

КАФЕДРА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
И ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ 1Ч 8,5/11 ПО НАГРУЗОЧНОЙ И ВНЕШНЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Методические указания к лабораторным работам

В методических указаниях дается описание двигателя и экспериментального стенда, излагается содержание и порядок выполнения работы, а также требования к составлению отчета.

Указания предназначены для студентов Ленинградского кораблестроительного института факультета корабельной энергетики всех форм обучения (по специальностям "Двигатели внутреннего сгорания", "Судовые силовые установки", "Судовые машины и механизмы", "Автоматизация теплотехнических процессов") при выполнении ими лабораторных работ по курсам "Теория рабочих процессов судовых ДВС" и "Теоретические основы эксплуатации судовых ДВС".

ГАВРИЛОВ

Владимир Васильевич

КРАСИЛЬНИКОВ

Валентин Борисович

ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ 1С 8,5/11 ПО НАГРУЗОЧНОЙ И ВНЕШНЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Методические указания
к лабораторным работам

© Изд. ЛКИ
1986

Ответственный редактор канд. техн. наук, доц. П. А. Гордеев
Литературный редактор Е. В. Устинова

Зак. Р-52. Тир. 300. Уч.-изд. л. 1, 2. 20.05.1986. Бесплатно.
Тип. ЛКИ, Лоцманская, 10.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Лабораторные работы проводятся с целью знакомства с конструкцией и работой двигателя, получения экспериментальных данных, подтверждающих основные положения теоретического курса, а также овладения студентами методикой проведения испытаний, приобретения практических навыков в управлении двигателем и в работе с измерительной аппаратурой.

По результатам испытаний студент самостоятельно анализирует закономерности изменения параметров и показателей дизеля на различных режимах работы. Это способствует лучшему усвоению материала и углублению знаний, полученных в ходе теоретического обучения.

2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДИЗЕЛЯ

Дизель ИЧ 8,5/II (PI-6) - одноцилиндровый, четырехтактный, неревверсивный, высокооборотный, с вихрекамерным смесеобразованием, без наддува.

Дизели ряда Ч 8,5/II предназначены для привода генераторов, насосов, компрессоров и других механизмов, могут эксплуатироваться в стационарных и передвижных условиях. Подобные дизели типа ЧСП 8,5/II используются в качестве главных двигателей на спасательных шлюпках морских судов неограниченного района плавания.

Основные данные дизеля

- | | |
|---|-----------|
| 1. Номинальная мощность при нормальных атмосферных условиях, кВт | 4,41 |
| 2. Номинальная частота вращения, с^{-1} (мин^{-1}) .. | 25 (1500) |
| 3. Диаметр цилиндра, мм | 85 |

4. Ход поршня, мм	II0
5. Степень сжатия	I7
6. Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м):	
на номинальной мощности	26,14 (2,87)
на максимальной мощности	30,99 (3,16)
7. Расход воздуха на номинальном режиме, кг/с	0,08
8. Удельный расход топлива на номинальной мощности при нормальных атмосферных ус- ловиях, г/кВт·ч (г/л.с.·ч)	262 ⁺¹² (193 ⁺⁹)
9. Ресурс дизеля до первого капитального ремонта, ч	16000

Устройство дизеля показано на поперечном разрезе (рис. I). Дизель состоит из блок-картера, кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения и систем: питания топливом, регулирования частоты вращения, смазки, охлаждения, выпуска и пуска. Ниже приведено краткое описание устройства механизмов и систем дизеля.

Блок-картер I цельной конструкции тоннельного типа, отлит из чугуна. Верхняя часть имеет вертикальную расточку, в которой установлена втулка цилиндра I5. Полость между втулкой цилиндра и стенками блок-картера охлаждается пресной водой. Уплотнение полости охлаждения в нижней части обеспечивается двумя резиновыми кольцами. В нижней части блок-картера расточены отверстия, в которые устанавливается коленчатый вал 2 в сборе с роликоподшипниками I7.

Втулка цилиндра I5 изготовлена из специального чугуна, имеет в верхней части опорный бурт и центрирующие пояски для монтажа в соответствующие расточки блок-картера, а в нижней части — кольцевые канавки для уплотнительных колец. Наружные поверхности втулки цилиндра покрыты пористым хромом, а внутренние — тщательно расточены и отхонингованы.

Крышка цилиндра I3 представляет собой сложную отливку из серого чугуна. Внутренние стенки крышки цилиндра образуют впускные и выпускные каналы, а также водяную полость охлаждения. Торцы впускных и выпускных каналов, обращенные к камере

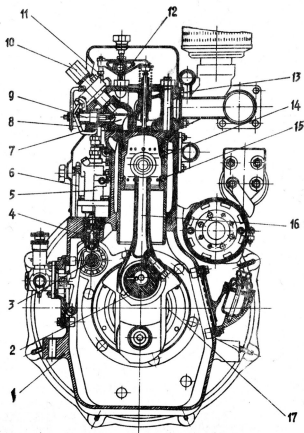


Рис. I. Поперечный разрез дизеля ИЧ 8,5/11

сгорания, имеют расточки с конусными фасками, которые служат седлами для клапанов. Вихревая камера 7 крышки цилиндра имеет форму шара и состоит из двух частей: верхней, выполненной в корпусе крышки цилиндра, и нижней, называемой съёмной вставкой вихревой камеры. В крышке цилиндра установлены форсунка 10 и запальная свеча 9, а на верхней плоскости закреплены стойки коромысел клапанов 12.

Коленчатый вал 2 изготовлен из хромистой стали 40Х. На одном его конце имеется конус для крепления маховика, на другом установлена шестерня для привода механизмов и агрегатов дизеля, дистанционные втулки, маслоотражатель, а также шкив для привода водяного насоса.

Шатун 16 отштампован из легированной стали. Стержень шатуна двутаврового сечения имеет плавный переход к головкам. В верхнюю головку запрессована бронзовая втулка, которая служит подшипником пальца. Нижняя головка имеет разъем под углом 45° к оси стержня шатуна.

Поршень 14 изготовлен из алюминиевого сплава. В канавках поршня установлены три компрессионных кольца прямоугольного сечения, изготовленные из специального чугуна, и два маслосъемных кольца коромышчатой формы. В канавках поршня под маслосъемные кольца просверлены отверстия, которые служат для слива масла, снятого кольцами, в картер дизеля.

Распределительный вал 3 изготовлен из углеродистой стали, приводится в движение от коленчатого вала через шестерни механизма газораспределения. В определенной последовательности кулачки распределительного вала приводят в действие толкатели 4 и штанги II. Штанги сообщают качательное движение коромыслам, которые, преодолевая сопротивление пружин, открывают клапаны. Обратный ход клапанов происходит под действием пружин.

Топливная система дизеля включает в себя форсунку 10, топливный насос высокого давления (ТНВД) 5, топливный фильтр, топливные трубки высокого 8 и низкого 6 давления. Из топливного бака топливо самотеком поступает по трубопроводу в топливный фильтр с войлочным фильтрующим элементом. После фильтрации топливо по трубопроводу поступает к ТНВД, а затем по трубке высокого давления к форсунке, которая произ-

водит впрыск его в вихревую камеру и распыливание. Количество впрыскиваемого топлива регулируется зубчатой рейкой путем разворота плунжера ТНВД, имеющего спиральную отсечную кромку. Привод ТНВД осуществляется посредством специального топливного кулачка на распределительном валу дизеля. Форсунка закрытого типа имеет однодырчатый распылитель и регулировочный винт для изменения затяжки пружины иглы распылителя.

Система смазки — циркуляционная с "мокрым" картером. Масло из картера через сетчатый фильтр-приемник засасывается шестеренчатым насосом и по масляному трубопроводу подается к целевому фильтру грубой очистки, затем поступает к телескопической трубке и маслоподающей шайбе, из которой подводится в канал коленчатого вала. Далее масло поступает в полость шатунной шейки, а затем на смазку шатунного подшипника. Вытекающее из зазоров шатунного подшипника масло разбрызгивается по всей внутренней полости дизеля, образуя масляный туман. Разбрызгиваемым маслом смазываются детали шатунно-поршневой группы, втулка цилиндра, подшипники коленчатого и распределительного валов. Часть масла после грубой очистки поступает в фильтр тонкой очистки с картонным фильтрующим элементом, очищается и сливается в картер.

Система охлаждения — жидкостная с принудительной циркуляцией, двухконтурная. В первом контуре циркуляционный насос пресной воды подает воду на охлаждение крышки и втулки цилиндра. Охлаждение втулки организовано по принципу термосифона, т.е. за счет естественной циркуляции воды, возникающей в результате разности температур. Из внутренних полостей крышки цилиндра вода поступает к термостату, который регулирует температуру на выходе из дизеля путем изменения доли потока жидкости, перепускаемой помимо водо-водяного охладителя на всасывание циркуляционного насоса.

Второй контур (заборной воды) обеспечивает прокачку охлаждающей воды через водо-водяной охладитель.

Регулятор частоты вращения — центробежного типа, однорежимный, прямого действия.

Система пуска — ручная: включает в себя пусковую рукоятку и электрозапальную свечу.

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Экспериментальная установка (рис.2) состоит из дизеля I ИЧ 8,5/II, установленного жестко на фундаментной раме 2I. На этой же раме установлены индикатор 2 для записи давлений в цилиндре и гидротормоз 20, который является потребителем эффективной мощности дизеля. Гидротормоз снабжен рычажно-весовым устройством для измерения крутящего момента.

В состав установки также входят системы, обеспечивающие снабжение дизеля топливом, воздухом, охлаждающей водой и отвод выхлопных газов. Кроме того, экспериментальная установка оснащена контрольно-измерительными приборами, необходимыми для получения информации о режиме работы дизеля и расчета необходимых параметров и показателей.

Топливо самотеком поступает из бака I7 к топливному фильтру дизеля. На топливной магистрали установлена трехходовая пробка I8, обеспечивающая отключение бака I7 и поступление топлива к дизелю из емкости, находящейся на весах I9 (при измерении расхода топлива), а также заполнение этой емкости. Расход топлива определяется измерением с помощью секундомера 5 времени расходования определенной навески топлива.

На приемном патрубке дизеля установлен воздушный ресивер-успокоитель I6, служащий для сглаживания колебаний давления во всасывающем патрубке. На прямолинейном участке всасывающего патрубка установлена диафрагма 9 для измерения расхода воздуха. U-образные жидкостные манометры служат для измерения разрежения воздуха: перед диафрагмой - I2 и перепада давления на диафрагме - II. Температура воздуха на всасывании измеряется термометром I3.

Прокачка водо-водяного охладителя 8 забортной водой обеспечивается от магистрали технического водопровода. Для измерения расхода забортной воды служит мерный бачок 4 и трехходовая пробка 6, установленные на сливном трубопроводе. Температуры забортной воды до и после охладителя измеряются термометрами 3 и 7 соответственно.

Выхлопные газы отводятся в общий газопровод, снабженный глушителем (сажеуловителем). Температура выхлопных газов из-

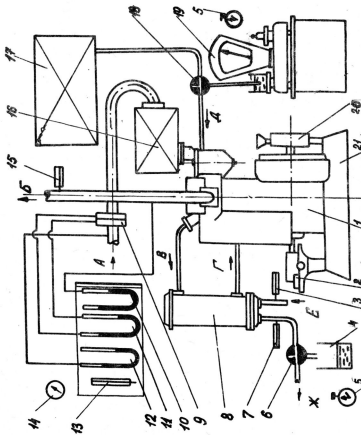


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: А - подвод воздуха; Б - отвод выходящих газов; В, Г - контур циркуляции пресной воды; Д - подвод топлива; Е и Ж - подвод и слив заборной воды

меряется термометром 15, установленным на отводящем патрубке. Противодавление на выпуске измеряется U-образным жидкостным манометром 10.

Перечень измеряемых параметров и приборов, которыми оснащена экспериментальная установка, приведен в табл. I.

Таблица I

Измеряемые параметры и приборы

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Тип прибора	Номер позиции на рис. 2.
I	Частота вращения вала дизеля	n	мин ⁻¹	Тахометр	
2	Показание гидротормоза	P_T	кгс	Рычажно-весовое устройство	
3	Навеска топлива	ΔG_T	кг	Весы	19
4	Время расходования навески топлива	$\Delta \tau_T$	с	Секундомер	5
5	Противодавление на выпуске	Δh_r	мм вод. ст.	U-образный манометр	10
6	Температура выхлопных газов	t_r	°C	Термометр	15
7	Мерный объем воды	ΔV_w	дм ³	Мерная емкость	4
8	Время заполнения мерного объема	$\Delta \tau_w$	с	Секундомер	5
9	Температура забортной воды на входе в охладитель	t_{w_1}	°C	Термометр	3
10	Температура забортной воды на выходе из охладителя	t_{w_2}	°C	Термометр	7
II	Перепад давления на расходомерной диафрагме	Δh	мм вод. ст.	U-образный манометр	II
12	Разрежение перед диафрагмой	Δh_0	мм вод. ст.	U-образный манометр	12
13	Температура окружающей среды	t_0	°C	Термометр	13
14	Барометрическое давление	B_0	мм рт. ст.	Барометр	14
15	Температура масла	t_m	°C	Термометр	Штатный на дизеле
16	Давление масла	P_m	кгс/см ²	Манометр	"
17	Температура пресной воды	t_b	°C	Термометр	"

4. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

4.1. Порядок проведения испытания

4.1.1. Перед началом испытания преподаватель распределяет студентов по рабочим местам:

1) нагружение двигателя, измерение крутящего момента при помощи гидротормоза и измерение частоты вращения коленчатого вала;

2) измерение расхода топлива;

3) измерение давлений на ште U-образных манометров;

4) измерение температур воздуха в окружающей среде, в ресивере, температур отработавших газов и охлаждающей воды;

5) измерение расхода охлаждающей воды;

6) измерение давления и температуры смазочного масла;

7) ведение общего протокола испытания и подсчеты основных величин (эффективной мощности N_e , часового расхода топлива G_T , удельного эффективного расхода топлива q_e).

4.1.2. Для каждого рабочего места студенты подготавливают форму индивидуального чернового протокола измерений. Образец индивидуального протокола показан в табл.2.

Таблица 2

Протокол измерений

Номер измерения	Номер точки измерения		
	9	15	16
	Обозначение величины, размерность		
	Δh_1 , мм вод.ст.	Δh , мм вод.ст.	Δh_0 , мм вод.ст.
I			
2			
⋮			
10			

" " _____ 198 г. Вел протокол _____

[illegible]

Номера точек измерений соответствуют номерам граф в общем протоколе испытания (табл.3).

4.1.3. Двигатель запускают и прогревают на режиме холостого хода до температуры смазочного масла и охлаждающей воды на выходе из двигателя не менее $40...45^{\circ}\text{C}$.

После прогрева двигатель нагружают, подавая воду в гидротормоз, и устанавливают первый исследуемый режим работы. Указания об установке режимов см. в параграфах 4.2 и 4.3.

4.1.4. При установившемся тепловом состоянии двигателя на исследуемом режиме производят измерения всех регистрируемых при испытании величин.

Измерение начинается всеми студентами одновременно по световому и звуковому сигналам. Результаты измерений записывают в индивидуальный черновой протокол (см.табл.2) и сразу же сообщают студенту, ведущему общий протокол испытания. Ведущий протокол подсчитывает N_e , G_T и q_e на каждом режиме.

После того как все результаты измерения внесены в общий протокол, дается сигнал к повторному (контрольному) измерению. Таким образом, на каждом режиме работы двигателя производят не менее двух измерений.

4.1.5. Устанавливают следующий режим работы двигателя и повторяют операции по п.4.1.4.

4.1.6. После измерений на всех режимах работы двигатель переводят в режим холостого хода, постепенно уменьшая нагрузку, и сдают стенд механику лаборатории.

4.2. Испытания двигателя по нагрузочной характеристике

Нагрузочной характеристикой называется зависимость показателей и параметров двигателя от нагрузки (среднего эффективного давления p_e , крутящего момента M , эффективной мощности N_e) при постоянной частоте вращения коленчатого вала ($n = \text{const}$).

Рекомендуется проводить испытания при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ или $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и при пяти режимах по нагрузке
 $\approx 20\% - P_T = 1,2 \text{ кгс}; \approx 40\% - P_T = 2,5 \text{ кгс}; \approx 60\% - P_T = 3,7 \text{ кгс}; \approx 80\% - P_T = 5,0 \text{ кгс}; \approx 100\% - P_T = 6,2 \text{ кгс}.$

Нагружение двигателя до заданного режима осуществляется плавным увеличением подачи воды в гидротормоз. В соответствии с нагрузкой регулятор автоматически увеличивает цикловую подачу топлива перемещением рейки ТНВД, поддерживая при этом $n = \text{const}$.

В случае необходимости вручную подрегулировать частоту вращения изменяют усилие затяжки пружины регулятора.

4.3. Испытания двигателя по внешней характеристике

Внешней характеристикой называется зависимость эффективной мощности и других показателей и параметров двигателя от частоты вращения при постоянной подаче топлива на цикл q_u .

В практике снятие внешней характеристики обычно производят при неизменном положении органа управления цикловой подачей топлива (рейки ТНВД).

Внешняя характеристика номинальной мощности снимается при положении рейки ТНВД, соответствующем номинальным N_e и n .

Испытание двигателя рекомендуется проводить при различных частотах вращения в следующем порядке: 1500, 1400, 1300, 1200, 1100 мин^{-1} .

Характеристику снимают, начиная с номинального режима работы двигателя ($P_T = 6,2 \text{ кгс}$, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$). Рейка ТНВД при этом должна находиться на упоре.

Последующие режимы устанавливают плавным увеличением подачи воды в гидротормоз до тех пор, пока частота вращения не снизится до заданного значения очередного режима.

5. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Эффективная мощность двигателя (кВт)

$$N_e = M\omega - k_T P_T n = 0,4724 \cdot 10^{-3} P_T n,$$

где $k_T = 0,4724 \cdot 10^{-3}$ — постоянная гидротормоза, кВт/кгс·мин⁻¹; P_T — нагрузка по шкале гидротормоза, кгс;

n - частота вращения ротора гидротормоза, мин^{-1} ; M - крутящий момент двигателя, $\text{кН}\cdot\text{м}$; ω - угловая скорость вращения коленчатого вала, рад/с .

5.2. Среднее эффективное давление (МПа)

$$P_e = \frac{N_e}{V_s z \frac{n}{60} 10^3} = 192,2 \frac{N_e}{n} = 0,0908 P_T,$$

где V_s - рабочий объем цилиндра, м^3 ; z - коэффициент тактности, $z = 0,5$.

5.3. Крутящий момент на валу двигателя (Н·м)

$$M = 9549 \frac{N_e}{n} = 4,511 P_T.$$

5.4. Часовой расход топлива (кг/ч)

$$G_T = \frac{3600 \Delta G_T}{\Delta \tau_T},$$

где ΔG_T - масса топлива, расходуемая за время $\Delta \tau_T$, кг;
 $\Delta \tau_T$ - время расходования ΔG_T кг топлива, с.

5.5. Цикловая подача топлива (мг/цикл)

$$q_u = \frac{G_T 10^6}{30 n}.$$

5.6. Удельный эффективный расход топлива (г/кВт·ч)

$$q_e = \frac{G_T 10^3}{N_e}.$$

5.7. Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \frac{3600 \cdot 10^3}{q_e \cdot Q_u}.$$

где Q_u - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг ; обычно принимают $Q_u = 42290 \text{ кДж/кг}$.

5.8. Часовой расход охлаждающей воды (кг/ч)

$$G_w = \frac{3600 \Delta V_w \rho_w}{\Delta \tau_w},$$

где ΔV_w — объем мерного бака, дм^3 ; $\rho_w = 1$ — плотность охлаждающей воды, кг/дм^3 ; $\Delta \tau_w$ — время заполнения мерного бака, с.

5.9. Расход воздуха на двигатель, кг/ч

$$G_g = k_g \sqrt{\Delta h \cdot \rho_g},$$

где k_g — коэффициент расходомерной диафрагмы (см. табл.3); Δh — перепад давления в диафрагме, мм вод.ст. ; ρ_g — плотность воздуха перед диафрагмой, кг/м^3 , подсчитываемая по уравнению состояния

$$\rho_g = \frac{p_g}{R_g \cdot T_g},$$

где $R_g = 287$ — газовая постоянная воздуха, $\text{Дж/кг} \cdot \text{К}$; $T_g = (t_g + 273)$ — температура окружающей среды, К ; p_g — абсолютное давление воздуха перед диафрагмой, Па .

Давление воздуха перед диафрагмой определяется с использованием результатов измерений по формуле

$$p_g = p_0 - \Delta p_0.$$

где p_0 — давление окружающей среды, Па ; Δp_0 — разрежение перед диафрагмой, Па .

Если давление окружающей среды измеряется в барах и составляет, например, p'_0 (бар), то $p_0 = p'_0 \cdot 10^5$.

Если p_0 измеряется в миллиметрах ртутного столба и составляет, например, B_0 (мм рт.ст.), то p_0 (Па) равно $p_0 = B_0 \cdot 10^5 / 750$.

Разрежение перед диафрагмой измеряется U-образным водяным манометром, поэтому Δp_0 (Па) рассчитывают по формуле

$$\Delta p_0 = 9,81 \Delta h_0,$$

где Δh_0 — разрежение перед диафрагмой, мм вод.ст.

Если в формулу для G_g перепад давления в расходомерной диафрагме Δp подставить в Па, то часовой расход воздуха можно считать по формуле

$$G_g = 0,319 k_g \sqrt{\Delta p \rho_g},$$

где $\Delta p = 9,81 \Delta h$, Па.

5.10. Коэффициент избытка воздуха при сгорании

$$\alpha = \frac{G_{\text{в}}}{14,33 G_{\text{т}}},$$

где 14,33 – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг/кг.

5.11. Коэффициент наполнения цилиндра

$$\eta_{\text{н}} = \frac{G_{\text{в}}}{\rho_0 V_{\text{с}} \frac{n}{60} \pi} = 53,4 \frac{G_{\text{в}}}{\rho_0 n},$$

где ρ_0 – плотность воздуха перед двигателем, кг/м³:

$$\rho_0 = \rho_0 / (R_{\text{в}} \cdot T_0).$$

5.12. Давление отработавших газов на выходе из двигателя, Па

$$p_{\text{г}} = p_0 + \Delta p_{\text{г}},$$

где $\Delta p_{\text{г}}$ – избыточное давление отработавших газов на выходе из двигателя, Па; измеряется U-образным водяным манометром, поэтому

$$\Delta p_{\text{г}} = 9,81 \Delta h_{\text{г}},$$

где $\Delta h_{\text{г}}$ – избыточное давление отработавших газов, мм вод.ст.

5.13. Тепловой баланс двигателя:

а) абсолютный

– общее количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива (кДж/ч)

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{н}} G_{\text{т}};$$

– количество теплоты, преобразованной в полезную работу (кДж/ч)

$$Q_{\text{е}} = 3600 N_{\text{е}};$$

– количество теплоты, отводимой с охлаждающей водой (кДж/ч)

$$Q_{\text{в}} = G_{\text{в}} c_{\text{в}} (t_{\text{в}2} - t_{\text{в}1}),$$

где $c_{\text{в}} = 4,19$ – массовая теплоемкость воды, кДж/кг·°C;

$t_{\text{в}1}$, $t_{\text{в}2}$ – температура воды на входе и выходе из водяного теплообменника, °C;

- количество теплоты, отводимой с отработавшими газами (кДж/ч)

$$Q_r = G_r c_r (t_r - t_0),$$

где $G_r = (G_g + G_T)$ - массовый расход отработавших газов, кг/ч; $c_r = 1,09$ - средняя массовая теплоемкость отработавших газов при постоянном давлении, кДж/кг. $^{\circ}$ С;

- остаточный член теплового баланса (кДж/ч)

$$Q_{нд} = Q_T - (Q_e + Q_w + Q_r);$$

б) удельный (кДж/кВт.ч) и относительный (%)

$$q_T = q_e Q_n 10^{-3};$$

$$q'_T = 100;$$

$$q_e = 3600;$$

$$q'_e = 100 \eta_e = 100 \frac{Q_e}{Q_T};$$

$$q_w = \frac{Q_w}{N_e};$$

$$q'_w = 100 \frac{Q_w}{Q_T};$$

$$q_r = \frac{Q_r}{N_e};$$

$$q'_r = 100 \frac{Q_r}{Q_T};$$

$$q_{нд} = \frac{Q_{нд}}{N_e}$$

$$q'_{нд} = 100 \frac{Q_{нд}}{Q_T}.$$

6. УКАЗАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА О ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ

6.1. Содержание отчета

Отчет о лабораторных работах должен включать в себя следующие разделы:

- 1) цель работы;
- 2) краткое описание и основные данные двигателя;
- 3) краткое описание экспериментальной установки и систем двигателя с приложением схемы установки;
- 4) порядок проведения и режимы испытания двигателя;
- 5) расчетные формулы для определения основных параметров и показателей двигателя;
- 6) таблицу результатов измерений (копию общего протокола испытания);
- 7) таблицу средних (по двум измерениям) результатов измерений;

- 8) таблицу рассчитываемых величин;
- 9) графики результатов испытания;
- 10) анализ результатов испытания (описание основных причин изменения параметров и показателей двигателя по режимам работы);

II) краткое заключение (оценка уровня основных параметров и показателей двигателя).

Указанные в п.9 графики при испытании по нагрузочной характеристике строят в виде зависимостей параметров и показателей двигателя от нагрузки p_e .

При испытании двигателя по внешней характеристике графические зависимости строят в виде функций от числа оборотов n .

Графики рекомендуется объединить в три группы кривых:

- 1) N_e, p_e, M, t_r, p_r ;
- 2) $G_r, q_u, q_e, \eta_e, G_s, \alpha, \eta_n$;
- 3) $q'_r, q'_e, q'_w, q'_r, q'_{n\bar{e}}$.

Примерный вид графиков показан на рис.3 и 4.

6.2. Некоторые указания к оформлению графиков

Графики вычерчивают при помощи лекал черным карандашом на белой или миллиметровой бумаге стандартного формата. Использование цветных карандашей не допускается.

Графики на листе следует разместить так, чтобы полностью использовать поле чертежа. С другой стороны, необходимо позаботиться о том, чтобы шкалам графика не было "тесно". Название рисунка располагают над изображением, поясняющие данные — под изображением, еще ниже — номер рисунка.

Координатную сетку (см.рис.3 и 4) следует нанести обязательно, даже при использовании миллиметровки. Стрелки на координатных осях не изображают.

Масштабы кривых выбирают такими, при которых отчетливо виден характер изменения рассматриваемых величин. Весьма важным элементом графика являются шкалы. Шкалы в виде равноотстоящих друг от друга, по возможности округленных, числовых значений наносят на координатные оси в пределах измене-

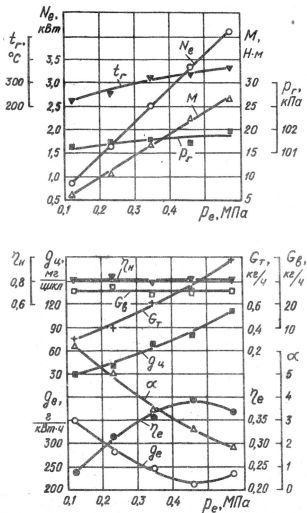


Рис.3. Нагрузочная характеристика дизеля

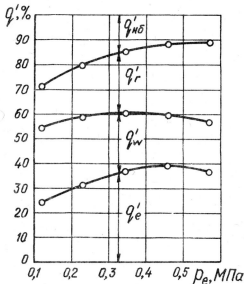


Рис. 4. Тепловой баланс дизеля при работе по нагрузочной характеристике

ния соответствующих величин. Какие-либо промежуточные значения указывать на шкале не допускается. Числа располагают напротив узлов координатной сетки.

При размещении на одном графике кривых нескольких величин шкалы наносят на обеих (левой и правой) крайних ординатах графика. Кроме крайних ординат для нанесения шкал иногда используют дополнительные оси с делениями (см. рис. 3).

Размер ячейки координатной сетки или расстояние между делениями шкал выбирают такими, при которых можно легко определить значения величин в промежуточных точках кривых. Указанное расстояние рекомендуется выбирать не более 1–2 см.

На каждой шкале указывают буквенное обозначение и размерность величины. Буквенными обозначениями отмечают на поле графика и соответствующие кривые, если кривых на нем более одной.

При построении кривых по данным экспериментов на график обязательно следует нанести экспериментальные точки. Когда кривые расположены близко друг к другу или пересекаются, экспериментальные точки изображают в виде значков различной формы.

7. ЗАЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

В ходе зачета преподаватель проверяет правильность и качество представленного отчета, а также знания студента по всем разделам лабораторной работы, включая

- а) конструкции двигателя и экспериментального стенда;
- б) методику испытаний и измерений в ДВС;
- в) причины и особенности изменения основных параметров и показателей двигателя при работе по нагрузочной или внешней характеристикам.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова цель испытания двигателя?
2. Каковы особенности конструкции двигателя?
3. Состав экспериментальной установки и назначение ее элементов.
4. Что является потребителем эффективной мощности двигателя и как осуществляется ее измерение?
5. Какие измерения необходимо выполнить для определения количества теплоты, отводимой
 - а) с охлаждающей водой;
 - б) с отработавшими газами?
6. Способы определения расходов топлива и охлаждающей воды.
7. Способы определения расходов воздуха и отработавших газов.
8. Как осуществляется установка режима работы двигателя по частоте вращения и нагрузке?

9. Чем вызвана необходимость одновременности всех измерений при испытании?

10. Что понимается под нагрузочной характеристикой и каков порядок проведения испытания по нагрузочной характеристике?

11. Что понимают под внешней характеристикой и каков порядок проведения испытания по внешней характеристике?

12. Как изменяются давления и температуры по газоздушному тракту и зачем необходимо регистрировать давление и температуру окружающей среды?

13. Как определяют мощность, частоту вращения вала, среднее эффективное давление и крутящий момент двигателя?

14. Как вычислить по результатам испытаний эффективный КПД двигателя и удельный эффективный расход топлива?

15. Какие свойства двигателя отражают величины α и η_n и как их определяют по результатам испытаний?

16. Как рассчитать по результатам испытаний теплоту, внесенную в двигатель с топливом, и теплоту, преобразованную в полезную работу?

17. Как рассчитать по результатам испытаний Q_w , Q_r и $Q_{нб}$, какие тепловые потери входят в эти составляющие теплового баланса?

18. Проанализируйте полученные зависимости $N_e = f(n)$ для внешней и $N_e = f(p_e)$ для нагрузочной характеристик с точки зрения их соответствия принятым определениям характеристик.

19. Поясните полученные зависимости M , $p_e = f(n)$ для внешней характеристики.

20. Поясните полученные зависимости q_n , η_e , $q_e = f(n)$ или $f(p_e)$ и характер их изменения.

21. Рассмотрите зависимости t_r , p_r , G_r , $G_k = f(n)$ или $f(p_e)$ и дайте обоснование полученному характеру их изменения.

22. Проанализируйте характер и причины изменения зависимостей α , $\eta_n = f(n)$ или $f(p_e)$ и дайте необходимые пояснения.

23. Объясните характер и причины изменения статей теплового баланса в зависимости от числа оборотов или нагрузки.

24. Дайте оценку уровня основных параметров и показателей испытанного двигателя.

О г л а в л е н и е

1. Цель работы	3
2. Краткое описание двигателя	3
3. Описание экспериментальной установки	8
4. Методика испытания двигателя	II
4.1. Порядок проведения испытания	II
4.2. Испытания двигателя по нагрузочной характеристике	I4
4.3. Испытания двигателя по внешней характеристике	I5
5. Методика обработки результатов измерений	I5
6. Указания к оформлению отчета о лабораторных работах	I9
6.1. Содержание отчета	I9
6.2. Некоторые указания к оформлению графиков	20
7. Зачет по лабораторным работам	23
8. Контрольные вопросы	23