

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

Кафедра «Тракторы, автомобили и техническая механика»

**ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ
ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ И АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Методические рекомендации по дисциплине
«Энергетические установки технических средств АПК»**

Краснодар - 2019

СОДЕРЖАНИЕ

РАСПОРЯДОК РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИЯХ	4
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	4
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ	6
1 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ	7
1.1 Расчетные формулы для определения основных показателей работы топливной аппаратуры	7
1.2 Форсунки	8
1.3 Топливный насос высокого давления типа УТН	11
1.4 Топливный насос высокого давления типа НД	15
1.5 Топливный насос высокого давления типа ТН	19
1.6 Скоростная и регуляторная характеристики топливного насоса высокого давления	23
2 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ	27
2.1 Расчетные формулы для определения основных показателей работы двигателя	27
2.2 Регулировочная характеристика дизельного двигателя по составу смеси	29
2.3 Нагрузочная характеристика дизельного двигателя	34
2.4 Регуляторная характеристика дизельного двигателя	39
2.5 Скоростная характеристика дизельного двигателя	45
Список учебных пособий для выполнения лабораторных работ	49

РАСПОРЯДОК РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИЯХ

Перед началом выполнения лабораторных работ студенты должны ознакомиться с распорядком работы и требованиями техники безопасности. Каждый студент, прошедший инструктаж по технике безопасности, должен расписаться в журнале преподавателя и под текстом требований техники безопасности. Студенты, не прошедшие инструктаж, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

В каждой группе преподавателем назначается дежурный, который обязан:

- а) подготовить мел, протереть доску, включить вытяжные вентиляторы;
- б) до начала занятия получить у учебного мастера измерительные приборы, инструмент, учебные и методические пособия, распределить их по рабочим местам;
- в) в течение занятий следить за поддержанием порядка, чистоты, сохранностью учебных и методических пособий, приборов и оборудования лаборатории;
- г) после окончания занятий сдать учебному мастеру инструменты, привести в порядок рабочие места, протереть двигатель и стенды.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед началом работы привести в порядок одежду и волосы. Развешиваемые концы одежды, незастегнутые рукава, свисающие волосы должны быть тщательно заправлены.

В процессе работы строго соблюдать все указания преподавателя и учебного мастера. Осуществлять какие-либо действия по регулировке двигателя, тормозного устройства или приборов без разрешения и контроля указанных лиц категорически запрещается.

Категорически запрещается покидать рабочее место или заниматься посторонними разговорами во время проведения испытаний.

Не касаться вращающихся деталей двигателя и стенда, а также нагретых выпускных коллекторов и трубопроводов; не производить обтирки двигателя или стенда при их работе; не снимать и не открывать при работе двигателя или стенда защитных ограждений.

Не оставлять на двигателях, стендах и нагрузочных реостатах, а также на полу лаборатории обтирочные материалы, инструмент и измерительные приборы. Пролитые масло, топливо или воду необходимо немедленно вытирать насухо.

В двигателях с электрическим зажиганием не касаться при работе свечей, проводов высокого напряжения и распределителей зажигания.

При обнаружении на любом из рабочих мест нарушений нормального режима работы, немедленно поставить об этом в известность преподавателя или учебного мастера для принятия необходимых мер.

К нарушениям такого рода относятся следующие:

а) в двигателе: возникновение ненормальных стуков, резкое отклонение температур и давления в масляной магистрали и системе охлаждения от установленных величин, резкий рост частоты вращения коленчатого вала, появление течей в трубопровода систем подачи топлива, смазки, охлаждения, выпуска, а также перегрева двигателя;

б) в электрической части станков: перегрев нагрузочного реостата в тормозной установки, появление искр, дыма или пламени в частях установки, ненормальный шум работающего генератора;

в) в станках: возникновение повышенных стуков, появление течей, запахов.

Применение открытого огня, в том числе курение, использование паяльных ламп и т.д. в помещениях лабораторий категорически запрещается.

При возникновении аварийного состояния установки или опасности пожара, а также при получении травмы кем-либо из участников работы, вся группа должна сохранять выдержку и организованность, четко и быстро выполняя все указания преподавателя или учебного мастера, которые приняли на себя руководство ликвидацией создавшегося положения. При пожаре звонить по телефону 5-05 (местная линия).

С правилами техники безопасности ознакомился _____
« » _____ Г

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Лабораторные работы выполняются в соответствии с учебными пособиями /1,2,3/, в лабораториях испытаний двигателей и топливной аппаратуры в соответствии с графиком, который доводится до сведения студентов перед началом лабораторных работ.

К выполнению очередной лабораторной работы студент должен быть подготовлен, проработав соответствующий материал лекций и рекомендуемых учебных и методических пособий /1,2,3/. О степени своей подготовленности к выполнению очередной лабораторной работы студент может судить по ответам на контрольные вопросы, которые приводятся в пособии. Студенты, не подготовленные к очередной лабораторной работе, к ее выполнению не допускаются.

Обработка результатов испытания производится в лаборатории в пределах времени, отведенного расписанием занятий на лабораторную работу, при условии выполнения ее экспериментальной части. Окончание отчета производится студентом самостоятельно в часы вне расписания.

Отчет по лабораторной работе представляется преподавателю на очередном занятии. Студенты, не представившие и не защитившие отчет по выполненной работе, к дальнейшему проведению занятий не допускаются.

Индивидуальное выполнение работ в лаборатории не допускается. Отработка пропущенных занятий осуществляется с другой подгруппой или по специальному графику с разрешения заведующего кафедрой.

Общий зачет по лабораторным работам выставляется студенту лишь после выполнения им всех работ, оформления и защиты отчетов.

Все записи в журнале ведут чернилами. Графики строят простым карандашом или пастой с применением чертежных инструментов и оформляют в соответствии с требованиями Государственных стандартов.

Результаты измерений и расчетов вносятся в протокол испытаний и представляются в виде графиков, все записи ведутся чернилами. Кривые изменения показателей строятся по опытным точкам. При построении кривых изменения производных величин, опытные точки на график не наносят. Опытные точки каждого показателя отмечаются на графике разными условными знаками. Кривые проводятся осредненные с помощью лекала.

1 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

1.1 расчетные формулы для определения основных показателей работы топливной аппаратуры

1.1.1 Цикловая подача топлива насосом

$$g_{\text{цикл}} = \frac{Q_T}{i_T} \cdot 10^3 \text{ мм}^3 / \text{цикл}, \quad (1.1)$$

где Q_T - объем топлива, поступившего в мензурку за i_T циклов, см³;
 i_T - число циклов.

1.1.2 Неравномерность подачи топлива отдельными секциями топливного насоса

$$\delta_T = \frac{2 \cdot (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})}{Q_{\text{max}} + Q_{\text{min}}} \cdot 100, \% \quad (1.2)$$

где $Q_{\text{max}}, Q_{\text{min}}$ - максимальный и минимальный объем топлива, поданный за время опыта секциями насоса, обеспечивающими наибольшую и наименьшую подачи, см³/опыт.

1.1.3 Часовая подача топлива насосом

$$G_T = 60 \cdot \frac{\Sigma Q \cdot n_T \cdot \rho_T}{i_T} \cdot 10^{-6} \text{ кг/ч}, \quad (1.3)$$

где ΣQ - суммарный объем топлива, поступившего в мензурки, см³/опыт;
 n_T - частота вращения кулачкового вала насоса, мин⁻¹;
 ρ_T - плотность топлива, кг/м³.

1.1.4 Степень неравномерности регулятора частоты вращения при проверке (настройке) на безмоторном стенде

$$\delta_p = \frac{2 \cdot (n_{\text{откл}} - n_p)}{n_{\text{откл}} + n_p} \cdot 100, \% \quad (1.4)$$

где $n_{\text{откл}}$ - частота вращения кулачкового вала насоса соответствующая полному автоматическому отклонению подачи топлива мин⁻¹;

n_p - частота вращения кулачкового вала насоса, соответствующая началу действия регулятора, мин⁻¹.

1.1.5 Пропускная способность форсунки

$$g_{\phi} = \frac{Q_T}{i_T} \cdot 10^3 \text{ мм}^3 / \text{цикл}, \quad (1.5)$$

где Q_T - объем топлива, поступившего в мензурку за опыт, см³/опыт;
 i_T - число циклов за опыт.

1.2 Форсунки

1.2.1 Заполнить таблицу параметров форсунок Основные параметры форсунок дизельных двигателей

Параметры	Двигатель							
	Д-50	Д-120	Д-243, Д-245	Д-65Н	Д-440	СМД-60	ЯМЗ-236, ЯМЗ-240Б	КамАЗ-740
Способ смесеобразования двигателя								
Тип форсунки								
Давление начала впрыска топлива, МПа								
Число распыливающих отверстий								
Диаметр распыливающих отверстий, мм								

1.2.2 Приведите гидравлическую схему и краткое описание прибора для проверки и регулировки форсунок

1.2.3 Изложите последовательность проверки и регулировки форсунок

1.2.4 Краткая методика проверки и регулировки форсунок

1.2.4.1 На давление начала впрыска топлива

1.2.4.2 На качество распыливания топлива

1.2.4.3 На гидравлическую плотность

1.2.4.4 На пропускную способность

1.2.5 Какие причины вызывают снижение давления впрыска форсункой, подтекание топлива в торце распылителя, закоксовывание распылителя?

1.2.6 Какое влияние на работу двигателя и теплонапряженность его деталей оказывает снижение давления впрыск топлива, зависание иглы распылителя, некачественное распыливание топлива форсункой?

1.2.7 Протокол Испытания форсунок

Протокол испытания форсунок		
Сенд _____ Приборы _____		
Температура топлива _____ °С, плотность топлива _____ кг/м ³		
Показатели	Форсунка	
Количество распыляющих отверстий		
Диаметр распыливающих отверстий, мм		
Давление начала впрыска топлива, МПа до регулировки требуемое после регулировки		
Качество распыливания топлива		
Герметичность		
Гидравлическая плотность, с фактическая требуемая		

1.2.8 Контрольные вопросы

1 Объясните принцип действия и порядок пользования приборами для проверки форсунок. Как может быть проверена герметичность прибора для проверки и регулировки форсунок?

2 По каким признакам оценивается качество распыливания топлива форсункой?

3 Что такое пропускная способность форсунок и как она определяется? Какими показателями она оценивается?

4 Чем вызывается необходимость подбора форсунок по пропускной способности?

5 Как проверяется давление начала впрыска топлива форсункой на приборе КИ-562, КИ-3333, с помощью максиметра и эталонной форсунки?

6 Как отрегулировать давление начала впрыска топлива форсункой?

7 Охарактеризуйте способы смесеобразования, применяемые в дизельных двигателях.

8 Дайте сравнительную оценку способам смесеобразования, применяемым в дизельных двигателях.

9 Какие различия в испытании и регулировке форсунок штифтовых и бесштифтовых?

10 Каковы особенности регулировки форсунок двигателей КамАЗ по сравнению с форсунками двигателя Д-240?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.

Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

1.3 Топливный насос высокого давления типа УТН

1.3.1 Перечислите основные режимы для проверки и настройки топливных насосов высокого давления (ТНВД)

1.3.2 Последовательность проверки и регулировки топливного насоса типа УТН

1.3.3 Определите показатели работы ТНВД

1.3.4 Протокол испытания топливного насоса типа УТН

Протокол испытания топливного насоса _____			
Стенд _____	Температура топлива _____ °C		
	Плотность топлива _____ кг/м ³		
Показатели	После проверки	Должно быть	После регулировки
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая началу действия регулятора, мин ⁻¹			
Частота вращения кулачкового вала номинальная, мин ⁻¹			
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая максимальной частоте холостого хода двигателя, мин ⁻¹			
Степень неравномерности регулятора, %			
Угол начала впрыска топлива секциями, град 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция			
Подача топлива секциями на номинальном скоростном режиме, см ³ за _____ циклов 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция			
Неравномерность подачи топлива секциями на номинальном режиме, %			
Часовая подача топлива насоса, кг/ч			
Подача топлива на режиме перегрузки (при n= _____ мин ⁻¹), см ³ за _____ циклов 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция			
Степень коррекции, %			

1.3.5 Проанализируйте результаты испытаний и ответьте на вопросы

1.3.5.1 Изложите принцип настройки регулятора на частоту вращения кулачкового вала насоса, соответствующую началу действия регулятора.

1.3.5.2 Изложите принцип настройки регулятора частоты вращения на требуемую степень неравномерности.

1.3.5.3 Как проверяется настройка регулятора на частоту вращения, соответствующую началу действия, с помощью чего она изменяется?

1.3.5.4 Как проверяется настройка регулятора на частоту вращения, соответствующую максимальной частоте вращения холостого хода двигателя? Чем она регулируется?

1.3.5.5 Объясните регулировку топливного насоса типа УТН на равномерность подачи топлива отдельными секциями.

1.3.5.6 Объясните регулировку топливного насоса типа УТН на момент впрыска топлива отдельными секциями

1.3.5.7 С помощью чего изменяется часовая подача топлива насосом типа УТН.

1.3.5.8 Как определяется работа ТНВД на режиме перегрузки? Чем настраивается этот режим?

1.3.5.9 Как определяется подача топлива насосом на режиме пуска?

1.3.6 Контрольные вопросы

1 Объясните устройство стендов для проверки и настройки дизельной топливной аппаратуры (ДТА).

2 Объясните принцип действия стробоскопического устройства стендов.

3 С помощью чего изменяется и измеряется частота кулачкового вала ТНВД при проверке на стенде.

4 Как определяется степень неравномерности регулятора частоты вращения? Какова степень неравномерности регулятора тракторных двигателей по техническим условиям?

5 Какое влияние на показатели работы двигателя оказывает степень неравномерности регулятора? Почему при эксплуатации тракторного двигателя степень неравномерности регулятора изменяется?

6 Чем вызывается отличие номинальной частоты вращения кулачкового вала насоса от частоты вращения, соответствующей началу действия регулятора?

7 Каково допустимое отклонение момента начала впрыска топлива отдельными секциями насоса? Чем вызывается необходимость установки такого допуска?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.

Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

1.4 Топливный насос типа НД

1.4.1 Приведите схему работы стробоскопа для определения начала впрыска топлива

1.4.2 Изложите последовательность проверки и регулировки топливного насоса НД-21(22)

1.4.3 Вычислите показатели работы топливного насоса

1.4.4 Протокол испытания топливного насоса типа НД

Протокол испытания топливного насоса _____			
Стенд _____	Температура топлива _____ °C	Плотность топлива _____ кг/м ³	
Показатели	После проверки	Должно быть	После регулировки
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая началу действия регулятора, мин ⁻¹			
Частота вращения кулачкового вала номинальная, мин ⁻¹			
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая максимальной частоте холостого хода двигателя, мин ⁻¹			
Степень неравномерности регулятора, %			
Угол начала впрыска топлива секциями, град <div style="text-align: center; margin-left: 100px;"> 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция </div>			
Подача топлива секциями на номинальном скоростном режиме, см ³ за _____ циклов <div style="text-align: center; margin-left: 100px;"> 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция </div>			
Неравномерность подачи топлива секциями на номинальном режиме, %			
Часовая подача топлива насоса, кг/ч			
Подача топлива на режиме перегрузки (при n= _____ мин ⁻¹), см ³ за _____ циклов <div style="text-align: center; margin-left: 100px;"> 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция </div>			
Степень коррекции, %			

1.4.5 Проанализируйте результаты испытаний и ответьте на вопросы

1.4.5.1 Как проверяется настройка регулятора на частоту вращения, соответствующую началу действия? С помощью чего она изменяется?

1.4.5.2 Как проверяется настройка регулятора на частоту вращения, соответствующую максимальной частоте вращения холостого хода двигателя? С помощью чего она регулируется?

1.4.5.3 Как изменить настройку подачи топлива насосом типа НД на номинальном режиме?

1.4.5.4 Объясните настройку одинаковости подачи топлива обеими секциями насоса НД-22

1.4.5.5 Объясните, в чем могут состоять причины неравномерной подачи топлива в цилиндры двигателя

1.4.5.6 Объясните настройку ТНВД на режим перегрузки.

1.4.5.7 Нарисуйте схему расположения цилиндров двигателя СМД-60 и объясните порядок работы его цилиндров. Укажите угловые интервалы чередования впрысков топлива в цилиндры двигателя

1.4.6 Контрольные вопросы

1 Объясните устройство и действие плунжерной пары топливного насоса типа НД.

2 Что называют цикловой подачей топлива?

3 Объясните назначение корректора подачи топлива.

4 Какова допустимая неравномерность подачи топлива насоса в отдельные цилиндры двигателя? Чем вызывается необходимость установки такого допуска?

5 Объясните причины возможной неравномерности подачи топлива между линиями нагнетания в пределах одной секции насоса типа НД. Можно ли уменьшить эту неравномерность?

6 Почему топливопроводы высокого давления, используемые для одного двигателя, предпочтительнее иметь одинаковой длины и проходного сечения?

7 Что такое степень неравномерности регулятора? Как может быть оценена степень неравномерности регулятора при проверке ТНВД на стенде?

8 В чем могут состоять причины чрезмерного увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя (двигатель «идет вразнос»)?

9 Назовите причины, зависящие от топливной аппаратуры, вследствие которых двигатель не развивает полной мощности или работает с перебоями.

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.
Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

1.5 Топливный насос типа ТН

1.5.1 Приведите схему определения угла начала подачи

1.5.2 Изложите последовательность проверки и регулировки топливного насоса типа ТН.

1.5.3 Вычислите показатели работы топливного насоса

1.5.4 Протокол испытания топливного насоса типа ТН

Протокол испытания топливного насоса _____			
Стенд _____	Температура топлива _____ °C	Плотность топлива _____ кг/м ³	
Показатели	После проверки	Должно быть	После регулировки
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая началу действия регулятора, мин ⁻¹			
Частота вращения кулачкового вала номинальная, мин ⁻¹			
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая максимальной частоте холостого хода двигателя, мин ⁻¹			
Степень неравномерности регулятора, %			
Угол начала впрыска топлива секциями, град 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция			
Подача топлива секциями на номинальном скоростном режиме, см ³ за _____ циклов 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция			
Неравномерность подачи топлива секциями на номинальном режиме, %			
Часовая подача топлива насоса, кг/ч			
Подача топлива на режиме перегрузки (при n= _____ мин ⁻¹), см ³ за _____ циклов 1 секция 2 секция 3 секция 4 секция			
Степень коррекции, %			

1.5.5 Проанализируйте результаты испытаний и ответьте на вопросы

1.5.5.1 Как проверяется настройка регулятора на частоту вращения, соответствующую началу действия? С помощью чего она измеряется?

1.5.5.2 Как проверяется настройка регулятора на частоту вращения, соответствующую максимальной частоте вращения холостого хода двигателя? С помощью чего она регулируется?

1.5.5.3 Объясните регулировку топливного насоса типа ТН на равномерность подачи топлива отдельными секциями.

1.5.5.4 Объясните регулировку топливного насоса типа ТН на момент впрыска топлива отдельными секциями

1.5.5.5 С помощью чего измеряется часовая подача топлива насосом типа ТН.

1.5.6 Контрольные вопросы

- 1 Как определяется величина цикловой подачи топлива?
- 2 Перечислите режимы, на которых производится проверка и настройка ТНВД.
- 3 Почему необходимо производить настройку начала подачи топлива и чередования впрысков? По какой причине допуск на них различен?
- 4 Как проверяется работа ТНВД на режиме пуска?
- 5 Что представляет собой пусковой обогатитель топливного насоса? Как проверяется его работа?
- 6 Как может быть изменена цикловая подача на режиме перегрузки?
- 7 С какой целью и на каких двигателях устанавливается пневмокорректор?
- 8 Как регулируется винт жесткого упора (винт предотвращения «разноса» двигателя)?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.
Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

1.6 Скоростная и регуляторная характеристики топливного насоса высокого давления

1.6.1 Дайте определение скоростной и регуляторной характеристикам ТНВД

1.6.2 Назначение регуляторной характеристики ТНВД

1.6.3 Назначение скоростной характеристики ТНВД

1.6.4 Методика снятия регуляторной характеристики ТНВД

1.6.5 Методика снятия скоростной характеристики ТНВД

1.6.6 Зависимости для определения показателей работы ТНВД

1.6.7 Протокол снятия характеристик топливного насоса

Показатели	Частота вращения кулачкового вала, мин ⁻¹											
Производительность насосного элемента V_T , см ³ /опыт по скоростной характеристике по регуляторной характеристике												
Цикловая подача топлива $q_{ци}$, мм ³ /цикл, по скоростной характеристике по регуляторной характеристике												

1.6.8 Скоростная и регуляторная характеристики топливного насоса

$q_{ци}$ мм ³ /цикл											

$n_T, \text{мин}^{-1}$

1.6.9 Проанализируйте результаты испытаний и ответьте на вопросы

1.6.9.1 Объясните причины снижения подачи топлива при уменьшении частоты вращения кулачкового вала насоса при работе по скоростной характеристике. Почему скоростная характеристика такого вида не удовлетворяет условиям работы тракторного двигателя?

1.6.9.2 Каков желательный характер изменения цикловой подачи топлива на пониженных частотах вращения кулачкового вала насоса тракторного двигателя?

1.6.9.3 С помощью чего обеспечивается желательный характер изменения цикловой подачи топлива насосом тракторного двигателя на пониженных частотах вращения кулачкового вала?

1.6.9.4 На графике характеристик выделите зону действия корректора. Определите (в процентах) максимальное увеличение цикловой подачи топлива за счет действия корректора (степень коррекции) в сравнении с номинальным режимом.

1.6.9.5 Используя регуляторную характеристику двигателя, снятую при выполнении лабораторных работ, объясните, как влияет характер изменения цикловой подачи топлива при работе топливного насоса на корректоре на показатели работы тракторного двигателя.

1.6.9.6 С помощью чего можно изменить характер протекания кривых показателей работы двигателя при его работе на корректоре?

1.6.10 Контрольные вопросы

1 Что такое «цикловая подача топлива»?

2 Почему при снижении частоты вращения кулачкового вала насоса, изменяется цикловая подача топлива?

3 С какой целью увеличивается цикловая подача топлива на режиме пуска?

4 Как обеспечивается пусковая цикловая подача топлива?

5 Каким устройством увеличивается цикловая подача топлива при перегрузках двигателя?

6 Какие устройства обеспечивают снижение цикловой подачи топлива при дымлении двигателя и недостаточном наддуве?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.

Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

Общее заключение преподавателя
по выполненным лабораторным работам

« » _____ 200 г.

2 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

2.1 Расчетные формулы для определения основных показателей работы двигателей

2.1.1 Крутящий момент двигателя

$$M_K = 0,702 \cdot P \quad \text{Нм}, \quad (2.1)$$

где P - нагрузка по весовому устройству стенда, Н.

2.1.2 Среднее эффективное давление

$$P_e = \frac{12,56 \cdot M_K}{i \cdot V_h} \cdot 10^{-3} \quad \text{МПа}, \quad (2.2)$$

где V_h - рабочий объем цилиндра, л;

i - число цилиндров.

2.1.3 Эффективная мощность двигателя

$$N_e = 735 \cdot P \cdot n \cdot 10^{-7} \quad \text{кВт}, \quad (2.3)$$

где n - частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

2.1.4 Часовой расход топлива

$$G_T = 3,6 \cdot \frac{\Delta G}{\tau_T} \quad \text{кг/ч}, \quad (2.4)$$

где ΔG - масса топлива, израсходованная за опыт, г;

τ_T - время опыта, с.

2.1.5 Удельный расход топлива

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} \cdot 10^3 \quad \text{г/(кВт ч)}, \quad (2.5)$$

2.1.6 Средняя цикловая подача топлива (по результатам испытания двигателя)

$$g_{\text{цикл}}^{\text{ср}} = \frac{G_T}{30 \cdot n \cdot i \cdot \rho_T} \cdot 10^6 \quad \text{мм}^3/\text{цикл}, \quad (2.6)$$

где ρ_T - плотность топлива, кг/м³.

2.1.7 Расход воздуха, поступающего в цилиндры двигателя

$$G_B = 3600 \cdot \frac{\Delta V \cdot \rho_B}{\tau_B} \quad \text{кг/ч}, \quad (2.7)$$

где ΔV_B - объем воздуха, израсходованного за опыт, м³;

τ_B - время опыта, с;

ρ_B - плотность воздуха, кг/м³,

$$\rho_B = \frac{3480 \cdot B_{\text{окр}}}{t_{\text{окр}} + 273}, \quad (2.8)$$

где $B_{\text{окр}}$ - давление окружающего воздуха, МПа;

$t_{\text{окр}}$ - температура окружающего воздуха, °С.

2.1.8 Коэффициент избытка воздуха

$$a = \frac{G_B}{L_0 \cdot G_T}, \quad (2.9)$$

где L_0 - теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива (при стандартном дизельном топливе $L_0 = 14,35$ кг воздуха/кг топлива).

2.1.9 Коэффициент наполнения двигателя

$$\eta_V = \frac{33 \cdot G_B}{i \cdot V_h \cdot n \cdot \rho_B}, \quad (2.10)$$

2.1.10 Степень неравномерности регулятора частоты вращения по результатам испытания двигателя

$$\delta_P = \frac{2 \cdot (n_{X_{\max}} - n_H)}{n_{X_{\max}} + n_H} \cdot 100, \% \quad (2.11)$$

где $n_{X_{\max}}$ - максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу, мин^{-1} ;

n_H - номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя

2.1.11 Номинальный коэффициент запаса крутящего момента двигателя

$$\mu = \frac{M_{K_{\max}} - M_{K_H}}{M_{K_H}} \cdot 100, \% \quad (2.12)$$

где $M_{K_{\max}}$ - максимальный крутящий момент двигателя, Нм;

M_{K_H} - крутящий момент на режиме номинальной мощности, Нм.

2.1.12 Коэффициент приспособляемости двигателя по крутящему моменту

$$K = \frac{M_{K_{\max}}}{M_{K_H}}, \quad (2.13)$$

где $M_{K_{\max}}$, M_{K_H} - значения максимального крутящего момента и крутящего момента, соответствующего номинальной мощности двигателя по скоростной характеристике.

2.2 Регулировочная характеристика дизельного двигателя по составу смеси

2.2.1 Что называют регулировочной характеристикой двигателя по составу смеси?

2.2.2 Назначение характеристики

2.2.3 Краткая методика и условия получения характеристики

2.2.4 Приведите схему устройства для измерения расхода топлива и объясните порядок измерений

2.2.5 определите показатели работы двигателя

2.2.6 Протокол испытания двигателя

Регулировочная характеристика по расходу топлива двигателя _____ <div style="text-align: right;">V_h _____ л</div>															
Тормоз _____ Топливо _____ $\rho_T =$ _____ кг/м ³ Параметры окружающей среды: $t_{окр} =$ _____ °C , $B_{окр} =$ _____ кПа															
Номер опыта	n	P	ΔG	τ_T	Δv	τ_B	$t_{\text{вод}}$	M_K	N_e	G_T	g_e	G_B	a	η_v	Примечания
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

2.2.8 Проанализируйте результаты испытанный т ответьте на вопросы

2.2.8.1 При каких значениях коэффициента избытка воздуха, достигаются $N_{e\max}$, $\eta_{e\min}$ и начало дымления ?

2.2.8.2 Объясните протекание кривой коэффициента наполнения двигателя

2.2.8.3 Почему нецелесообразно регулировать топливный насос на расход топлива, соответствующий достижению $q_{e\min}$ или $N_{e\max}$?

2.2.8.4 Почему не допустима работа двигателя за пределом дымления?

2.2.8.5 Как выбирается оптимальная регулировка топливного насоса по часовому расходу топлива?

2.2.8.6 На какой максимальный расход топлива и почему целесообразно регулировать топливный насос для скоростного режима, при котором снималась регулировочная характеристика?

2.2.8.7 С помощью чего в топливном насосе ограничивается максимальный расход топлива?

2.2.9 Контрольные вопросы

1 С помощью чего измеряют расход топлива при снятии характеристики двигателя?

2 Что называется коэффициентом избытка воздуха?

3 Какие факторы определяют минимально допустимые значения коэффициента избытка воздуха в дизельных двигателях?

4 Что понимают под пределом дымления двигателя? Какие устройства применяются для определения степени дымности отработавших газов двигателей?

5 Объясните причины дымления тракторных двигателей при перегрузке.

6 Какие значения коэффициента избытка воздуха характерны для номинального режима работы однокамерных и вихрекамерных дизельных двигателей?

7 Дайте определение коэффициента наполнения двигателя. От каких факторов он зависит и какое влияние оказывает на работу двигателя?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.

Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

2.3 Нагрузочная характеристика дизельного двигателя

2.3.1 Что такое нагрузочная характеристика дизельного двигателя?

2.3.2 Назначение характеристики

2.3.3 Краткая методика и условия снятия характеристики

2.3.4 Перечислите контрольно-измерительные приборы для измерения показателей работы двигателя

2.3.5 Протокол испытания двигателя

Регулировочная характеристика по расходу топлива двигателя _____ V_h _____ л																
Тормоз _____ Топливо _____ $\rho_T =$ _____ кг/м ³ Параметры окружающей среды: $t_{окр} =$ _____ °C , $B_{окр} =$ _____ кПа																
Номер опыта	P	n	ΔG	τ_T	Δv	τ_B	$t_{вод}$	M_K	P_e	N_e	G_T	g_e	G_B	a	η_v	Примечания
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																

2.3.7 Анализ нагрузочной характеристики

2.3.7.1 На основании полученных результатов определите:

- значения часового расхода топлива, при которых достигается $q_{e\min}$ и $N_{e\max}$

- оптимальный часовой расход топлива (методом касательной), сравните его с результатом, полученным по методу оценочного коэффициента, укажите минимальное значение оценочного коэффициента

- примерный диапазон нагрузок (P_e), в котором целесообразна работа двигателя в эксплуатации

2.3.7.2 При анализе характеристики, объясните:

- характер изменения кривой мощности двигателя

- протекание кривой коэффициента избытка воздуха

2.3.7.3 Приведите схему и изложите методику тарировки весового устройства тормозной установки

2.3.8 Контрольные вопросы

- 1 С какой целью снимается нагрузочная характеристика?
- 2 Объясните порядок снятия нагрузочной характеристики?
- 3 Назовите причины изменения коэффициента избытка зависимости от нагрузки двигателя.
- 4 Почему и чем ограничивается максимальная нагрузка дизельного двигателя?
- 5 Что понимается под стандартными условиями испытаний? Как приводятся показатели двигателя к стандартным условиям?
- 6 Как производится тарировка весового устройства тормозной установки?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.
Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

2.4 Регуляторная характеристика двигателя

2.4.1 Что такое регуляторная характеристика двигателя?

2.4.2 Назначение характеристики

2.4.3 Краткая методика и условия снятия характеристики

2.4.4 Приведите схему тормозной установки с обозначением основных элементов

2.4.5 Протокол испытания двигателя

Регулировочная характеристика двигателя _____ <div style="text-align: right;">V_h _____ л</div>															
Тормоз _____ Топливо _____ $\rho_T =$ _____ кг/м ³ Параметры окружающей среды: $t_{окр} =$ _____ °C , $B_{окр} =$ _____ кПа															
Номер опыта	n	P	ΔG	τ_T	Δv	τ_B	$t_{вод}$	M_K	N_e	G_T	g_e	G_B	a		Примечания
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

2.4.7 Анализ регуляторной характеристики

2.4.7.1 На графике характеристики выделены зоны работы двигателя на регуляторе и на корректоре

2.4.7.2 На основании полученных при испытании результатов определите:

- номинальную частоту вращения коленчатого вала

- коэффициент запаса крутящего момента

- степень неравномерности регулятора частоты вращения

- при каких частотах вращения коленчатого вала получены максимальная мощность, минимальное значение удельного расхода топлива

2.4.7.2 При анализе объясните:

- характер протекания кривых G_T, n, N_e, g_e, a

- чем определяется характер изменения показателей работы двигателя на регуляторной ветви характеристики?

- чем определяется характер изменения показателей работы двигателя корректорной ветви характеристики?

2.4.7.3 Занесите в таблицу основные показатели, полученные в результате испытаний.

Основные показатели работы двигателя

Показатель	По результатам испытаний	По техническим условиям
n_H		
N_{eH}		
q_{eH}		
n_{xH}		
δ_p		
$M_{K \max}$		
μ		

2.4.7.5 Ответьте на вопросы о возможных путях исправления характеристики и доведении показателей испытуемого двигателя до паспортных данных завода – изготовителя или установленных заданием преподавателя:

- как изменить номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя?
- как изменить регулировку часового расхода топлива?
- как настроить двигатель на заданную степень неравномерности регулятора?

- как изменить коэффициент запаса крутящего момента?

2.4.8 Контрольные вопросы

- 1 Для какой цели снимают регуляторную характеристику двигателя?
- 2 Какие области различают на регуляторной характеристике?
- 3 Объясните устройство и работу тормозного стенда.
- 4 Каков рабочий диапазон частот вращения ротора тормозной установки при испытаниях двигателей и какими факторами он ограничен?
- 5 С помощью чего регулируется нагрузка и частота вращения ротора тормозной установки?
- 6 Назовите основные преимущества и недостатки тормозных устройств, работающих на переменном и постоянном токе.
- 7 С какой точностью должны определяться $M_{K_{max}}$, n , G_T , G_B при испытании двигателя?
- 8 В чем состоит подготовка двигателя к испытанию?
- 9 Какая температура охлаждающей жидкости должна быть при испытании двигателя?
- 10 Какое минимальное количество точек необходимо получить для построения характеристики двигателя?
- 11 Что понимают под частичной регуляторной характеристикой двигателя?
- 12 Каковы цели и задачи контрольных испытаний двигателя после ремонта?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.
Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

2.5 Скоростная характеристика дизельного двигателя

2.5.1 Что называется скоростной характеристикой двигателя

2.5.2 Назначение характеристики

2.5.3 Краткая методика и условия снятия характеристики

2.5.4 Приведите схему устройства для измерения расхода воздуха

2.5.5 Определите показатели работы двигателя

2.5.6 Протокол испытания двигателя

Скоростная характеристика двигателя _____																	
V_h _____ л																	
Тормоз _____ Топливо _____ $\rho_T =$ _____ кг/м ³																	
Параметры окружающей среды: $t_{окр} =$ _____ °C , $B_{окр} =$ _____ кПа																	
Номер опыта	n	P	ΔG	τ_T	Δv	τ_B	$t_{вод}$	M_K	N_e	G_T	g_e	G_B	a	η_v	$q_{ц}$	Примечания	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	

2.5.8 Анализ регуляторной характеристики

2.5.8.1 На основании полученных при испытании результатов определите:

- частоты вращения коленчатого вала, при которых достигаются $q_{e\min}$, $N_{e\max}$ и $M_{K\max}$

- степень коррекции

- коэффициент приспособляемости двигателя

- выделите регуляторный и корректорный участки работы двигателя

2.5.8.2 При анализе характеристики объясните:

- характер изменения кривой коэффициента наполнения двигателя

- характер изменения кривых циклового расхода и крутящего момента двигателя

2.5.9 Контрольные вопросы

- 1 Для каких целей снимают скоростные характеристики двигателя?
- 2 Дайте определение внешней и частичной скоростной характеристик двигателя.
- 3 Как изменяются механические потери двигателя при изменении скоростного режима?
- 4 Как изменяются эффективный коэффициент полезного действия и удельный расход топлива при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя?
- 5 Дайте определение коэффициентов запаса крутящего момента и приспособляемости двигателя.
- 6 Каково значение коэффициента приспособляемости двигателей?
- 7 Возможно ли изменение коэффициента приспособляемости двигателя? Если возможно, то как?

Отчет выполнил студент _____ « » _____ 200 г.
Отчет принял преподаватель _____ « » _____ 200 г.

Общее заключение преподавателя
по выполненным лабораторным работам

« » _____ 200 г.

СПИСОК УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 1 Лабораторный практикум по тракторным и автомобильным двигателям. – Учебное пособие, КГАУ, Краснодар, 1997 г.
- 2 Испытания тракторных и автомобильных двигателей. – Методическое пособие, КГАУ, Краснодар, 1996 г.
- 3 Проверка и регулировка топливной аппаратуры тракторных и автомобильных двигателей. – Методическое пособие, КГАУ, Краснодар, 1995 г.