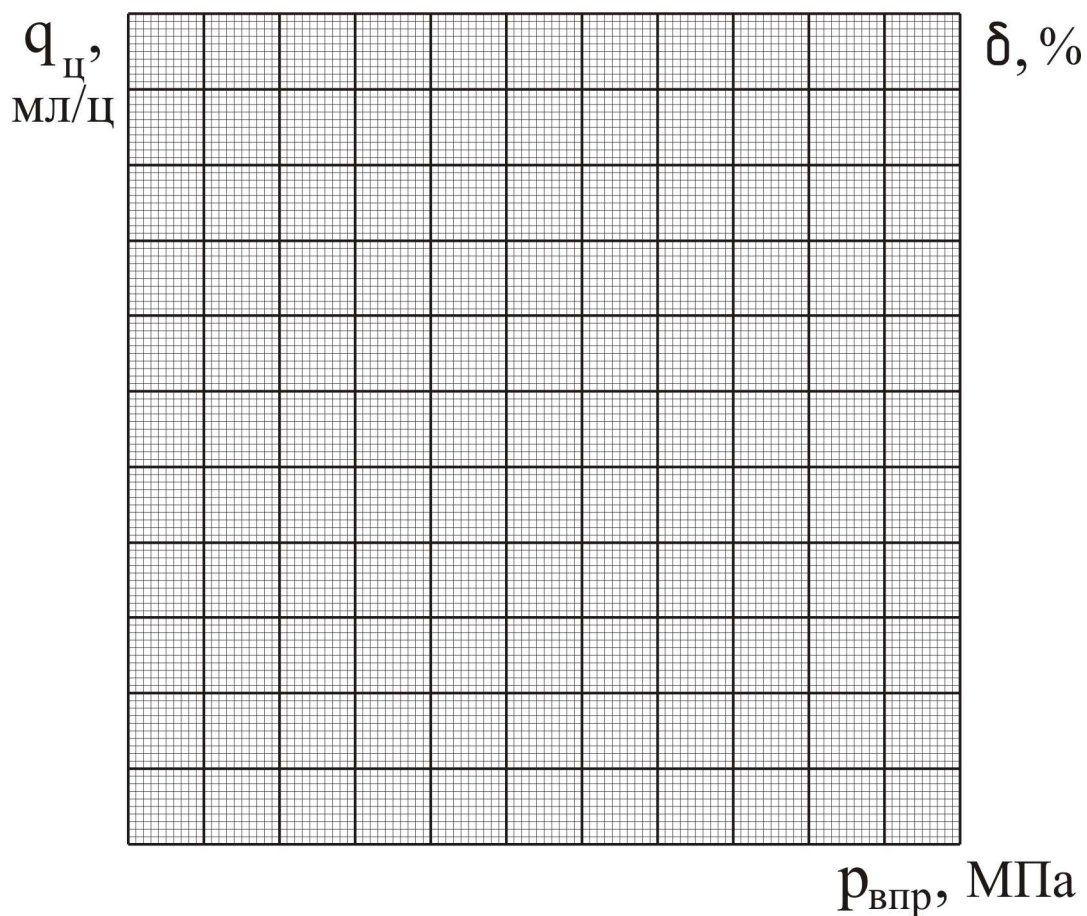


Рис. 4. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

## 2.2. Методика снятия регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива

Назначение регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

Методика снятия регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

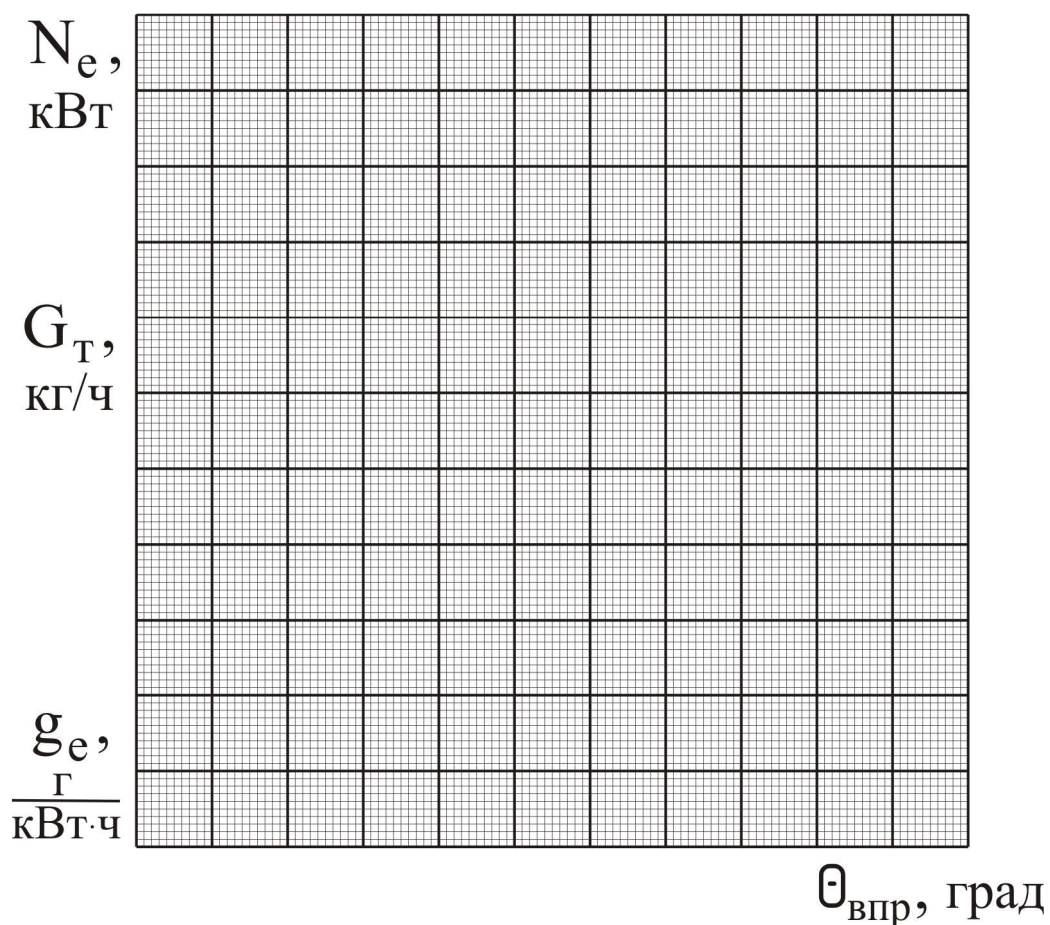


Рис. 5. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)



### 2.3. Методика снятия регулировочной характеристики двигателя с искровым зажиганием по углу опережения зажигания

Назначение регулировочной характеристики двигателя с искровым зажиганием по углу опережения зажигания \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

Методика снятия регулировочной характеристики двигателя с искровым зажиганием по углу опережения зажигания \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

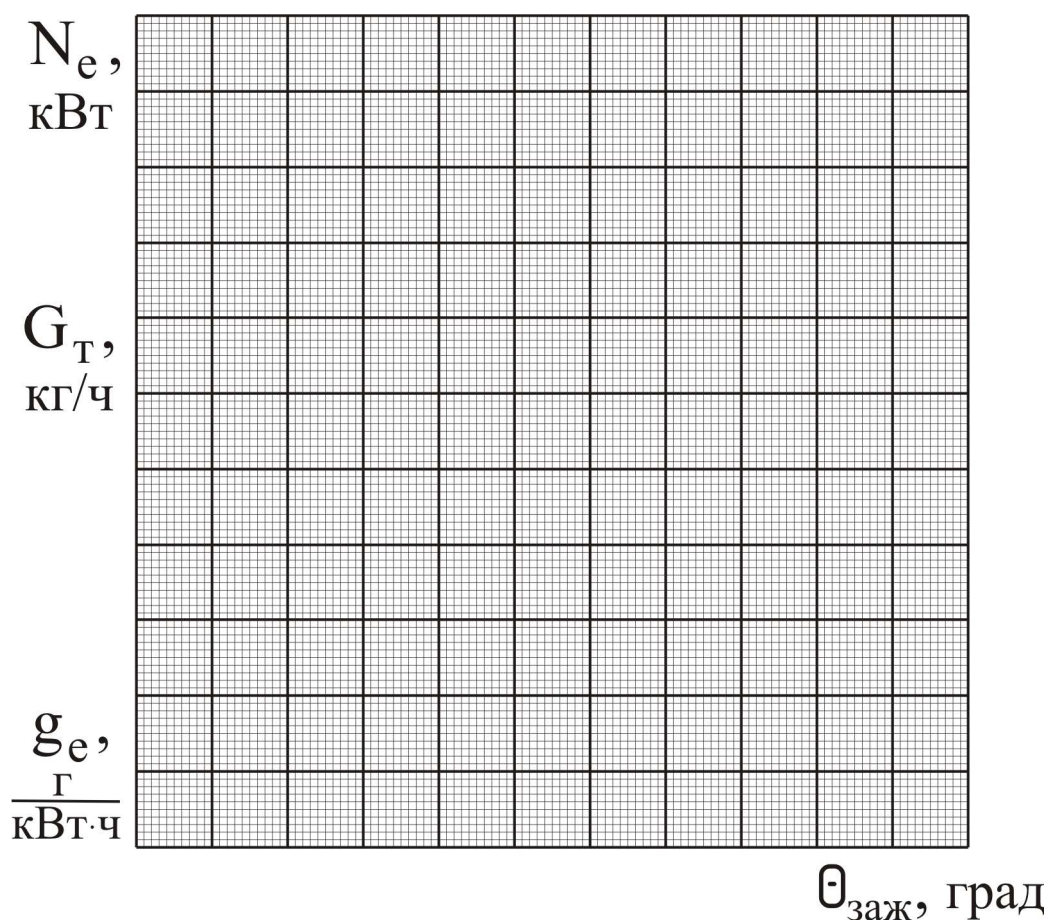


Рис. 6. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

Работу сдал \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_



### 3. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

#### 3.1. Регулировочная характеристика ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки

Дата \_\_\_\_\_ Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 ТНВД (марка) \_\_\_\_\_ Температура топлива \_\_\_\_\_ °С  
 Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °С Плотность топлива \_\_\_\_\_ т/м<sup>3</sup>

Таблица 3

Результаты измерений и обработки данных

$p_{впр},$ МПа	$n,$ мин <sup>-1</sup>	$n_{ц}$	$V_1,$ мл	$V_2,$ мл	$V_3,$ мл	$V_4,$ мл	$\Sigma V_i,$ мл	$V_{ср},$ мл	$q_{ц},$ мл	Неравно- мерность подачи $\delta, \%$
12,5										
15,0										
17,5										
20,0										

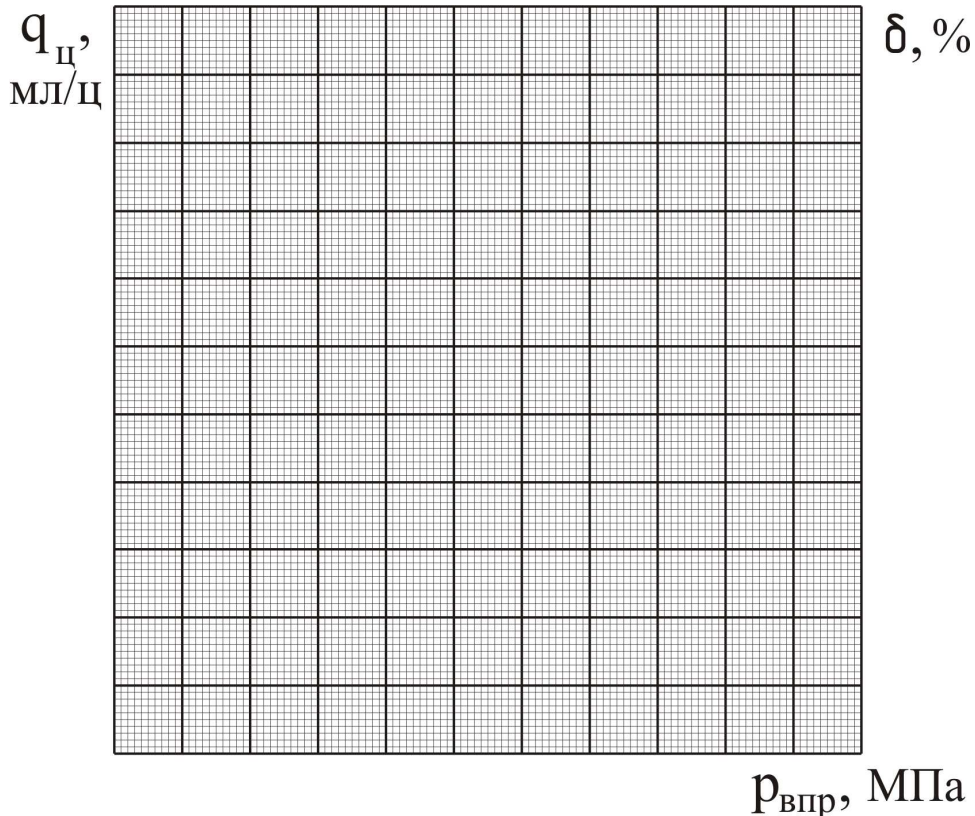


Рис. 7. Регулировочная характеристика ТНВД \_\_\_\_\_ по изменению давления начала впрыскивания форсунки

Анализ характеристики: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### 3.2. Регулировочная характеристика дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива

По ГОСТ 18509-88 регулировочная характеристика по установочному углу опережения впрыскивания топлива строится по данным нагрузочных характеристик, снятых при различных установочных углах опережения впрыскивания топлива, но не реже, чем через каждые 4 градуса угла поворота коленчатого вала. Регулировочную характеристику строят при постоянном расходе топлива.

Каждое звено подгруппы снимает только одну нагрузочную характеристику при заданной частоте вращения, но разных установочных углах опережения впрыскивания топлива, а при построении характеристики использует результаты двух других звеньев.

Дата \_\_\_\_\_ Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 Двигатель (модель) \_\_\_\_\_ Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °С

Таблица 4

#### Данные первого звена

№	$P_{тор}$ , кгс	$G_T$ , кг/ч	$n_{сч}$	$t_r$ , °С	$G_o$ , г	$N_e$ , кВт	$M_k$ , Н·м	$p_e$ , МПа	$q_e$ , г/кВт·ч	$\eta_e$	$\tau_o$ , с	$G_B$ , кг/ч
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

$n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

$\Theta_{впр} =$  \_\_\_\_\_ град. до ВМТ

#### Данные второго звена

№	$P_{тор}$ , кгс	$G_T$ , кг/ч	$n_{сч}$	$t_r$ , °С	$G_o$ , г	$N_e$ , кВт	$M_k$ , Н·м	$p_e$ , МПа	$q_e$ , г/кВт·ч	$\eta_e$	$\tau_o$ , с	$G_B$ , кг/ч
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

$n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

$\Theta_{впр} =$  \_\_\_\_\_ град. до ВМТ

Данные третьего звена

№	$P_{тор.}$ кГс	$G_T,$ кг/ч	$n_{сч}$	$t_r,$ °С	$G_o,$ г	$N_e,$ кВт	$M_k,$ Н·м	$p_e,$ МПа	$q_e,$ г/кВт·ч	$\eta_e$	$\tau_o, с$	$G_B,$ кг/ч
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

$n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

$\Theta_{впр} =$  \_\_\_\_\_ град. до ВМТ

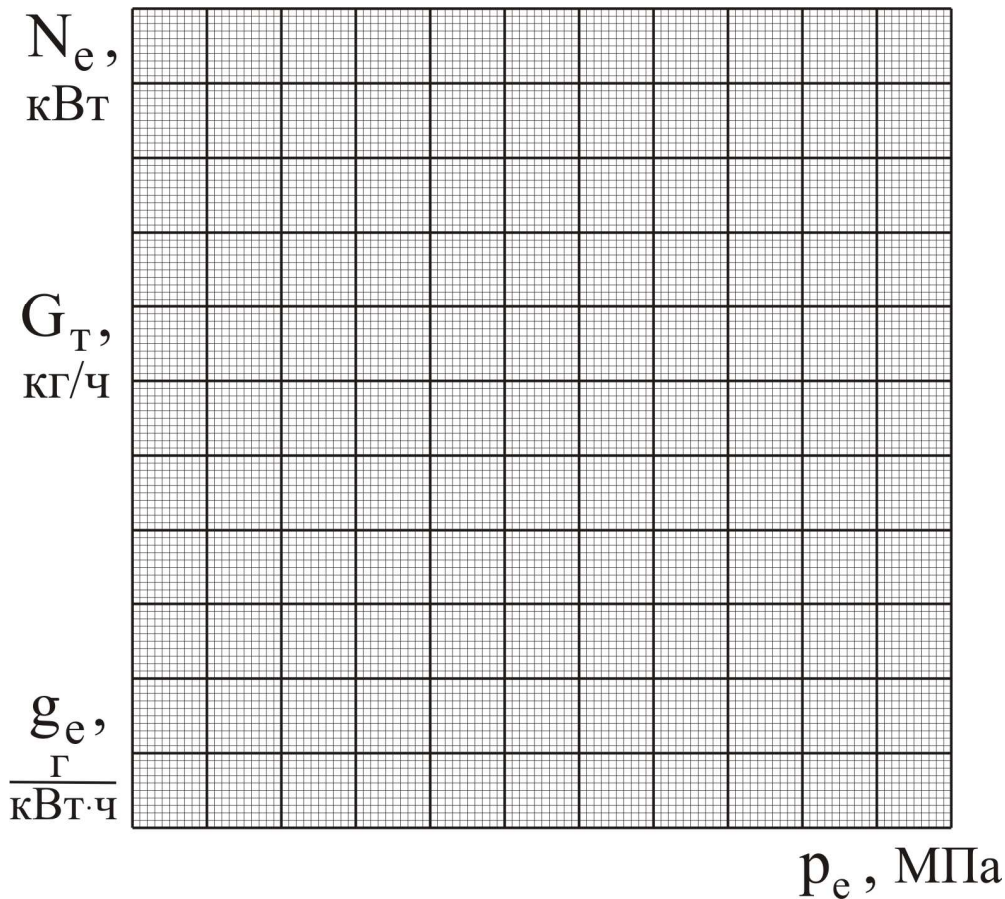


Рис. 8. Нагрузочные характеристики дизеля \_\_\_\_\_  
при  $n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

Условные обозначения:

- при  $\Theta_{впр} =$  \_\_\_\_\_ град.
- при  $\Theta_{впр} =$  \_\_\_\_\_ град.
- при  $\Theta_{впр} =$  \_\_\_\_\_ град.

При построении регулировочной характеристики необходимо задаться значением часового расхода топлива

$G_T = const =$  \_\_\_\_\_ кг/ч



Результаты измерений и обработки данных

$\Theta_{з\text{аж}}$	$P_{\text{тор}}$ , кгс	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$G_T$ , кг/ч	$n_{\text{сч}}$	$t_r$ , °С	$G_o$ , г	$N_e$ , кВт	$M_k$ , Н·м	$p_e$ , МПа	$q_e$ , г/кВт·ч	$\eta_e$	$\tau_o$ , с	$G_B$ , кг/ч

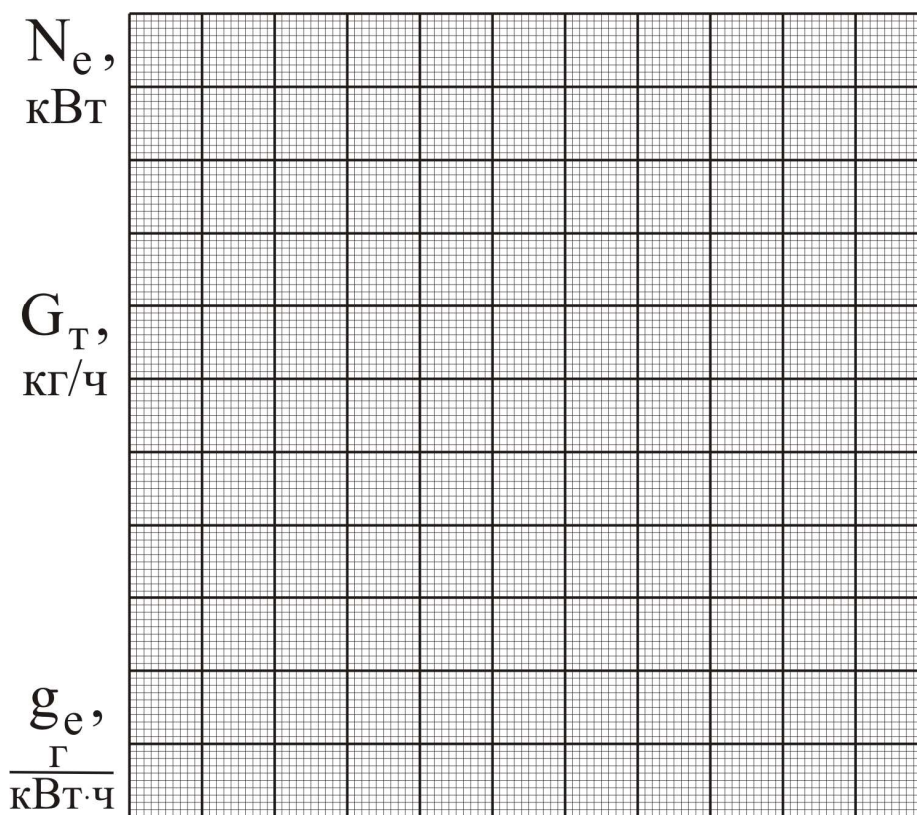


Рис. 10. Регулировочная характеристика двигателя с искровым зажиганием \_\_\_\_\_ по углу опережения зажигания при  $n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>  
 Анализ характеристики:

---



---



---



---



---

Работу сдал \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_





## 4.2. Методика снятия нагрузочной характеристики дизеля

Назначение нагрузочной характеристики дизеля \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---

Методика снятия нагрузочной характеристики дизеля \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---

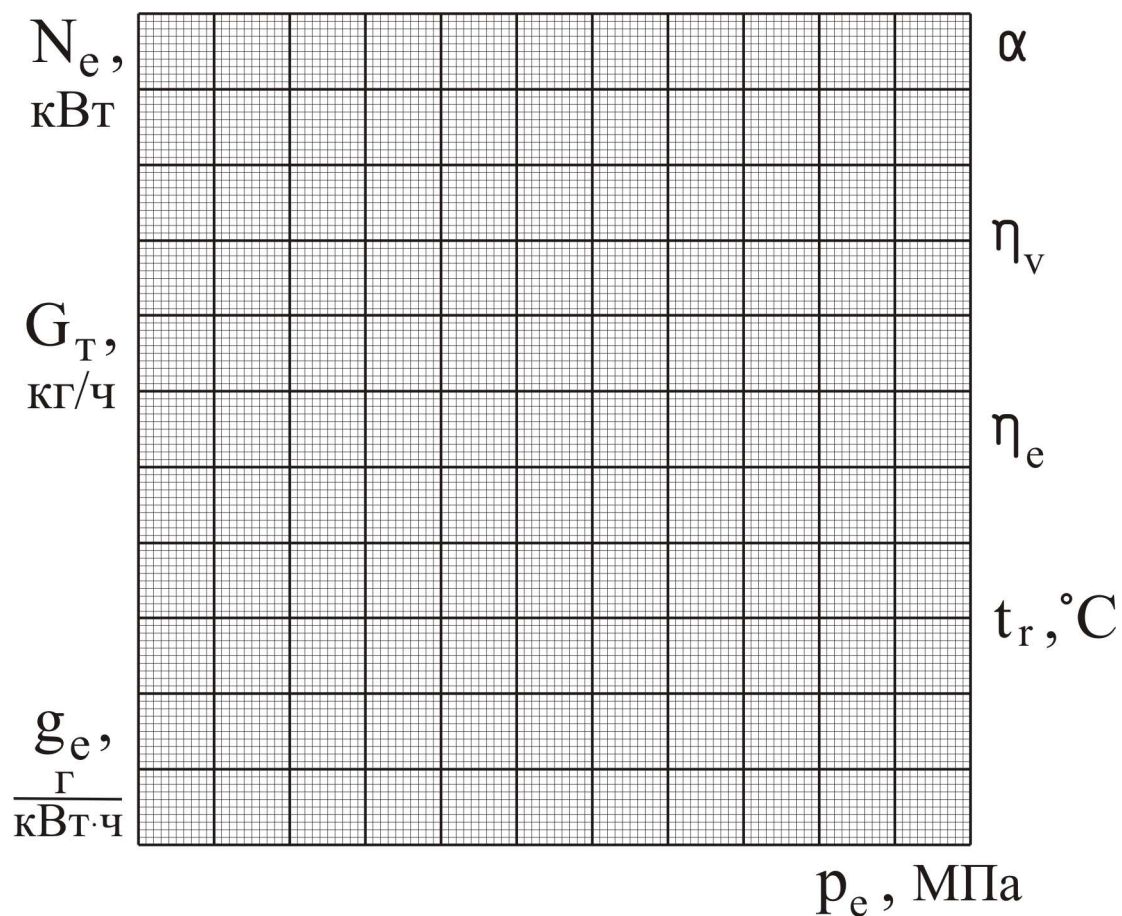


Рис. 12. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

### 4.3. Методика снятия нагрузочной характеристики двигателя с искровым зажиганием

Назначение нагрузочной характеристики двигателя с искровым зажиганием \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

Методика снятия нагрузочной характеристики двигателя с искровым зажиганием \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---

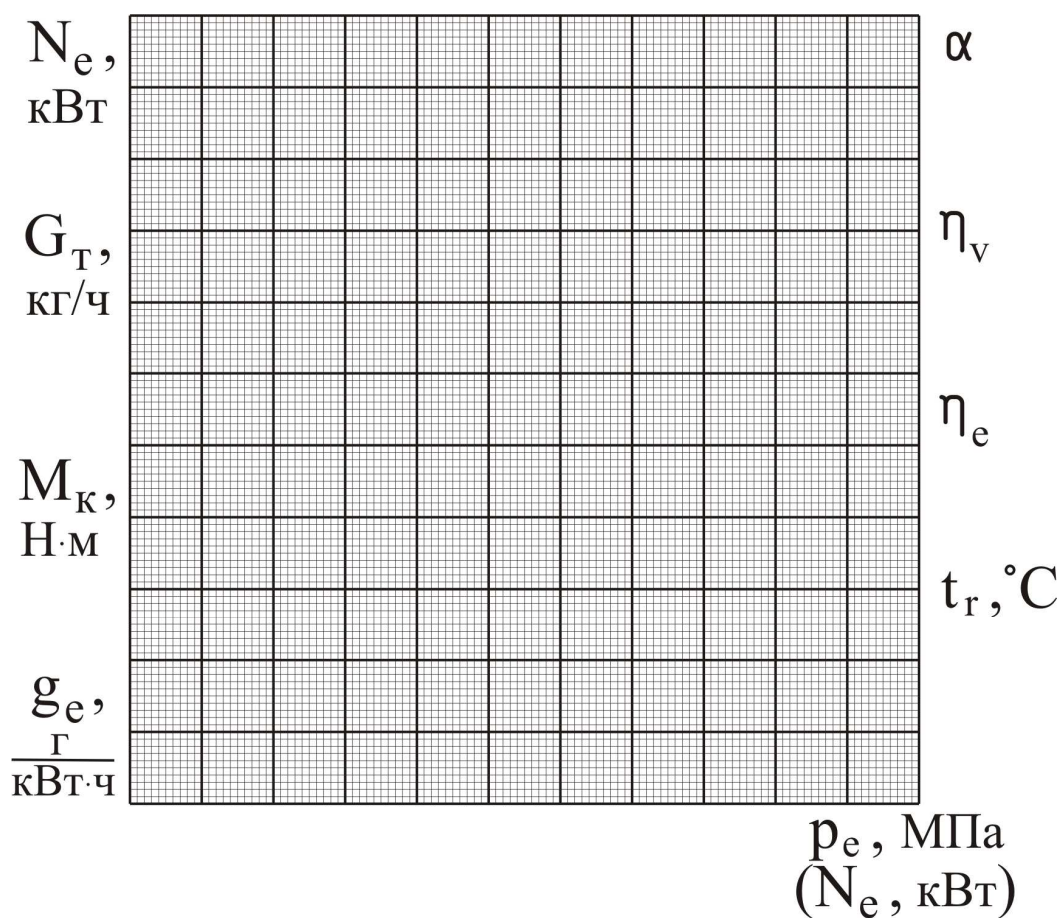


Рис. 13. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

Работу сдал \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_



## 5. НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

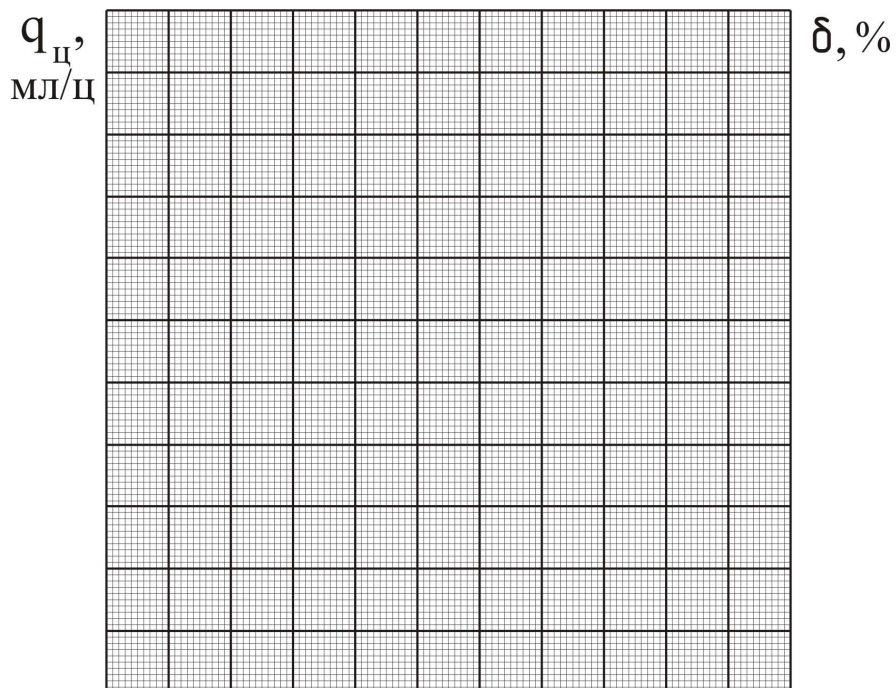
### 5.1. Нагрузочная характеристика ТНВД

Дата \_\_\_\_\_ Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 ТНВД \_\_\_\_\_ Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °С

Таблица 6

Результаты измерений и обработки данных

№ опыта	Ход рейки, h, мм	Частота вращения, n, мин <sup>-1</sup>	Подача топлива секциями, мл					n <sub>ц</sub>	q <sub>ц</sub> , мл/ц	δ, %
			V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	Σ V <sub>i</sub>			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										



h, мм

Рис. 14. Нагрузочная характеристика ТНВД \_\_\_\_\_ при n = \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

Анализ характеристики:

---



---



---



---



---

### 5.2. Нагрузочная характеристика дизеля

Дата \_\_\_\_\_ Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 Дизель \_\_\_\_\_ Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °С

Таблица 7

#### Результаты измерений и обработки данных

№ опыта	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_{\text{тор}}$ , кгс	$G_T$ , кг/ч	$n_{\text{сч}}$	$t_r$ , °С	$N_e$ , кВт	$M_k$ , Н·м	$p_e$ , МПа	$g_e$ , г/кВт·ч	$\eta_e$	$G_o$ , г	$\tau_o$ , с	$G_b$ , кг/ч	$\alpha$	$\eta_v$
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

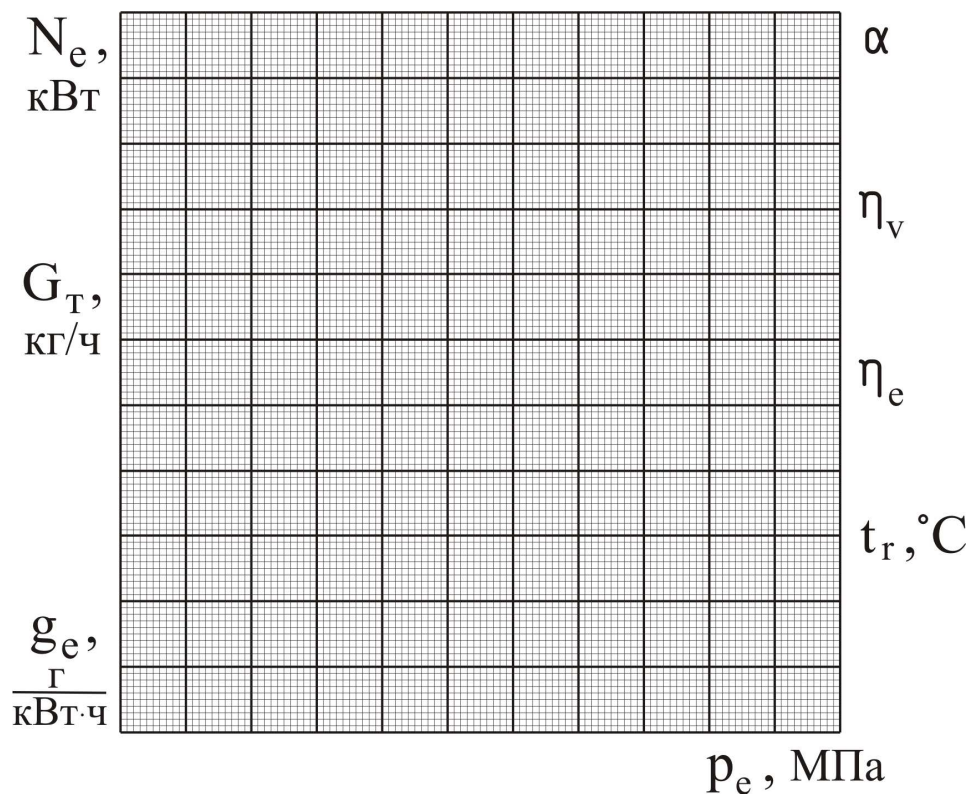


Рис. 15. Нагрузочная характеристика дизеля \_\_\_\_\_ при  $n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

Анализ характеристики:

---



---



---



---



---



---

### 5.3. Нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием

Дата \_\_\_\_\_ Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 Двигатель \_\_\_\_\_ Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °C

Таблица 8

Результаты измерений и обработки данных

№ опыта	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_{\text{тор}}$ , кгс	$G_T$ , кг/ч	$n_{\text{сч}}$	$t_r$ , °C	$N_e$ , кВт	$M_k$ , Н·м	$p_e$ , МПа	$g_e$ , г/кВт·ч	$\eta_e$	$G_o$ , г	$\tau_o$ , с	$G_b$ , кг/ч	$\alpha$	$\eta_v$
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

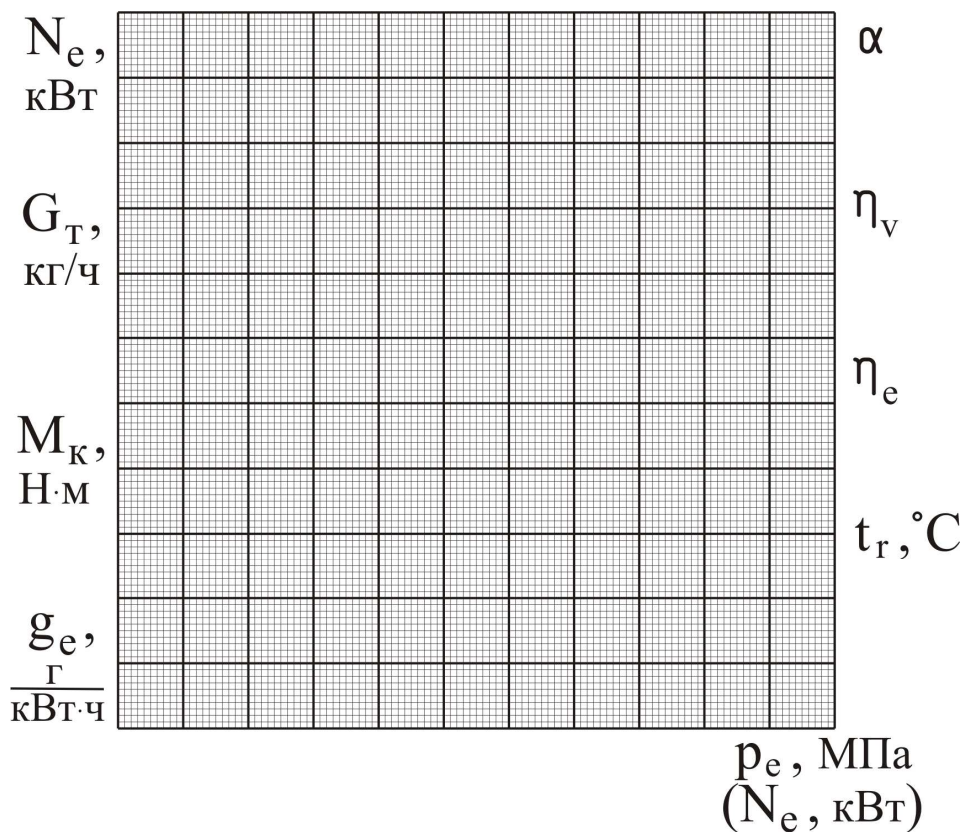


Рис. 16. Нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием \_\_\_\_\_ при  $n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>

Анализ характеристики: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Работу сдал \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_

## 6. МЕТОДИКА СНЯТИЯ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 6.1. Методика снятия скоростных характеристик ТНВД

Назначение скоростных характеристик ТНВД с включенным и выключенным регулятором \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

Методика снятия скоростных характеристик ТНВД с включенным и выключенным регулятором \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

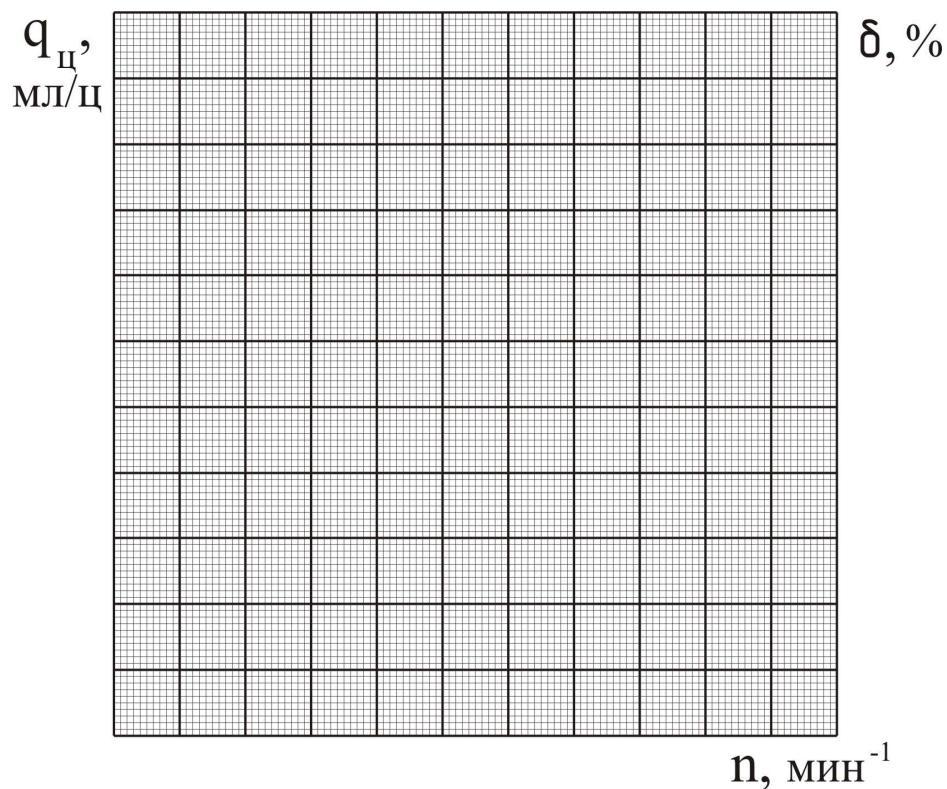


Рис. 17. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

Условные обозначения:

- регулятор включен;
- регулятор выключен.

## 6.2. Методика снятия скоростных характеристик дизеля

Назначение скоростных характеристик дизеля с включенным и выключенным регулятором \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

Методика снятия скоростных характеристик дизеля с включенным и выключенным регулятором \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

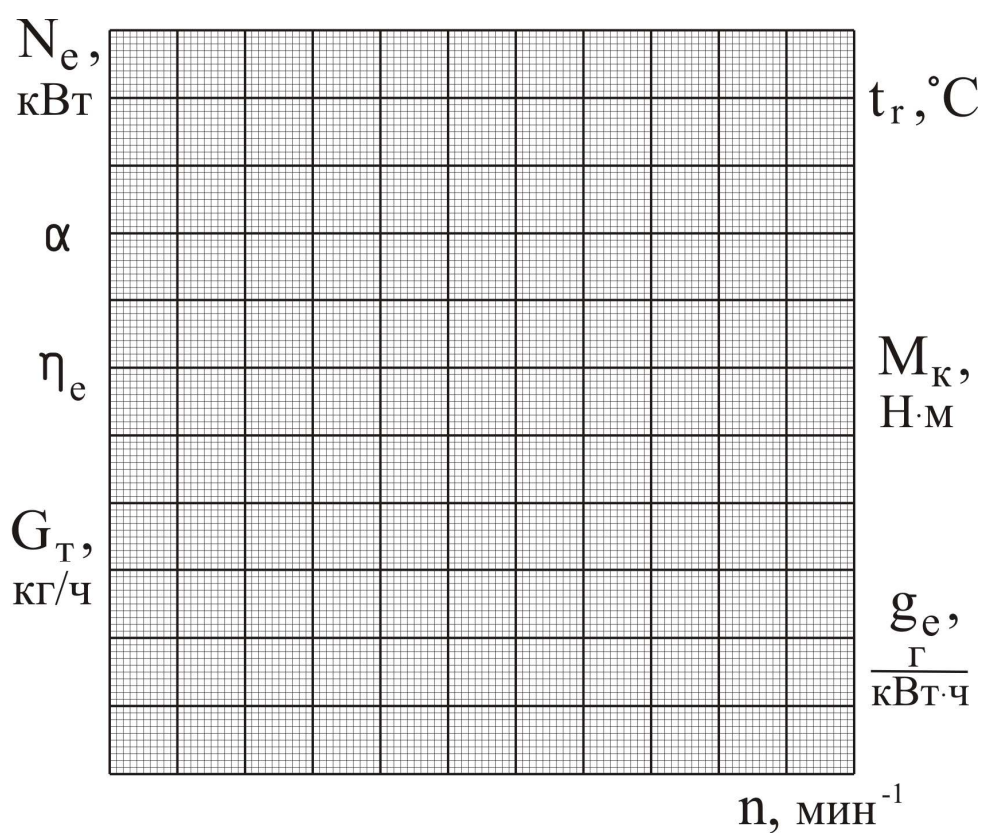


Рис. 18. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

Условные обозначения:

- регулятор включен;
- регулятор выключен



### 6.3. Методика снятия регуляторной характеристики дизеля

Назначение регуляторной характеристики дизеля \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---

Методика снятия регуляторной характеристики дизеля \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---

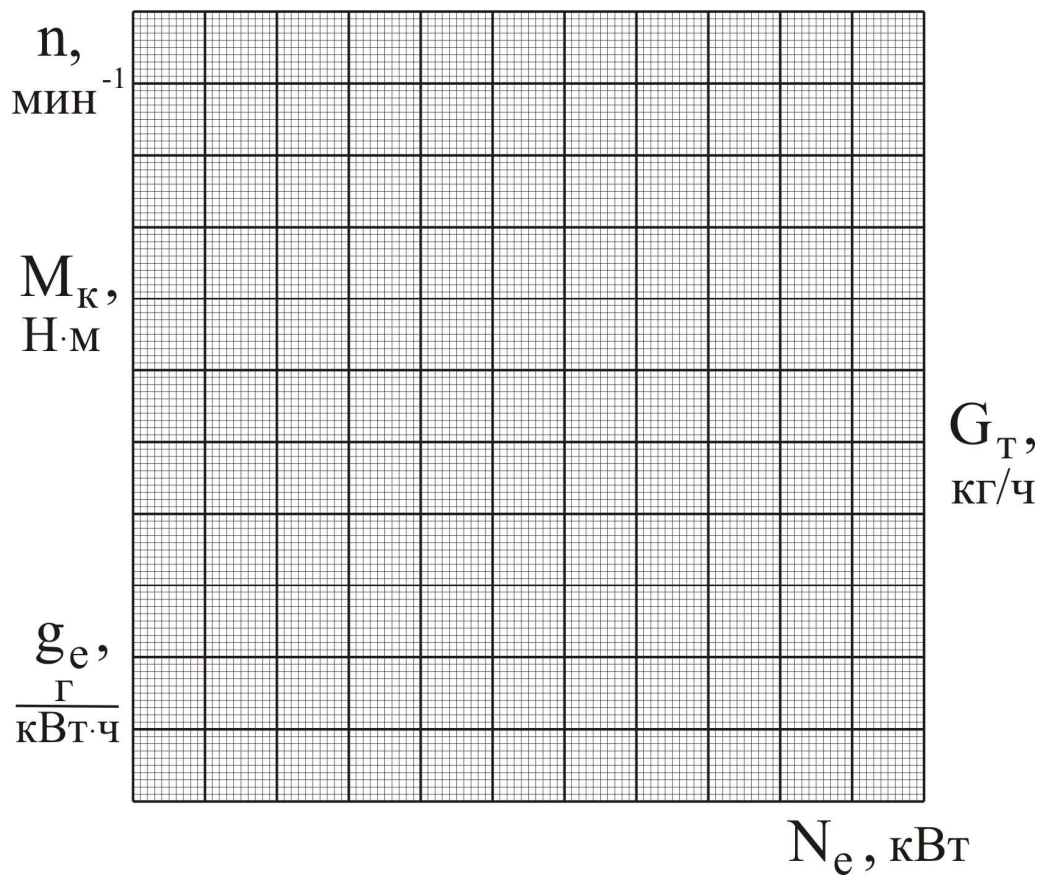


Рис. 19. Предполагаемый вид характеристики  
(по литературным источникам)

### 6.4. Методика снятия скоростных характеристик двигателя с искровым зажиганием

Назначение скоростных характеристик двигателя с искровым зажиганием \_\_\_\_\_

---



---



---



---

Методика снятия скоростных характеристик двигателя с искровым зажиганием \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

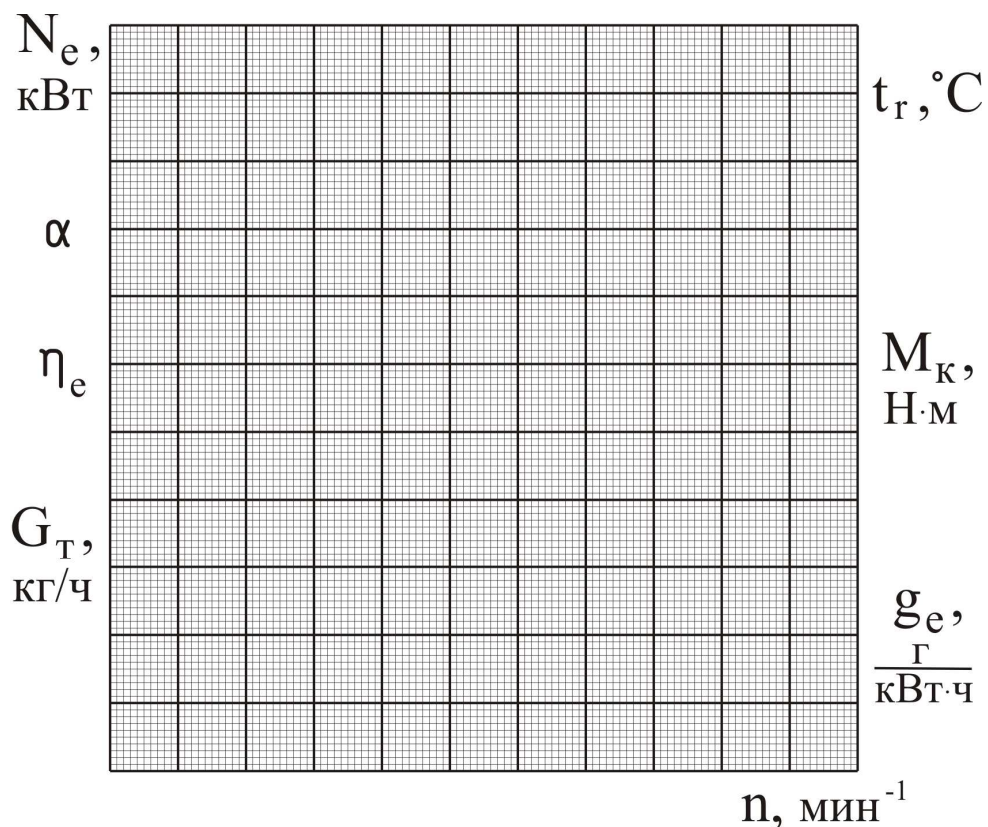


Рис. 20. Предполагаемый вид характеристики (по литературным источникам)

Условные обозначения:

Работу сдал \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_















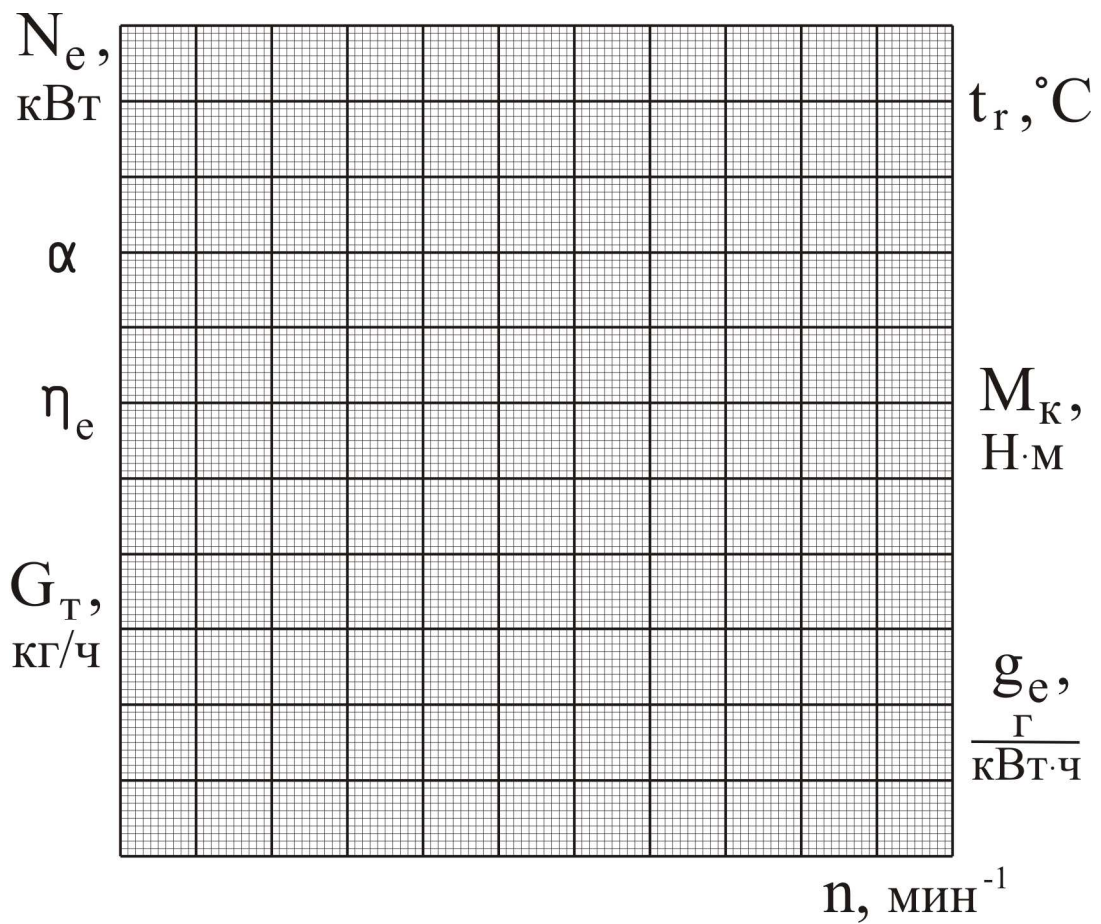


Рис. 24. Скоростные характеристики карбюраторного двигателя \_\_\_\_\_  
Условные обозначения:

Анализ характеристик:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работу сдал \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_



## 8. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ С ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА

### 8.1. Влияние установочного угла опережения зажигания на основные показатели работы двигателя на режиме холостого хода

Дата \_\_\_\_\_  
 Двигатель (модель) \_\_\_\_\_

Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °С

Таблица 15

Результаты измерений и обработки данных

№	$\theta_{\text{зж}}$	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$G_T$ , кг/ч	$G_B$ , кг/ч	$t_r$ , °С	Показатели токсичности ОГ				
						CO	CO <sub>2</sub>	CH	O <sub>2</sub>	$\lambda$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

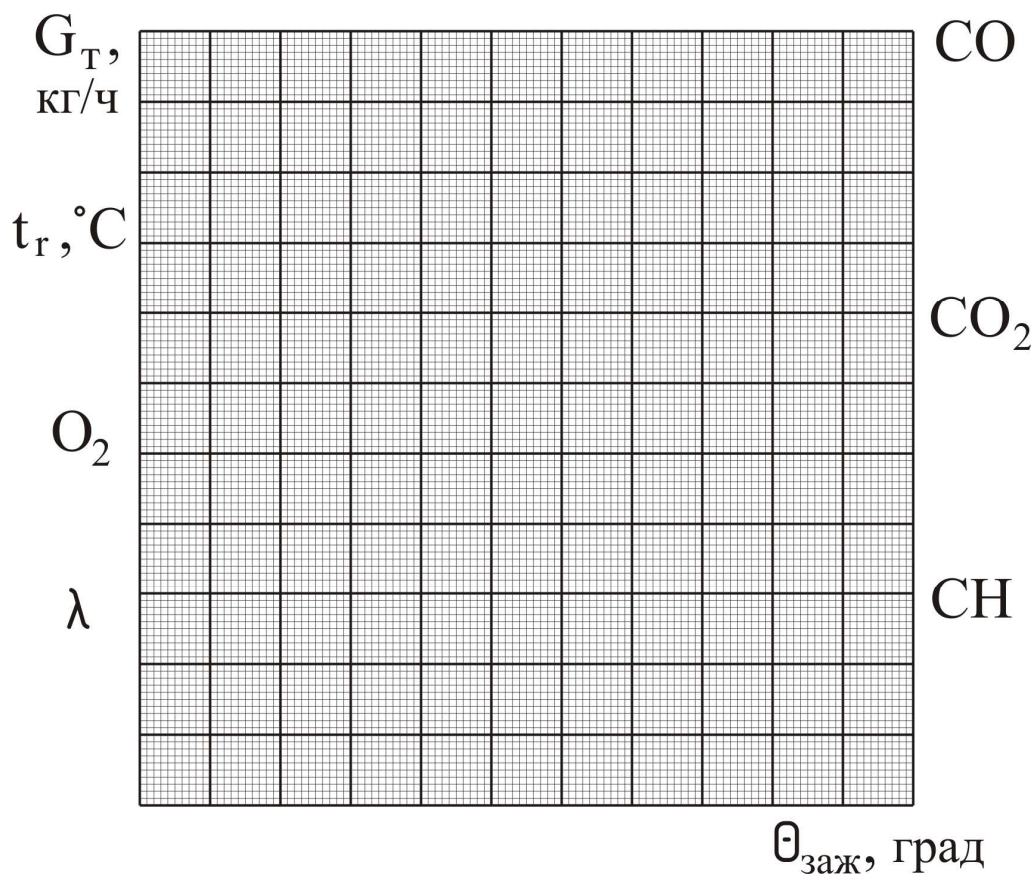


Рис. 25. Зависимость показателей работы двигателя от установочного угла опережения зажигания





Анализ характеристики: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

#### 8.4. Регулировочная характеристика по составу смеси бензинового двигателя

Дата \_\_\_\_\_ Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа  
 Двигатель (модель) \_\_\_\_\_ Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °C

Таблица 18

№	$\alpha$	$\Theta_{заж}$	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$G_T$ , кг/ч	$G_B$ , кг/ч	$t_r$ , °C	Показатели токсичности ОГ				
							CO	CO <sub>2</sub>	CH	$\lambda$	O <sub>2</sub>
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

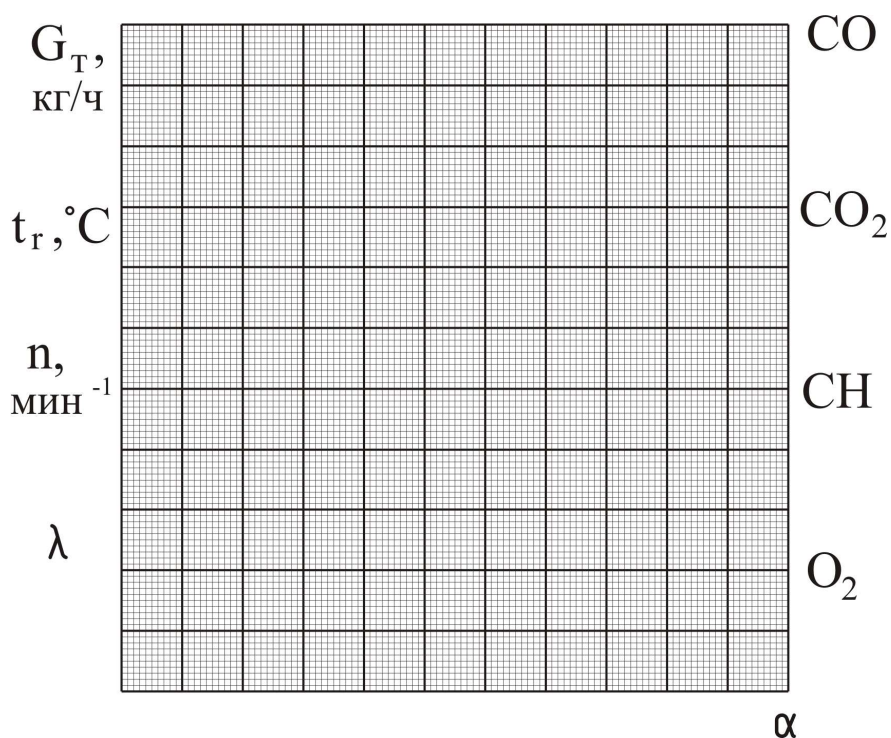


Рис. 26. Регулировочная характеристика по составу смеси

Анализ характеристики: \_\_\_\_\_

---



---



---



---

### 8.5. Характеристика холостого хода двигателя

Дата \_\_\_\_\_

Давление окружающей среды \_\_\_\_\_ кПа

Двигатель (модель) \_\_\_\_\_

Температура окружающей среды \_\_\_\_\_ °С

Таблица 19

№	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$\Theta_{заяж}$	$G_T$ , кг/ч	$G_B$ , кг/ч	$t_r$ , °С	$q_{ц}$ , мл	$q_i$ , г/кВт·ч	$P_{тор}$ , кВт	$p_m$ , МПа
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

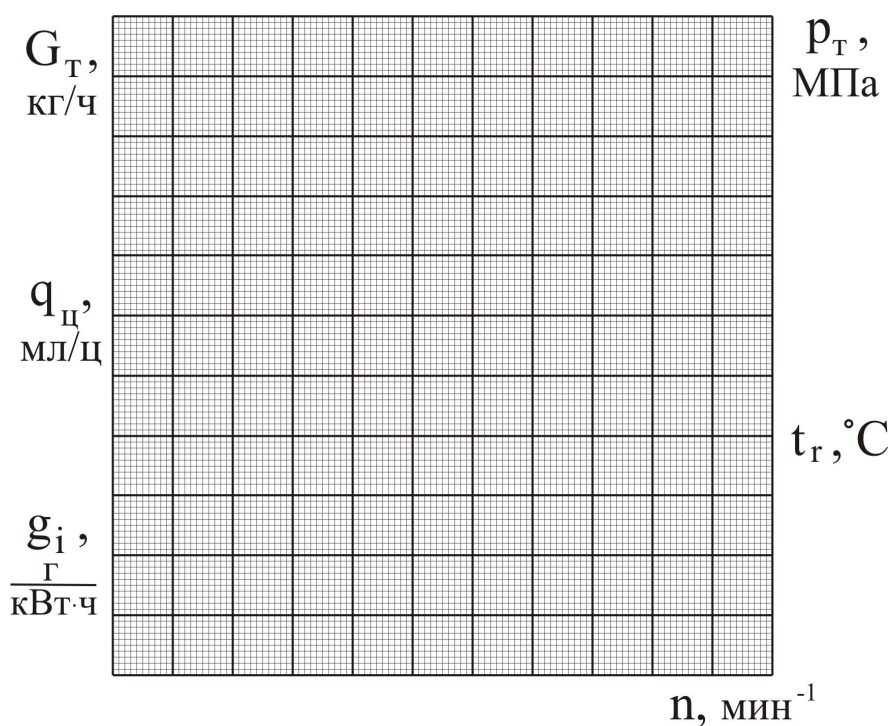


Рис. 27. Характеристика холостого хода двигателя



## 9. МЕТОДИКА РЕГУЛИРОВОК ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ

### 9.1. Методика регулировки топливных насосов высокого давления

Марка насоса \_\_\_\_\_

I. Первичные подготовительные операции:

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

II. Основные регулировочные операции:

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

III. Заключительные регулировочные операции:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Марка насоса \_\_\_\_\_

I. Первичные подготовительные операции:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

II. Основные регулировочные операции:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

III. Заключительные регулировочные операции:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



---

---

Марка насоса \_\_\_\_\_

I. Первичные подготовительные операции:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

II. Основные регулировочные операции:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

6.

7.

III. Заключительные регулировочные операции:

1.

2.

3.

Марка насоса \_\_\_\_\_

I. Первичные подготовительные операции:

1.

2.

3.

4.

II. Основные регулировочные операции:

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

**III. Заключительные регулировочные операции:**

1.

2.

3.

Значения регулировочных параметров

Показатели	Марка ТНВД			
1. Дизель				
2. Режим пуска: частота вращения $n_{\text{пуск}}$ , мин <sup>-1</sup> цикловая подача $q_u$ , мл/цикл				
3. Режим перегрузки: частота вращения $n_{\text{Мктах}}$ , мин <sup>-1</sup> цикловая подача $q_u$ , мл/цикл				
4. Номинальный режим: частота вращения $n_n$ , мин <sup>-1</sup> цикловая подача $q_u$ , мл/цикл				
5. Начало действия регулятора: частота вращения $n$ , мин <sup>-1</sup> цикловая подача $q_u$ , мл/цикл				
6. Режим холостого хода: частота вращения $n_{\text{тах хх}}$ , мин <sup>-1</sup> цикловая подача $q_u$ , мл/цикл				
7. Полное выключение подачи: частота вращения $n_{\text{тах}}$ , мин <sup>-1</sup>				
8. Угол начала подачи топлива базовой секцией, град.				
9. Интервал работы секций, град.				
10. Порядок работы секций ТНВД				
11. Длительность впрыскивания, град.				

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**9.2. Методика испытаний и регулировок форсунок по давлению начала впрыскивания**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работу сдал \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_

## 10. РЕГУЛИРОВКИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ

### 10.1. Регулировки ТНВД

Таблица 21

Результаты измерений и обработки данных

Марка ТНВД _____								
Регулировочные операции, контрольные режимы	Величина регулируемого параметра							
	До регулировки				После регулировки			
	1 секция	2 секция	3 секция	4 секция	1 секция	2 секция	3 секция	4 секция
1. Подача топлива на номинальном режиме, мл/цикл								
2. Неравномерность подачи в номинальном режиме, %								
3. Начало действия регулятора, мин <sup>-1</sup>								
4. Подача топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, мл/цикл								
5. Неравномерность подачи топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, %								
6. Полное выключение подачи топлива, мин <sup>-1</sup>								
7. Подача топлива в режиме максимального крутящего момента, мл/цикл								
8. Подача топлива при пусковой частоте вращения, мл/цикл								
9. Неравномерность подачи топлива при пусковой частоте вращения, %								
10. Угол начала подачи топлива, град.								
11. Длительность впрыскивания, град.								

Анализ результатов:

---

---

---

---

---

---

---

---



## Результаты измерений и обработки данных

Марка ТНВД _____								
Регулировочные операции, контрольные режимы	Величина регулируемого параметра							
	До регулировки				После регулировки			
	1 секция	2 секция	3 секция	4 секция	1 секция	2 секция	3 секция	4 секция
1. Подача топлива на номинальном режиме, мл/цикл								
2. Неравномерность подачи в номинальном режиме, %								
3. Начало действия регулятора, мин <sup>-1</sup>								
4. Подача топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, мл/цикл								
5. Неравномерность подачи топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, %								
6. Полное выключение подачи топлива, мин <sup>-1</sup>								
7. Подача топлива в режиме максимального крутящего момента, мл/цикл								
8. Подача топлива при пусковой частоте вращения, мл/цикл								
9. Неравномерность подачи топлива при пусковой частоте вращения, %								
10. Угол начала подачи топлива, град.								
11. Длительность впрыскивания, град.								

Анализ результатов:

---



---



---



---



---



---



---



---

## Результаты измерений и обработки данных

Марка ТНВД _____												
Регулировочные операции, контрольные режимы	Величина регулируемого параметра											
	До регулировки						После регулировки					
	1 сек-ция	2 сек-ция	3 сек-ция	4 сек-ция	5 сек-ция	6 сек-ция	1 сек-ция	2 сек-ция	3 сек-ция	4 сек-ция	5 сек-ция	6 сек-ция
1. Подача топлива в номинальном режиме, мл/цикл												
2. Неравномерность подачи в номинальном режиме, %												
3. Начало действия регулятора, мин <sup>-1</sup>												
4. Подача топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, мл/цикл												
5. Неравномерность подачи топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, %												
6. Полное выключение подачи топлива, мин <sup>-1</sup>												
7. Подача топлива в режиме максимального крутящего момента, мл/цикл												
8. Подача топлива при пусковой частоте вращения, мл/цикл												
9. Неравномерность подачи топлива при пусковой частоте вращения, %												
10. Угол начала подачи топлива, град.												
11. Длительность впрыскивания, град.												

Анализ результатов:

---



---



---



---



---



---



---



---

## Результаты измерений и обработки данных

Марка ТНВД _____																					
Регулировочные операции, контрольные режимы	Величина регулируемого параметра																				
	До регулировки								После регулировки												
	1 сек-ция	2 сек-ция	3 сек-ция	4 сек-ция	5 сек-ция	6 сек-ция	7 сек-ция	8 сек-ция	1 сек-ция	2 сек-ция	3 сек-ция	4 сек-ция	5 сек-ция	6 сек-ция	7 сек-ция	8 сек-ция	1 сек-ция	2 сек-ция	3 сек-ция	4 сек-ция	
1. Подача топлива в номинальном режиме, мл/цикл																					
2. Неравномерность подачи в номинальном режиме, %																					
3. Начало действия регулятора, мин <sup>-1</sup>																					
4. Подача топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, мл/цикл																					
5. Неравномерность подачи топлива в режиме максимальной частоты вращения холостого хода, %																					
6. Полное выключение подачи топлива, мин <sup>-1</sup>																					
7. Подача топлива в режиме максимального крутящего момента, мл/цикл																					
8. Подача топлива при пусковой частоте вращения, мл/цикл																					
9. Неравномерность подачи топлива при пусковой частоте вращения, %																					
10. Угол начала подачи топлива, град.																					
11. Длительность впрыскивания, град.																					

Анализ результатов:

---



---



---



---



---



---



---

## 10.2. Испытание и регулировка форсунок по давлению начала впрыскивания

Дата \_\_\_\_\_

Марка форсунки \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Таблица 22

### Результаты измерений и обработки данных

Форсунка	Давление начала впрыскивания, МПа						По ТУ завода-изготовителя для каждой марки
	До регулировки			После регулировки			
	1 опыт	2 опыт	3 опыт	1 опыт	2 опыт	3 опыт	
№ 1 марка _____							
№ 2 марка _____							
№ 3 марка _____							

Анализ результатов:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Работу сдал \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 20000-88. Дизели тракторные и комбайновые. Общие технические условия.
2. ГОСТ 23465-79. Дизели автомобильные. Общие технические условия.
3. ГОСТ 15888-90. Аппаратура дизелей топливная. Термины и определения.
4. ГОСТ 10578-86. Насосы топливные дизелей. Общие технические условия.
5. ГОСТ 10579-88. Форсунки дизелей. Общие технические условия.
6. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний.
7. ГОСТ 14846-88. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.
8. Архангельский В.М и др. Автомобильные двигатели. Под. ред М.С.Ховаха. М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.
9. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1992. - 414 с.
10. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Высшая школа, 2002. - 496 с.
11. Трубников Г.И. Практикум по автотракторным двигателям. М.: Колос, 1975.
12. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания. М.: Высшая школа, 1975.
13. Лиханов В.А., Плотников С.А. Анализ характеристик двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей. - Киров: Вятская ГСХА, 2000. - 43 с.
14. Лиханов В.А., Девятьяров Р.Р. Испытания двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей: Учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – Киров: Вятская ГСХА, 2008. - 106 с.

Учебное издание

Лиханов Виталий Анатольевич,  
Деветьяров Руслан Раифович,  
Россохин Алексей Валерьевич

## **ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ**

Учебное пособие

Редактор И.В. Окишева

Заказ № . Подписано к печати 2021 г.  
Формат 210x297 1/16. Объем усл. печ. л. 5,94. Тираж 500 экз.  
Бумага офсетная. Цена договорная.

ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ, 610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133.  
Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ.