

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ
имени адмирала С.О. МАКАРОВА

КАФЕДРА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ и АСЭУ

ИСПЫТАНИЕ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ 5ВАН-22 (5ЧН 22/32) НА РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Методические указания
к лабораторным работам на тему:
«Судовые двигатели внутреннего сгорания»
для курсантов и студентов-заочников по специальности
180403 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Санкт-Петербург
Издательство ГМА им. адм. С.О. Макарова
2010

УДК 621.436
И85

И85 Испытание судового дизеля 5ВАН-22 (5ЧН 22/32) на режимах эксплуатационных характеристик: метод. указания к лабораторным работам на тему «Судовые двигатели внутреннего сгорания» для курсантов и студентов-заочников по специальности 180403 «Эксплуатация судовых энергетических установок» / сост. А.С. Пунда и М.С. Рубцов. – СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2010. – 20 с.

Методические указания разработаны в соответствии с программой курса «Судовые двигатели внутреннего сгорания» для курсантов и студентов-заочников по специальности 180403 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Рекомендовано к изданию на заседании кафедры двигателей внутреннего сгорания и АСЭУ. Протокол № 9 от 16 марта 2009 г.

Электронная версия данных методических указаний находится на сайте ГМА им. адм. С.О. Макарова
www.gma.ru / об академии/издательство

© ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2010
© Пунда А.С., Рубцов М.С., 2010

Цель лабораторных работ – экспериментальное определение и анализ энергетических, экономических показателей двигателя, а также показателей тепловой и механической напряженности при работе на режимах эксплуатационных характеристик (нагрузочной, внешней и винтовой).

Самостоятельное проведение испытаний и обработка полученных данных способствуют приобретению и закреплению знаний по разделу «Техническая эксплуатация судовых дизелей».

1. Организация, программа и методика проведения работ

1.1. Организация лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся на учебно-исследовательском дизеле, основные характеристики и параметры которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики и параметры двигателя 5ВАН-22

Характеристики и параметры	5ВАН-22 (5ЧН22/32)
Назначение двигателя	Учебно-исследовательский
Место установки	Лаборатория СДВС
Потребитель энергии	Гидротормоз
Номинальная мощность N_e	220 кВт
Номинальная частота вращения n	500 об/мин
Диаметр цилиндра D	0,22 м
Ход поршня S	0,32 м
Число цилиндров i	5
Средняя скорость поршня, C_m	5,33 м/с
Номинальное ср. эфф. давление, p_e	8,68 бар
Максимальное давл. сгорания, p_z	65 бар
Постоянная двигателя C_i	0,0507 кВт/(бар·мин ⁻¹)
Постоянная гидротормоза K	0,00191

Перед проведением работы каждый учащийся должен внимательно ознакомиться с настоящими методическими указаниями, а также просмотреть конспект лекций или учебник по соответствующему вопросу. Кроме того, каждому необходимо приготовить таблицу замеров (форма таблицы дана в прил. 2) и миллиметровую бумагу для построения черновых графиков.

Подготовленность группы к лабораторной работе проверяется преподавателем. Неподготовленные учащиеся к работе не опускаются.

Сведения о дате и времени проведения работы и распределении обязанностей при испытаниях сообщаются на практическом занятии, предшествующем данной работе.

Работа проводится группой не более 12 человек. Примерное распределение обязанностей при проведении испытаний в лаборатории СДВС приведено в табл. 2.

Таблица 2

Примерное распределение обязанностей при испытаниях

Индекс	Обязанности	Количество человек
А	Измерение n , запись указателя нагрузки (УНО)	1
Б	Измерение $P_{гт}$, расчет и построение графиков N_e и p_e	1
В	Измерение расхода топлива $G_{ч}$, расчет и построение графиков g_e и η_e	2
Г	Измерение расхода воздуха $\Delta P_{ш}$, P_6 , t_6 , расчет G_s и α_s , построение графика α_s	1
Д	Измерение p_s , t_s и построение графика p_s	1
Е	Измерение $t_{вг}$ по цилиндрам; расчет средней по цилиндрам температуры ВГ и построение графиков	1
Ж	Индицирование и обработка диаграмм, определение средних по цилиндрам p_z , $p_{нвс}$, λ' и построение графиков	2
З	Обработка результатов измерений. Расчет и построение графиков N_m , N_b , η_m , p_b , g_b , η_i	2
И	Обслуживание двигателя. Перевод с режима на режим, контроль стабильности нагрузки параметров.	1
К	Старший группы. Руководство замераами и обработка результатов	1

В каждой группе назначается старший, обязанностью которого является контроль за подготовленностью группы к работе, организация работы группы во время испытаний и во время обработки результатов испытаний.

Все измерения должны начинаться и заканчиваться по сигналу старшего группы. Измерения производятся после установления стабильности режима. Контроль за стабильностью режима осуществляет группа обслуживания (см, индекс «И» в табл. 2). Показателями стабильности являются неизменность n , и $P_{гт}$, температуры воды и масла на выходе из двигателя, а также давления

и температуры наддувочного воздуха. Температура воды и масла на выходе из двигателя за время испытаний не должна меняться более чем на 5 °С.

Во время установки нового режима учащиеся обязаны освоить измерения на других рабочих местах, а также выполнить расчеты и черновые графические построения согласно своим обязанностям, обмениваться необходимой информацией друг с другом. К концу испытаний должны быть построены графики основных параметров – p_e , N_e (N_i), g_e . Это позволит заметить «выпадающие» результаты измерений и при необходимости повторить измерения.

Работа каждого учащегося во время испытаний оценивается преподавателем. При этом учитывается степень готовности отчета. Завершение работы над отчетом производится каждым учащимся самостоятельно.

К следующему практическому занятию, на котором производится обсуждение результатов работы, отчет должен быть составлен в полном объеме.

Учащиеся, пропустившие лабораторную работу по уважительным причинам или не допущенные к работе, объединяются в группы (не более 12 человек) и выполняют ее вне сетки расписания по согласованию с преподавателем и начальником лаборатории СДВС.

Измерения при проведении всех трех лабораторных работ одни и те же. Существенные различия наблюдаются только в способе управления двигателем при переходе с режима на режим, поэтому эти вопросы выделены в отдельные параграфы.

1.2. Нагрузочная характеристика

Перед проведением работы учащийся должен повторить материал лекций, а также прочесть соответствующие разделы учебника [1]. Кроме того, во время самоподготовки необходимо ознакомиться с двигателем, приборами и оборудованием. Особое внимание следует обратить на устройство для замера расхода топлива: изучить на месте его схему, расположение клапанов и последовательность всех переключений при проведении замера. Полезно составить принципиальную схему устройства с указанием необходимых клапанов

и последовательности манипуляций с ними. То же самое касается и нагрузочного устройства.

Нагрузочная характеристика снимается при $n \approx \text{const}$. Вспомогательные двигатели, управляемые регуляторами частоты вращения, не требуют специальных мероприятий для выполнения этого условия. Поэтому все операции по управлению двигателем сводятся к управлению нагрузкой. Количество

режимов для нагрузочной характеристики не должно быть менее пяти (включая и режим холостого хода), для внешней и винтовой характеристик можно ограничиться четырьмя режимами. По мере возможности следует нагружать двигатели через равномерные интервалы.

Управление нагрузкой дизеля осуществляется путем изменения наполнения гидротормоза водой из напорного бака. Величина нагрузки определяется по показаниям весов гидротормоза – $P_{гт}$. Постоянство $P_{гт}$ необходимо строго выдержать на каждом режиме. В случае отклонения сделанные измерения аннулируются, и режим устанавливается вновь. Рекомендуемые режимы работы двигателей приведены в табл. 3.

Таблица 3
Рекомендуемые режимы работы двигателей

Параметры режима	Номер режима				
	I	II	III	IV	V
Эффективная мощность	0 %	15 %	30 %	50 %	75 %
$P_{гт}$, кгс	0	35	69	115	178
n , мин ⁻¹	500	500	500	500	500

Испытания рекомендуется начинать с режима холостого хода. Во избежание путаницы в нумерации режимов следует придерживаться рекомендаций, приведенных в таблице.

1.3. Внешняя характеристика

Внешняя характеристика снимается при фиксированном положении органов управления топливоподачей, т.е. $УН = \text{idem}$. Практически это осуществляется следующим образом. Двигатель выводят на режим V по нагрузочной характеристике. Этот режим является первым режимом внешней характеристики.

В двигателе 5ВАН-22 на шкале УН регулятора частоты вращения УG-8 перемещаем подвижный упор ограничения топливоподачи до совмещения его со стрелкой, показывающей значение УН на V – режиме нагрузочной характеристики. После этого проводятся измерения.

Для перехода на второй режим приоткрывают клапан и увеличивают наполнение гидротормоза. Это приводит к падению n до определенного значения. После установления нового значения n и стабилизации основных параметров можно начинать замеры. Переход на третий и последующие режимы производится аналогично.

В двигателе ЗДН 30/50 условие $UH = idem$ достигается фиксацией рукоятки управления топливоподачей. Все остальные операции аналогичны выше-описанным.

При установке режимов рекомендуется придерживаться следующих частот вращения:

	II	III	IV
500 об/мин	450 об/мин	400 об/мин	360 об/мин

Следует помнить, что при работе на внешней характеристике двигатель работает в условиях повышенных механических и тепловых нагрузок, поэтому особенное внимание необходимо обращать на поддержание давлений и температур воды и масла в пределах, рекомендуемых инструкцией по эксплуатации для номинального режима.

1.4. Винтовая характеристика

Для главных двигателей, работающих непосредственно на винт, переход с одного режима на другой осуществляется только изменением подачи топлива.

В лабораторном двигателе для реализации винтовой характеристики необходимо управлять и топливоподачей, и частотой вращения.

Двигатель 5ВАН-22 имеет регулятор частоты вращения, включенный по всережимно-предельной схеме. Изменение частоты вращения достигается вращением рукоятки задания n на регуляторе (для уменьшения n рукоятку вращают против часовой стрелки). При этом двигатель независимо от нагрузки будет работать с постоянной вновь установленной частотой вращения.

Для реализации требуемого режима работы необходимо установить сначала новое значение n , а затем – соответствующую нагрузку.

При испытаниях следует придерживаться следующих режимов (табл. 4), реализующих эксплуатационную винтовую характеристику, где N_e изменяется пропорционально n^3 .

Таблица 4

Режимы, реализующие эксплуатационную винтовую характеристику

Параметры режима	Номер режима			
	I	II	III	IV
n , мин ⁻¹	500	422	368	292
n в % от номинала	100 %	84 %	74 %	58 %

N_e в % от номинала	75 %	60 %	40 %	20 %	
$P_{гт}$, кгс	178	164	125	79	

Напомним, что при измерениях на режиме должно строго выдерживаться постоянство частоты вращения и нагрузки.

На рис. 1 показаны перечисленные выше рекомендации по испытательным режимам эксплуатационных характеристик.

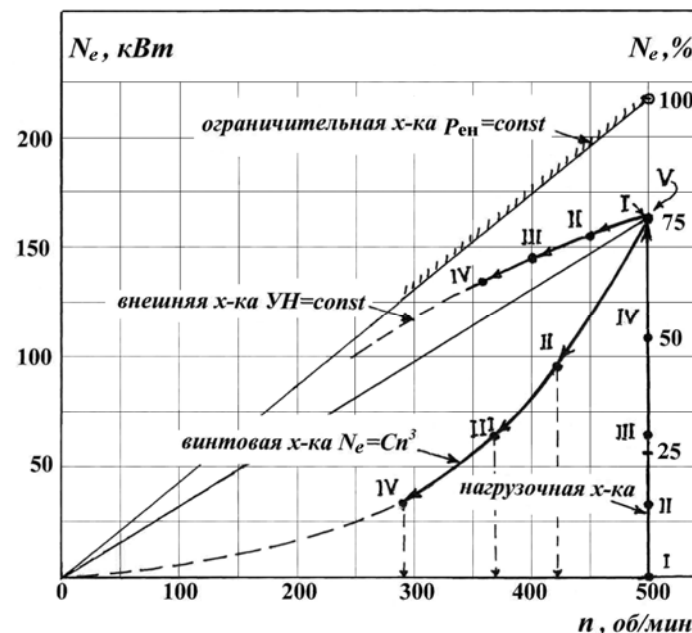


Рис. 1. Рекомендуемые испытательные режимы

2. Приборы и измерения

2.1. Частота вращения коленчатого вала двигателя

В судовых условиях частота вращения коленчатого вала n , мин⁻¹ определяется по суммарному счетчику оборотов:

$$n = \frac{n_2 - n_1}{\tau}, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – показания счетчика в начале и конце замера; τ – время замера, мин.

Для измерения τ используется секундомер. Во избежание грубой ошибки необходимо сверять подсчитанное по формуле значение n с показаниями тахометра на каждом режиме. С этой же целью измерения повторяются каждый раз не менее трех раз. Рекомендуется принимать $\tau = 3 - 5$ мин.

Одновременно с измерением частоты вращения необходимо записывать показания УН двигателя, расположенного непосредственно на регуляторе.

2.2. Мощность двигателя

Способ определения мощности двигателя зависит от потребителя энергии. При испытании главных двигателей на судах определяется индикаторная мощность N_i , кВт, путем индицирования и последующей обработки индикаторных диаграмм. Эффективная мощность N_e определяется косвенным путем: $N_e = N_i \eta_m$. Значения механического к.п.д. на каждом режиме следует принимать по результатам стендовых или ходовых испытаний, которые приведены технической документации по главному двигателю.

Для двигателей, нагруженных гидротормозами, непосредственно измеряется эффективная мощность. В этом случае косвенному определению подлежит N_i : $N_i = N_e + N_m$, где N_m – мощность механических потерь. В первом приближении для судовых дизелей N_m можно определить по формуле

$$N_m \approx A \cdot n, \quad (2)$$

где $A = (N_{in} - N_{en}) / n_n$, а N_{in} , N_{en} и n_n – номинальные значения соответствующих параметров. Значения этого коэффициента (иногда его называют коэффициентом трения) для двигателя 5ВАН-22 равно 0,11.

Мощность двигателей с гидротормозом определяется из выражения

$$N_e = K \cdot P_{ГТ} \cdot n, \quad (3)$$

где K – постоянная гидротормоза (значения см. в табл. 1). Остальные обозначения известны.

2.3. Расход топлива

Часовой расход топлива $G_{ч}$, кг/ч, является второй важной величиной после мощности. При измерении расхода топлива объемным способом необходимо знать объем мерного бака V_M , кг/дм³, плотность топлива ρ_T , кг/дм³.

Все измерения сводятся к замеру времени опорожнения мерного бака. Расход подсчитывают по формуле

$$G_{ч} = V_M \cdot \rho_T \cdot 3600 / \tau, \quad (4)$$

где τ – время опорожнения мерного бака в секундах.

Для двигателей, работающих на дизельном топливе, плотность достаточно измерить один раз перед испытанием. Зная объем мерного бака и плотность топлива, можно привести формулу (4) к удобному для вычислений виду. Для дизеля 5ВАН-22: $V_M = 1,92$ дм³; $\rho_T = 0,83$ кг/дм³; $G_{ч} = 5740 / \tau$. Для судовых двигателей, работающих на высоковязких сортах топлива, ρ_T измеряется на каждом режиме, так как из-за изменения температуры топлива она будет существенно изменяться от режима к режиму.

После окончания замера следует, не задерживаясь, переключить расход топлива на расходную цистерну. Промедление может привести к аварийной остановке двигателя и срыву лабораторной работы. В связи с этим предварительное ознакомление с мерным устройством является обязательным для каждого учащегося.

2.4. Расход воздуха

Измерение расхода воздуха на двигатель G_s , кг/ч проводится только в лабораторных условиях. Этот параметр необходим для определения суммарного коэффициента избытка воздуха – одного из косвенных показателей теплонапряженности. Для измерения на выпускном трубопроводе компрессора установлена дроссельная шайба, как показано на рис. 2.

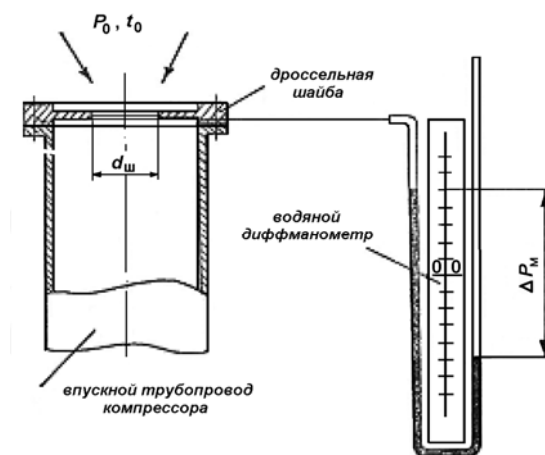


Рис. 2. Схема устройства для измерения расхода воздуха

При работе двигателя возникает перепад давлений $\Delta p_{ш}$, который измеряется водяным дифференциальным манометром в мм вод. ст.

Расход воздуха через компрессор можно подсчитать по формуле

$$G_k = 1,25\mu d_{ш}^2 10^{-2} \sqrt{\gamma_0 \Delta p_{ш}}, \quad (5)$$

где γ_0 – удельный вес воздуха перед шайбой, кгс/м³;

μ – коэффициент расхода;

$d_{ш}$ – диаметр дроссельной шайбы, мм.

Подставив численные значения перечисленных коэффициентов и величин в последнюю формулу, получим в окончательном виде зависимость для расчета расхода воздуха

$$G_s = 69 \sqrt{\gamma_0 \Delta p_{ш}}. \quad (6)$$

Из формулы следует, что для определения G_s достаточно измерить $\Delta p_{ш}$ и определить γ_0 . На рис. 3 приведена номограмма для определения γ_0 по измеренным барометрическому давлению p_6 , мм рт. ст., и температуре воздуха на входе в двигатель t_0 , °С.

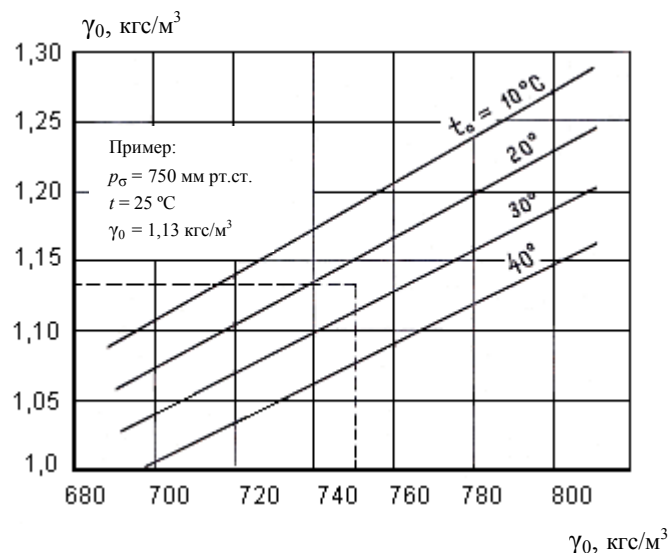


Рис. 3. Номограмма для определения γ_0

2.5. Давление и температура наддувочного воздуха

Давление p_s , бар, и температура t_s , °С, наддувочного воздуха после воздухоохладителя измеряются с помощью штатного манометра и термометра.

2.6. Температура выпускных газов

Температура выпускных газов по цилиндрам $t_{вг}$, °С, в судовых условиях измеряется штатными термометрами и пирометрами. В лаборатории измерение осуществляется с помощью хромель-копелевых или хромель-алюмелевых термопар и автоматических потенциометров типа ЭПП-09 и КСП-4.

По измеренным значениям $t_{вг}$ подсчитывается средняя по цилиндрам температура выпускных газов $\bar{t}_{вг}$, которая записывается в сводную таблицу измерений.

2.7. Индицирование двигателя

На главных малооборотных двигателях для определения p_i и N_i , а также оценки косвенных показателей механической напряженности p_c , p_z и $\lambda' = p_z/p_{нвс}$ снимаются нормальная, смещенная диаграммы и диаграммы-гребенки. Индицирование осуществляется индикатором «Майгак» Т-50 или электронным индикатором.

При индицировании лабораторного среднеоборотного дизеля 5ВАН-22 применяется механический индикатор «Майгак» Т-30. Снимаются диаграмма-гребенка и развернутая диаграмма (с протяжкой индикаторного шнура вручную), по этим диаграммам определяются только p_c , p_z и $\lambda' = p_z/p_{нвс}$. Среднее индикаторное давление и индикаторная мощность определяются расчетным путем (см. п. 2.2).

3. Обработка результатов испытаний и составление отчета

Обработка результатов испытаний заключается в определении на основе данных измерений двигателя, характеризующих работу двигателя, внесении их в сводную таблицу и построении графиков энергоэкономических показателей, показателей тепловой и механической напряженности.

3.1. Энергетические показатели

Определение N_i , N_e и N_m было уже рассмотрено ранее в п. 2.2. Соответствующие средние давления p_i , p_e и p_m можно подсчитать формулам:

$$p_i = \frac{N_i}{C n i}; p_e = \frac{N_e}{C n i}; p_m = \frac{N_m}{C n i}.$$

Для лабораторных двигателей p_e можно определить проще, так как оно пропорционально $P_{гг}$. Действительно $N_e = K P_{гг} n$, но, с другой стороны, $N_e = C i p_e n$. Объединяя правые части в уравнение и решив последнее относительно p_e , получим $p_e = \frac{K}{C i} P_{гг}$.

Подставив значения K , и $C \cdot i$ из табл. 1, получим для дизеля 5ВАН-22

$$p_e = 0,0376 \cdot P_{гг}. \quad (7)$$

Среднее индикаторное давление можно подсчитать как сумму $p_i = p_e + p_m$, или, зная механический к.п.д, рассчитать по формуле $p_i = p_e / \eta_m$.

3.2. Экономические показатели

Механический к.п.д. определяется по формуле

$$\eta_m = 1 - \frac{N_m}{N_i} \text{ или } \eta_m = 1 - \frac{p_m}{p_i}. \quad (8)$$

Удельные расходы топлива

$$g_e = 1000 \cdot \frac{G_{ч}}{N_e}; g_i = 1000 \cdot \frac{G_{ч}}{N_i} \text{ г/(кВт-ч)}.$$

Эффективный и индикаторный к.п.д. рассчитывается по формулам:

$$\eta_e = \frac{3600}{Q_n g_e}; \eta_i = \frac{3600}{Q_n g_i},$$

где Q_n – низшая теплота сгорания топлива (для дизельных топлив можно принять $Q_n = 42700$ кДж/кг).

3.3. Параметры, характеризующие тепловую и механическую напряженность двигателя

Показатели p_z , $p_{нвс}$ и $\lambda' = p_z / p_{нвс}$ определяются по индикаторным диаграммам.

Суммарный коэффициент избытка воздуха можно определить, зная расходы воздуха и топлива на двигатель $\alpha_z = G_s / L_0 G_{ч}$, где L_0 – теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг топлива. Для топлив среднего состава $L_0 = 14,4$ кг.

3.3. Содержание отчета

Результаты измерений и обработки вносятся в сводную таблицу (прил. 1). Для удобства обработки результатов испытаний в графе таблицы «Примечания» записаны расчетные формулы для каждого из рассчитываемых параметров, выведенные с учетом вышеприведенных зависимостей (1) – (8).

По данным таблицы на миллиметровой бумаге формата А4 строятся графики показателей работы двигателя. Все кривые вычерчиваются простым мягким карандашом с помощью лекал. Следует иметь в виду, что из-за погрешностей измерения практически всегда наблюдается разброс точек, поэтому

не следует стремиться проводить линию строго по точкам. Ее нужно провести таким образом, чтобы отклонения точек от линии были минимальны. Экспериментальные точки на графиках должны быть нанесены обязательно четко. Масштабы по оси абсцисс и ординат следует тщательно продумать. График не должен быть чрезмерно сжат по оси ординат и вытянут по оси абсцисс. Это затрудняет построение кривых по точкам. Графики получаются наглядными, если отношение высоты к ширине лежит в пределах 0,5 – 0,8.

Для каждой характеристики рекомендуется строить три отдельных графика. На первом графике строятся кривые энергетических показателей N_i , N_e , N_m , p_i , p_e , p_m . Для нагрузочной характеристики средние давления можно не приводить, так как они пропорциональны мощностям. На втором графике приводятся экономические показатели η_i , η_e , η_m , g_i , g_e . На третьем графике строятся кривые показателей, характеризующих тепловую и механическую напряженность двигателя p_z , $p_{нвс}$, λ' , p_s , $\bar{t}_{вг}$.

Шкалы можно располагать по обе стороны графика. По высоте их следует разместить таким образом, чтобы кривые не пересекались и не сливались. Цифры и размерности наносить обязательно.

На рис. 4 – 6 приводятся примеры построения графиков 1, 2 и 3 для разных характеристик. При работе по *нагрузочной* характеристике на оси абсцисс на всех трех графиках откладывается p_e . Графики для *внешней* и *винтовой* характеристик строятся в функции частоты вращения.

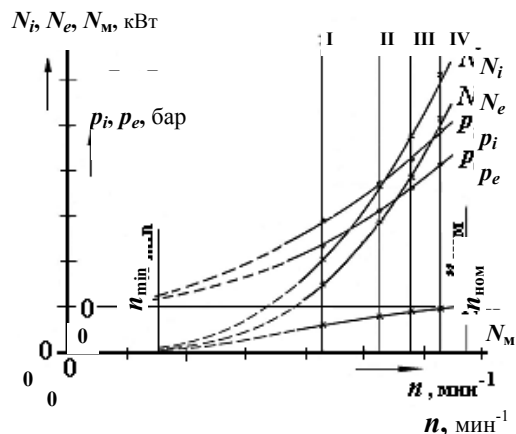


Рис. 4. Энергетические показатели (пример для винтовой характеристики (график 1))

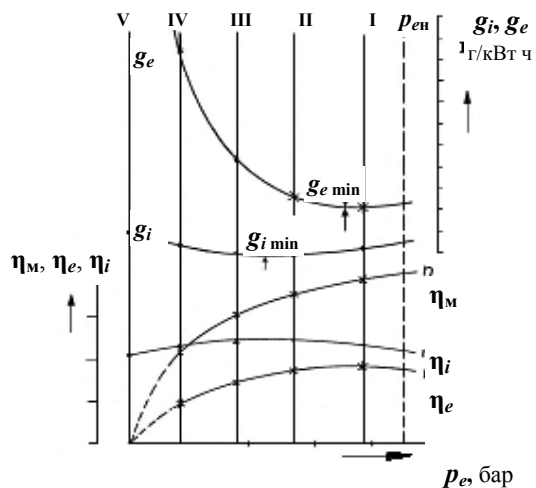


Рис. 5. Экономические показатели (пример для нагрузочной характеристики (график 2))

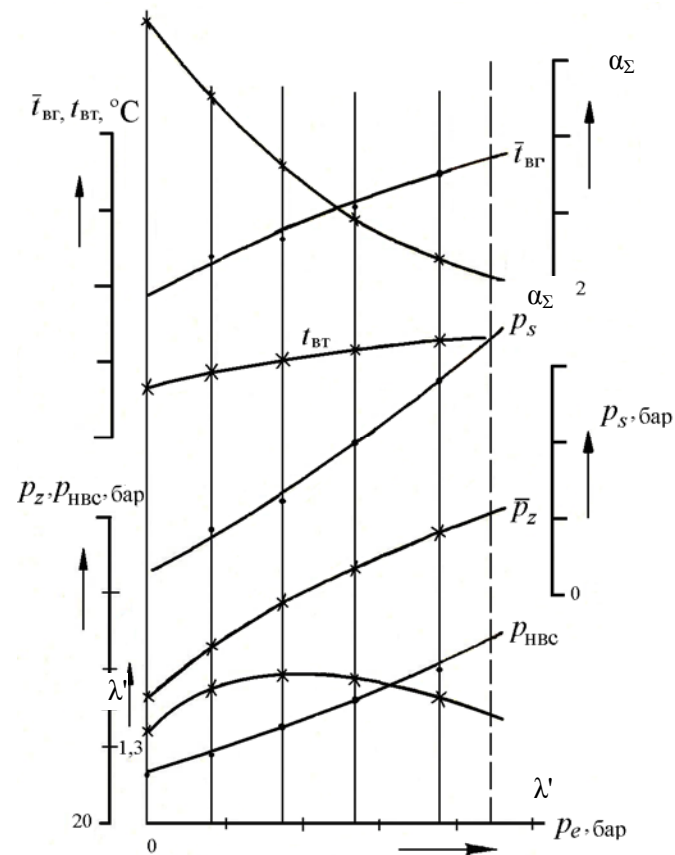


Рис. 6. Показатели тепломеханической напряженности (пример для *нагрузочной* характеристики (график 3))

Отчет составляется каждым учащимся самостоятельно. Он должен содержать сводную таблицу, графики и заключение. В заключении следует отметить характерные режимы (например, $g_{e\min}$, $g_{i\min}$ и т.д.), кратко объяснить причины изменения η_m , η_i , η_e , λ' , p_c , p_z и других показателей. По объему заключение не должно превышать одну страницу рукописного текста. небрежно оформленный отчет к защите не принимается. Образец титульного листа дан в прил. 2.

3.4. Защита отчета и зачет по лабораторным работам

Защита отчета по каждой лабораторной работе проводится в назначенные предварительно дни и часы вне сетки расписания. Для получения зачета каждый учащийся должен представить отчет и ответить устно на вопросы преподавателя (объяснить форму кривых, методику измерений, обработку результатов измерений и т.п.). Для успешной защиты отчета необходимо знать теоретический материал по соответствующему разделу курса СДВС. Если учащийся при защите отчета не проявил необходимых знаний и понимания сути проделанной работы, то ему необходимо подготовиться и явиться на защиту вторично.

Литература

1. Возницкий И.В., Пунда А.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Т. 2. – М.: Моркнига, 2008. – 470 с.
2. Камкин С.В., Возницкий И.В., Лемещенко А.Л., Пунда А.С. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. М.: Транспорт, 1996. – 432 с.

Приложение 1

п/п	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Режимы					Расчетная формула
				I	II	III	IV	V	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Указатель нагрузки	УН	-						измеряется
2	Показания весов гидротормоза	$P_{ГТ}$	кгс						измеряется
3	Частота вращения	n	об/мин						измеряется
4	Эффективная мощность ¹⁾	N_e	кВт						$N_e = 0,00191P_{ГТ}n$
5	Мощность мех. потерь ¹⁾	N_m	кВт						$N_m = 0,11n$
6	Индикаторная мощность ¹⁾	N_i	кВт						$N_i = N_e + N_m$
7	Среднее эффективное давление ¹⁾	p_e	бар						$p_e = 0,0376 \cdot P_{ГТ}$
8	Среднее давление мех. потерь	p_m	бар						$p_m = N_m / (0,0675n)$
9	Среднее индикаторное давление	p_i	бар						$p_i = p_e + p_m$
10	Механический КПД ²⁾	η_m	-						$\eta_m = N_e / N_i$
11	Время замера расхода топлива	τ	с						измеряется
12	Расход топлива на двигатель	G_T	кг/ч						$G_T = 5740 / \tau$
13	Удельный эфф. расход топлива ²⁾	g_e	г/(кВт·ч)						$g_e = 1000 \cdot G_T / N_e$
14	Удельный инд. расход топлива ²⁾	g_i	г/(кВт·ч)						$g_i = 1000 \cdot G_T / N_i$
15	Индикаторный КПД ²⁾	η_i	-						$\eta_i = 3600 / (Q_H g_i)$
16	Эффективный КПД ²⁾	η_e	-						$\eta_e = \eta_i \eta_m$

17	Перепад давл. на дросс. шайбе	$\Delta P_{ш}$	мм в.ст.						измеряется
18	Расход воздуха на двигатель	G_s	кг/ч						$G_s = 69\sqrt{\Delta P_{ш} \gamma_0}$
19	Суммарный к-т изб. воздуха	α_Σ	-						$\alpha_\Sigma = G_s / (14,4G_T)$
20	Давление наддув. воздуха	p_s	бар						измеряется
21	Температура наддув. воздуха	t_s	°C						измеряется
22	Средняя температура ОГ ³⁾	\bar{t}_T	°C						измеряется
25	Максимальное давление сгорания ³⁾	p_z	бар						измеряется
26	Давление в точке НВС ³⁾	$p_{НВС}$	бар						измеряется
27	Степень повышения давления ³⁾	λ'	-						$\lambda' = p_z / p_{НВС}$

Приложение 2

Министерство транспорта Российской Федерации
 Федеральное агентство морского и речного транспорта
 Федеральное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 «ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ
 имени адмирала С.О. МАКАРОВА»

Судомеханический факультет

Кафедра ДВС и АСЭУ

О Т Ч Е Т

о лабораторных работах

**«ИСПЫТАНИЕ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ 5ВАН-22 (5ЧН 22/32)
 НА РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК»**

Выполнил курсант группы М- _____

Принял _____

Санкт-Петербург 20__