

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ



**КОНСТРУКЦИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ**

**Рабочая тетрадь выполнения
лабораторно-практических работ**

Новосибирск 2022

Кафедра автомобилей и тракторов

Составители: *Шнитков Г.В., Вертей М.Л.*

УДК

ББК

Рецензент к.т.н., доц. *И.В. Тихонкин*

Конструкция автотранспортных средств: рабочая тетрадь / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: Г.В. Шнитков, М.Л. Вертей. – Новосибирск, 2022. – 31 с.

Рабочая тетрадь содержат описание лабораторных работ по курсам «Конструкция автотранспортных средств» и «Конструкция и эксплуатационные свойства ТИТТМиО».

Предназначена для бакалавров Инженерного института всех форм обучения по направлениям подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.03.01 Технология транспортных процессов.

Утверждена и рекомендована к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №11 от 28 июня 2022 г.)

© Новосибирский ГАУ, 2022

© Инженерный институт, 2022

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

P	тормозное усилие, кгс
n	частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹
N_e	эффективная мощность двигателя, лс.
N_i	индикаторная мощность двигателя, лс.
M_e	крутящий момент двигателя, Н·м
τ	время расхода топлива за опыт, с
$G_{оп Д}$	количество расхода дизельного топлива за опыт, г
$G_{оп Б}$	количество расхода бензинового топлива за опыт, г
G_T	часовой расход топлива, л/ч
g_e	удельный расход топлива, г/(лс·ч)
$t_{ж}$	температура охлаждающей жидкости, °С
$t_{ог}$	температура отработавших газов, °С

Обработка опытных данных

Эффективная мощность двигателя N_e (л.с.) при испытаниях может быть рассчитана по формуле

$$N_e = 0,001P \cdot n, \quad (1)$$

$$1 \text{ л.с.} = 0,736 \text{ кВт}$$

где P – тормозное усилие, определяемое по шкале весов тормозного стенда, кгс;

n – частота вращения коленчатого вала двигателя.

Крутящий момент двигателя M_e (Н·м) рассчитываем по формуле

$$M_e = 7,02 \cdot P. \quad (2)$$

Массовый (часовой) расход топлива G_T (кг/ч) вычисляется по формуле

$$G_T = 3,6 \frac{G_{он}}{\tau} \quad (3)$$

где $G_{он}$ – расход топлива двигателем за опыт, г;

τ – продолжительность опыта, с.

Удельный расход топлива g_e (г/л.с·ч) определяется соотношением

$$g_e = \frac{1000 \cdot G_T}{N_e}. \quad (4)$$

Лабораторная работа № 1.

Снятие регуляторной характеристики дизельного двигателя

Цель работы: выявить экономические качества двигателя, проверить работу регулятора и корректора, определить коэффициент неравномерности регулятора, способность дизеля преодолевать перегрузку.

1. Порядок выполнения работы

Регуляторную характеристику обычно начинают снимать в режиме холостого хода и заканчивают в области перегрузок двигателя. Таким образом, кривые регуляторной характеристики будут состоять из двух ветвей – регуляторной (от n_x до n_n) и корректорной (от n_n до n_{\min}). Частота вращения устанавливается регулятором, нагрузку двигателя изменяют тормозом.

2. Последовательность проведения опытов

Первый опыт проводят в режиме холостого хода с измерением всех параметров двигателя (частота вращения вала тормоза, нагрузку на двигатель, расход топлива, продолжительность опыта, температуру воды, масла).

При постоянном увеличении нагрузки снимаются все последующие опыты вплоть до перегрузки.

На рис. 1 показана примерная регуляторная характеристика дизельного двигателя.

Анализ регуляторной характеристики дизеля позволяет выявить правильность настройки регулятора и основные показатели работы двигателя.

Сопоставление частот вращения коленчатого вала (n_x и n_n) дает возможность определить степень неравномерности регулятора

$$\delta = \frac{n_x - n_n}{n_{cp}} \cdot 100\%$$

где $n_{cp} = \frac{n_x + n_n}{2}$ - средняя частота вращения коленчатого вала.

Результаты опытов заносятся в таблицу 1.

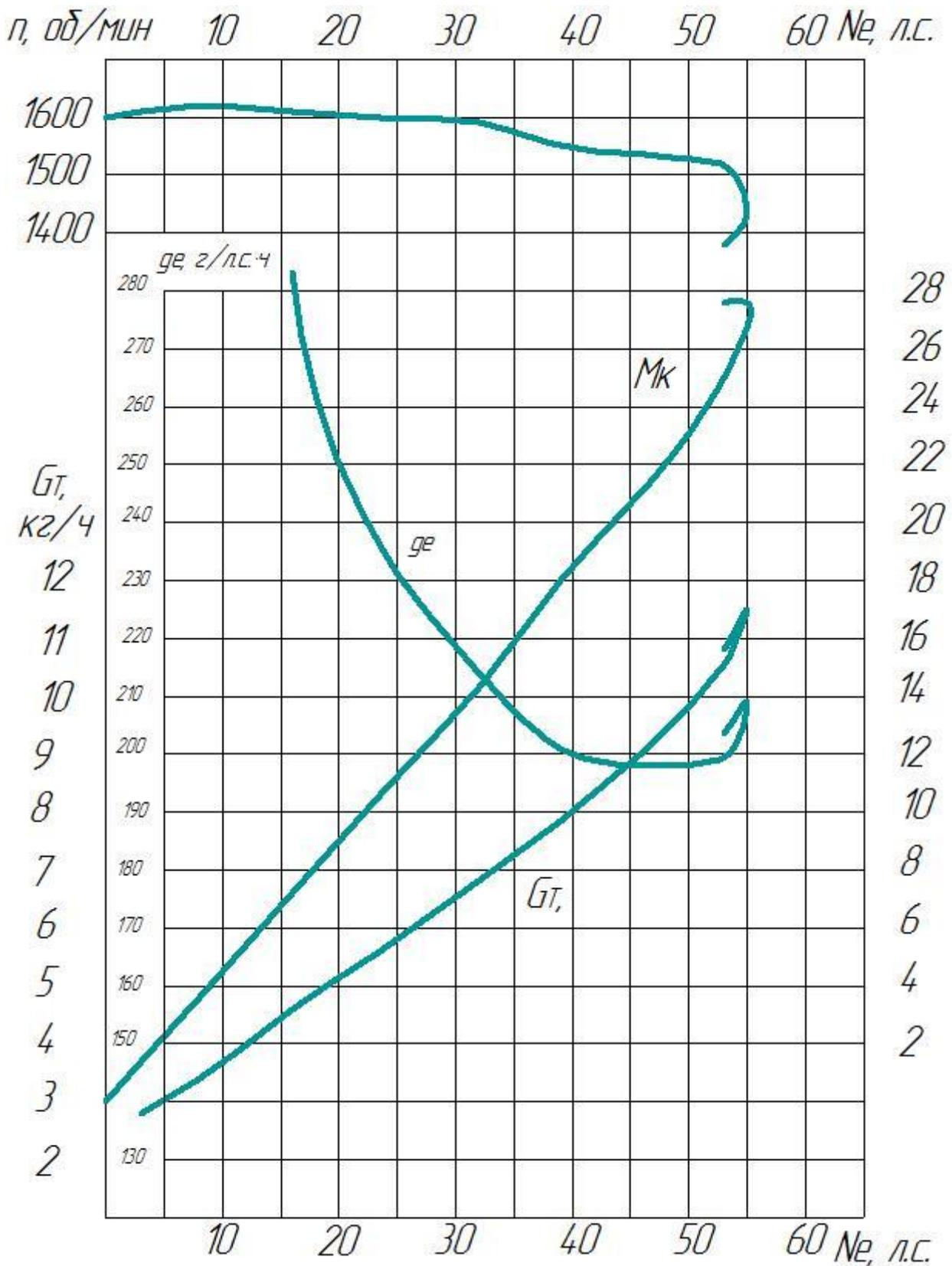


Рисунок 1 - Примерная регуляторная характеристика дизельного двигателя

Таблица 1 – Протокол испытаний регуляторной характеристики ДД.

№	P	n	N _e	M _e	τ _д	G _{оп}	G _т	g _e	t _ж	t _{ог}
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

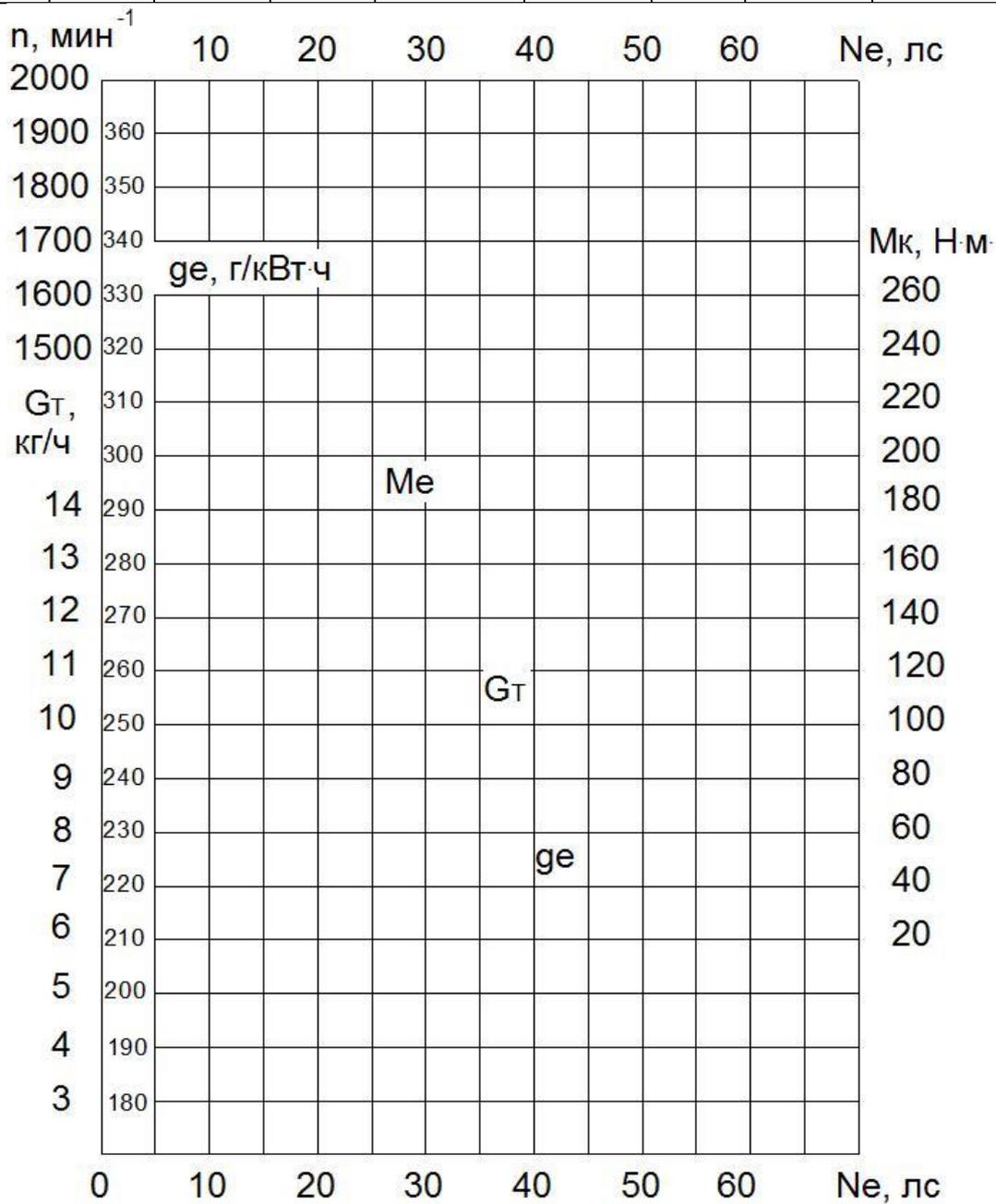


Рисунок 2 – Регуляторная характеристика испытуемого двигателя.

Анализ и выводы:

Лабораторная работа № 2

Определение условной индикаторной мощности методом выключения цилиндров.

Цель работы:

1. Определить условную индикаторную мощность и условный механический КПД двигателя.
2. Определить индикаторный и эффективный удельный расход топлива.
3. Установить неравномерность работы двигателя по цилиндрам.

Методика выполнения:

1. Индицирование проводится на номинальном нагрузочном режиме при $n_H = \text{const}$.
2. До выключения впрыска топлива в отдельные цилиндры определяют усилия и расход топлива на номинальном режиме при работе всех цилиндров.
3. Определяют параметры при поочередном включении отдельных цилиндров, начиная с первого.

Условная и индикаторная мощности двигателя определяются по формуле

$$N_i = N_{i1} + N_{i2} + \dots + N_{im},$$

где N_{i1}, N_{i2}, \dots - условные индикаторные мощности отдельных цилиндров. Например, условная индикаторная мощность первого цилиндра равна:

$$N_{i1} = N_{e\text{cp}} - N_{ei},$$

где $N_{e\text{cp}}$ - средняя эффективная мощность двигателя по четырем замерам при работе всех цилиндров;

N_{ei} - эффективная мощность при выключении первого цилиндра.

Таблица 1 – Протокол испытаний регуляторной характеристики ДД.

№	УР	P	n	N _e	N _i
1	В				
2	Б1				
3	В				
4	Б2				
5	В				
6	Б3				
7	В				
8	Б4				
9	В				

Условный механический КПД

$$\eta_M = \frac{N_{exp}}{\sum_{em}} = \left(\frac{N_e}{N_i} \right) \cdot 100\% =$$

Условная мощность, затраченная на трение (мощность механических потерь), равна

$$N_M = N_i - N_e =$$

4. Коэффициент неравномерности работы цилиндров определяют по формуле

$$\Delta = \left(1 - \frac{N_{iy \min}}{N_{iy \max}} \right) \cdot 100\% =$$

где $N_{i \text{ и } \min}$ и $N_{i \text{ и } \max}$ – минимальное и максимальные значения индикаторной мощности цилиндров.

Анализ и выводы:

Лабораторная работа № 3

Снятие регулировочной характеристики по углу опережения зажигания бензинового двигателя

Цель работы: установление зависимости мощности N_e , часового G_T и удельного g_e расходов топлива от угла θ° опережения зажигания и определение оптимального значения этого угла для номинального скоростного режима.

Порядок выполнения работы

Перед началом испытаний устанавливают наиболее выгодную регулировку двигателя по составу смеси. Прогревают двигатель до нормального теплового состояния (80-90°C). Опыты проводят при неизменном положении дроссельной заслонки и постоянной частоте вращения. Интервал углов опережения зажигания, при которых проводятся испытания двигателя, охватывает диапазон от 0 до -50°.

Первый опыт проводят при установленном вручную раннем зажигании (50°).

Изменяя нагрузку тормоза, устанавливают заданную постоянную частоту вращения коленчатого вала (по тахометру 1800 мин⁻¹) при неизменном положении дроссельной заслонки и через 1 – 2 мин измеряют усилие по шкале тормоза, расход топлива за опыт, продолжительность опыта, температуру масла, охлаждающей жидкости и отработавших газов.

По данным опыта подсчитывают значения эффективной мощности, часового и удельного расходов топлива. Результаты измерений и подсчетов записывают в протокол испытаний.

Второй опыт начинают после некоторого уменьшения угла опережения зажигания, например на 10° угла поворота коленчатого вала.

Регулированием нагрузки тормоза восстанавливают заданную постоянную частоту вращения и через 1-2 мин. снова измеряют, отсчитывают и записывают в протокол испытаний те же величины, что и в первом опыте.

Третий и последующие опыты выполняют аналогично, уменьшая каждый раз угол опережения зажигания на одинаковую величину.

Во время испытаний в протоколе, а также на графике регулировочной характеристики отмечают начало возникновения, различаемых на слух детонационных стуков двигателя.

Данные, полученные во время испытаний, заносятся в таблицу 6 и определяются величины N_e , G_T , g_e .

По результатам испытаний подсчитываем величины N_e , G_T , g_e и заносим в таблицу 6.

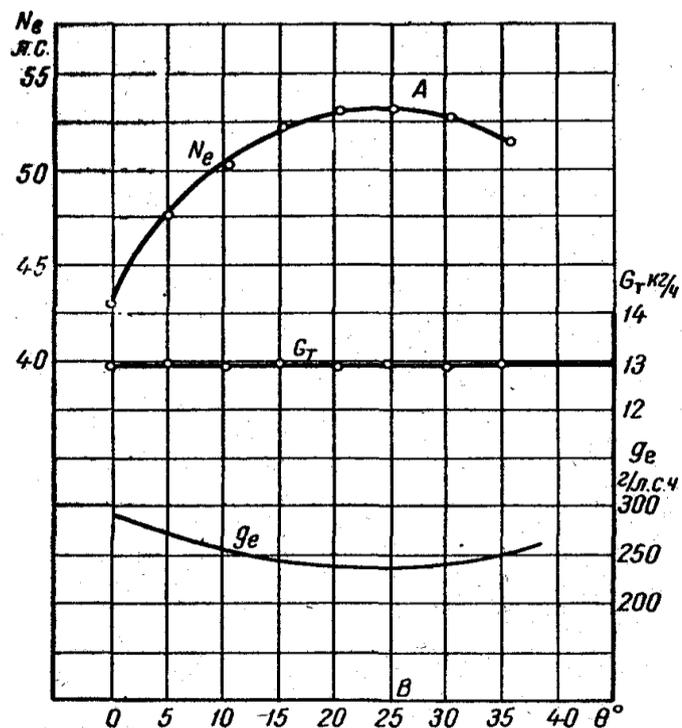
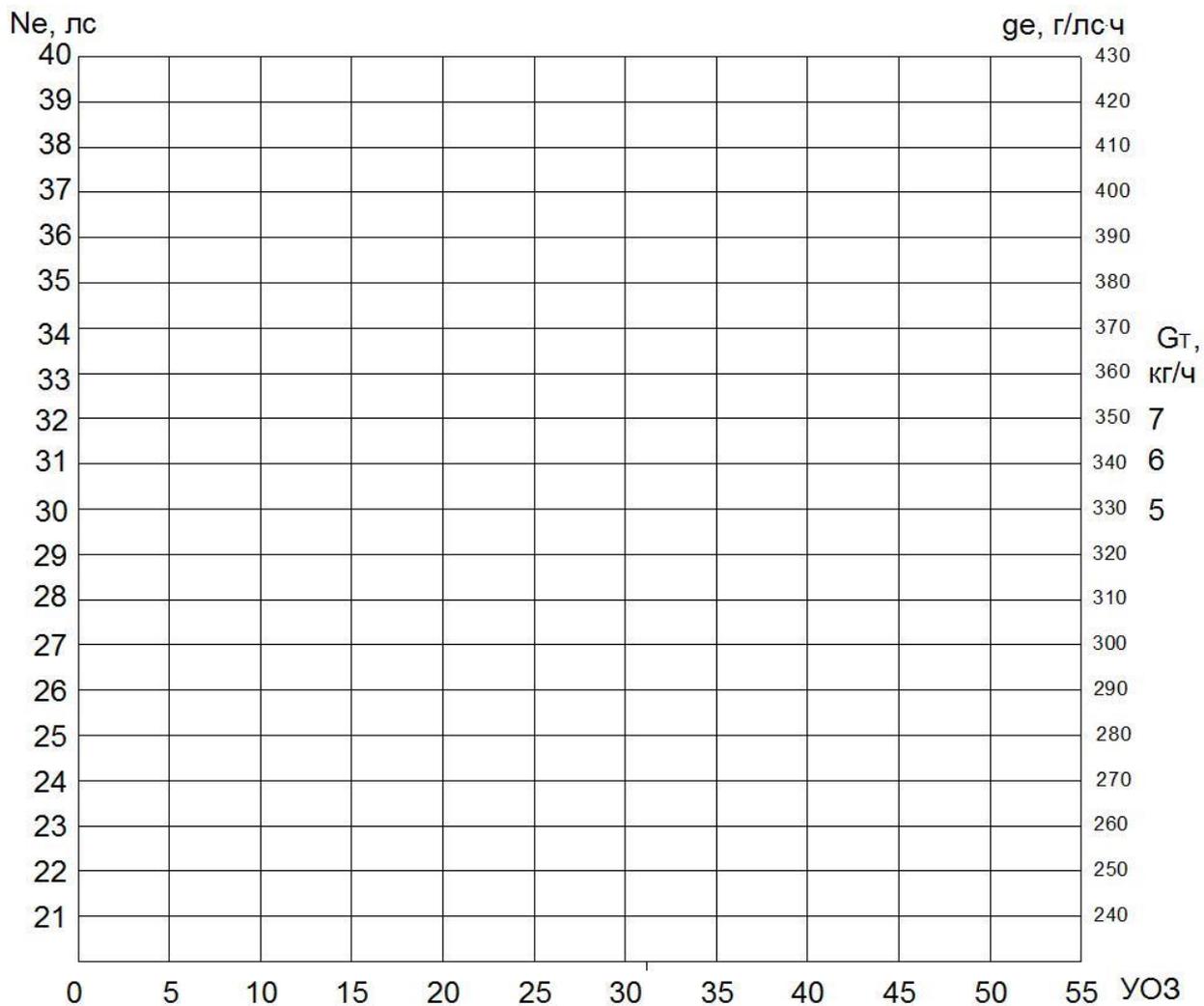


Рисунок 3 – Примерная регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания.

На рисунке строим кривые регулировочной характеристики карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания.

Таблица 3 – Протокол испытаний регулировочной х-ки по УОЗ БД.

№	θ°	P	n	N_e	τ	$G_{оп}$	G_τ	g_e	$t_{ог}$
1	55								
2	50								
3	45								
4	40								
5	35								
6	30								
7	25								
8	20								
9	15								
10	10								



Анализ и выводы:

Лабораторная работа № 4. Снятие скоростной характеристики бензинового автомобильного двигателя

Скоростной характеристикой двигателя называется зависимость между основными параметрами двигателя (при наивыгоднейшей регулировке зажигания) от частоты вращения коленчатого вала.

Цель работы: выявить динамические качества двигателя, а также экономичность и коэффициент наполнения при различной частоте вращения коленчатого вала.

1. Последовательность проведения опытов

Первый опыт проводят при минимальной устойчивой частоте вращения вала двигателя $n_{\text{мин}}$ (600 – 800 мин⁻¹), которую задают, увеличив нагрузку тормоза.

Через 1 – 2 мин после того, как установится минимальная частота вращения, начинают измерения. Во время проведения опыта, продолжительность которого должна быть не менее 2 – 3 мин, измеряют тормозной момент, частоту вращения вала тормоза, расход топлива за опыт, продолжительность опыта, статический напор в устройстве для измерения расхода воздуха и температуры охлаждающей воды, масла в картере и отработавших газов.

По данным опыта подсчитывают эффективную мощность, крутящий момент и среднее эффективное давление, часовой и удельный расход топлива, часовой расход воздуха и коэффициент избытка воздуха. Результаты измерений и расчетов записывают в протокол испытаний.

Второй опыт начинают с постепенного уменьшения нагрузки тормоза, пока частота вращения коленчатого вала двигателя не уменьшится примерно на 200 – 300 мин⁻¹, и тогда делают первые замеры. При необходимости задают наивыгоднейший угол опережения зажигания и после достижения устойчивого скоростного режима и нормального теплового состояния двигателя измеряют, подсчитывают и записывают в протокол те же величины, что и в первом опыте.

Третий и последующие опыты выполняют аналогичным образом, уменьшая нагрузку тормоза и увеличивая тем самым частоту вращения коленчатого вала двигателя каждый раз примерно на одинаковую величину.

Число опытов при снятии скоростной характеристики должно быть достаточным для того, чтобы достичь области перегиба кривой эффективной мощности (обычно не менее 7–8). В зоне максимальных значений эффективной мощности интервалы скоростных режимов между опытными точками рекомендуется несколько уменьшать.

Последний опыт делают, когда двигатель работает с минимальной нагрузкой, а частота вращения его коленчатого вала на 10% больше той, что соответствует максимальной мощности. Окончив опыт, постепенно увеличивают нагрузку тормоза и проводят испытания в обратном порядке до минимально устойчивой частоты вращения.

В протоколе испытаний (кроме всего прочего) отмечают скоростные режимы, сопровождающиеся детонационным сгоранием.

После обработки полученных результатов строят графики скоростной характеристики. На рисунке 4 показана скоростная характеристика карбюраторного двигателя.

Определение коэффициента приспособляемости

Коэффициент приспособляемости двигателя (запас крутящего момента) равен: $k = \frac{M_{max}}{M_e}$,

где M_{max} – максимальный крутящий момент двигателя, определенный по скоростной характеристике;

M_e – момент двигателя, соответствующий расчетному скоростному режиму или при $N_{e max}$.

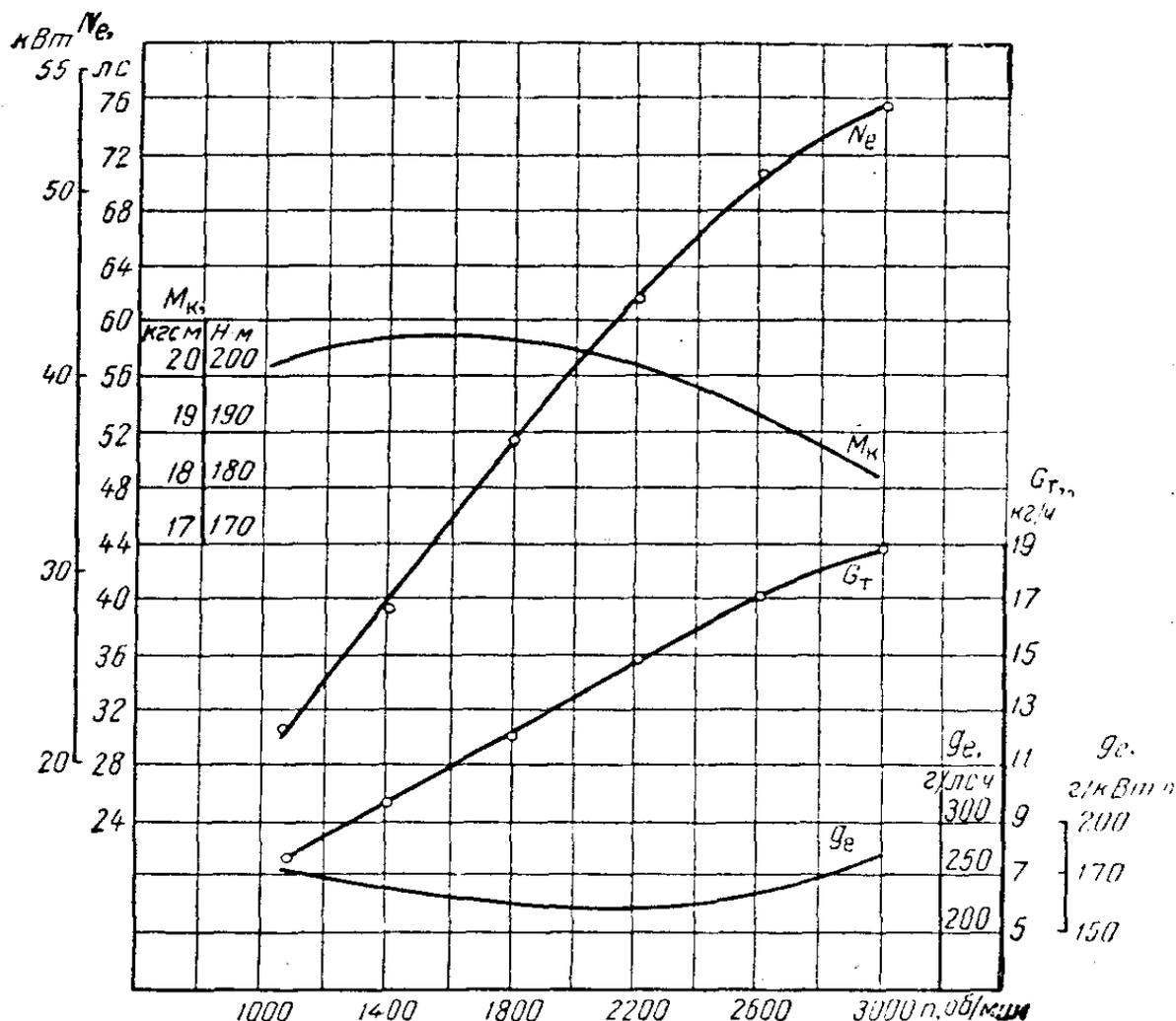


Рисунок 4 - Примерная скоростная характеристика карбюраторного двигателя.

Определение коэффициента избытка воздуха

Коэффициент избытка воздуха представляет собой отношение действительного количества воздуха L' к теоретически необходимому для сгорания 1 кг топлива L_0 :

$$\alpha = \frac{L'}{L_0}. \quad (1)$$

Для полного сгорания 1 кг жидкого топлива необходимо: для бензина $L_0=14,8$ кг воздуха, для дизельного топлива $L_0= 14,5$. Можно определить коэффициент избытка воздуха по формуле

$$\alpha = \frac{G_B}{G_T L_0}, \quad (2)$$

где G_B – часовой расход воздуха двигателем, кг/ч, G_B измеряет опытным путем с помощью установки;

G_T – часовой расход топлива двигателем, кг/ч.

Установка для замера расхода воздуха двигателем состоит из заборной трубы, нормального сопла, трубы и ресивера, соединенного с двигателем. Перепад давления H до и после нормального сопла измеряют дифференциальным манометром. Часовой расход воздуха определяют по формуле

$$G_B = A_1 \cdot \sqrt{\rho_b \cdot H}, \quad (3)$$

где H – перепад давления, мм вод. ст.;

ρ_b – плотность окружающего воздуха, кг/м³, которая вычисляется по формуле

$$\rho_b = \rho_0 \frac{B_0}{760} \cdot \frac{273}{T_0}, \quad (4)$$

где $\rho_0 = 1,293$ кг/м³ при 0 °С и 760 мм рт. ст.;

B_0 – давление окружающего воздуха, мм рт. ст., при 0 °С;

T_0 – температура окружающего воздуха, К;

A_1 – постоянная, зависящая от параметров установки.

Для данной установки величина $A_1=10$.

Проанализировать влияние коэффициента избытка воздуха на показатели работы двигателя.

Определение коэффициента наполнения двигателя

Определение расхода воздуха производится по формулам (3, 4).

Коэффициент наполнения по воздуху (то есть без учета топлива в свежем заряде) равен:

$$\eta_v = \frac{G_b}{G_0}, \quad (5)$$

где G_0 – масса воздуха (кг/ч), которая могла бы заполнить цилиндры двигателя, если бы давление и температура в них была равна давлению и температуре перед карбюратором.

Для четырехтактного двигателя можно G_0 определить по формуле

$$G_0 = \frac{60 \cdot V_h \cdot n}{1000 \cdot 2}, \quad (6)$$

где V_h – рабочий объем цилиндров (литраж) двигателя, л.

Скоростная характеристика бензинового двигателя

По данным скоростной характеристики бензинового двигателя определяют, отвечают ли найденные значения развиваемой двигателем наибольшей мощности, крутящего момента и наименьшего удельного расхода топлива техническим условиям, установленным заводом – изготовителем.

Таблица 7.

Протокол тормозных испытаний
двигателя _____ тормоз _____
топливо _____ масло _____ p_0 _____ мм рт.ст.

№ опыта	P	n	N _e	N ₀	M _e	τ	Расход топлива			Температура				P _м
							G _{оп}	G _т	g _e	t _ж	t _м	t _ч	t _{окр}	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

Анализ скоростной характеристики бензинового двигателя

Анализ позволяет выявить динамические и экономические показатели его работы и оценить испытываемый двигатель в отношении приемистости и быстроходности. На кривых скоростной характеристики выделяют значения: $n_{\text{мин}}$ – минимальной частоты вращения коленчатого вала, когда еще возможна устойчивая работа двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке, $N_{e \text{ макс}}$ – максимального крутящего момента двигателя. Эксплуатационный скоростной режим работы двигателя должен быть ограничен в пределах от частоты n_1 , при которой двигатель развивает максимальную мощность $N_{e \text{ макс}}$, до частоты n_2 , соответствующей максимальному крутящему моменту $M_{k \text{ макс}}$.

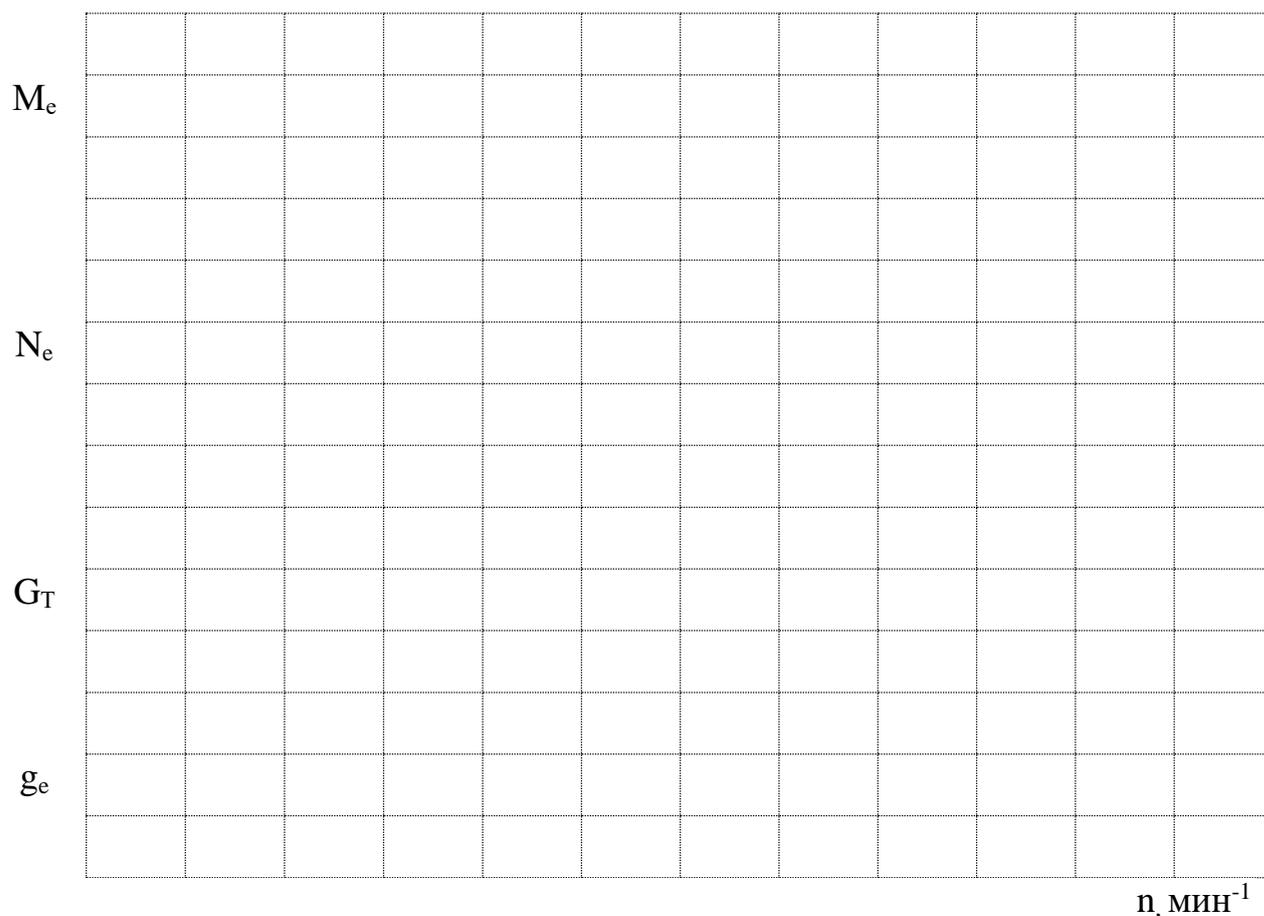


Рисунок 5 – Скоростная характеристика бензинового двигателя

В выводах проанализировать влияние коэффициента наполнения на показатели работы двигателя. Объяснить характер поведения кривых N_e , M_e , η_v в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Анализ и выводы: _____

Лабораторная работа № 5.

Определение качества рабочей смеси бензинового двигателя по выходному напряжению датчика кислорода в выпускном коллекторе

Цель работы: установление зависимости величины выходного напряжения U_{λ} лямбда датчика и определение значений напряжения в зависимости от качества рабочей смеси α .

Порядок выполнения работы

Перед началом испытаний проверяют наличие в ЭБУ двигателем штатной прошивки. Прогревают двигатель до нормального теплового состояния (80-90°C). Во время прогрева двигателя убеждаются в исправности системы зажигания. Измерение выходных значений напряжения датчика кислорода проводят одновременно с фиксацией состава смеси с помощью тестера МТ-10 при работе двигателя в трёх режимах: холостой ход, плавный разгон и резкий разгон.

Первый опыт проводят при установленной штатной прошивке в ЭБУ двигателем, второй опыт – при обеднении топливовоздушной смеси на 15% в отличие от штатной во всём рабочем диапазоне, третий – обогащение смеси на 15%.

Измерение проводят при следующих установившихся оборотах двигателя: 1500, 2000, 3000, 4000 п^{-1} , в режиме резкого разгона (полное открытие дроссельной заслонки за 0,5-1) одно измерение в диапазоне оборотов 2000-5500 п^{-1} , с тороекратным повтором (записывается среднее)

Изменение прошивки производят при помощи программатора [Chip Tuning Pro](#). При демонтаже ЭБУ двигателя снимают клемму с АКБ или отключают массу.

Полученные данные заносятся в таблицу, и определяется коэффициент α ($\alpha=1$ равна 14,7 соотношению воздух/топливо по массе, далее α рассчитывается в зависимости от процентного соотношения)

Протокол испытаний

№ опыта	Режим работы	n	U_λ	α	Качество смеси	$t_{ж}$
1	XX	800-900				
	Установившаяся частота	1500				
		2000				
		3000				
		4000				
резкий р.	2000-5000					
2	XX	800-900				
	Установившаяся частота	1500				
		2000				
		3000				
		4000				
резкий р.	2000-5000					
3	XX	800-900				
	Установившаяся частота	1500				
		2000				
		3000				
		4000				
резкий р.	2000-5000					

По данным приведённым в таблице определяют зависимость величины выходного напряжения U_λ датчика и значений напряжения в зависимости от качества рабочей смеси α .

Анализ и выводы: _____

Раздел 2. Испытание топливной аппаратуры автотракторных дизельных двигателей

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Характеристика топливного насоса дизеля по подаче топлива

Цель работы: установить, как изменяется цикловая подача топлива, подаваемая насосной секцией, от частоты вращения кулачкового валика насоса, при постоянном положении рейки топливного насоса (рейка насоса зафиксирована).

Оборудование и приборы: проверенный и отрегулированный топливный насос, комплект форсунок, испытанных на нормальное давление впрыска и на пропускную способность, модернизированный стенд КИ -921, отвёртка, ключи, штангенциркуль.

Содержание работы: проверка и испытание насоса, снятие и построение характеристики, обработка и анализ результатов испытаний, составление отчета.

Общие положения: дизели, как и карбюраторные двигатели, могут работать на различных скоростных и нагрузочных режимах. Определенному скоростному или нагрузочному режиму должна соответствовать цикловая подача топлива, осуществляемая топливным насосом.

Закономерности изменения подачи топлива насосом могут быть выявлены при испытании на стенде снятием характеристик.

Характеристика по подаче топлива показывает изменение цикловой подачи топлива и неравномерности подачи топлива секциями при постоянной частоте вращения (обычно номинальной) кулачкового вала насоса в зависимости от положения его рейки.

Последовательность снятия характеристики:

1. Включить стенд в соответствующем направлении вращения валика насоса (при правом вращении средней кнопкой пускателя стенда) и установить частоту вращения рукояткой вариатора согласно ведомости испытания.
2. Перемещая рейку топливного насоса вручную в направлении уменьшения подачи топлива, закрепить ее стопорным винтом в положении, при котором подача топлива всеми секциями прекратится. Указанное положение рейки принять за начало отсчёта её перемещения.
3. Переместить рейку насоса на 1 мм от первоначального положения в сторону увеличения подачи топлива и закрепить в этом положении. Пустить стенд, установить счётчик циклов на величину, равную частоте вращения кулачкового вала насоса, включить измерительное устройство стенда. После отключения подачи топлива в измерительные мензурки записать количество топлива (см^3), поданного через каждую форсунку за установленное количество циклов.
4. В последующих опытах рейку насоса перемещают каждый раз на 1 мм и закрепляют в данном положении. Для измерения величины перемещения

рейки используют штангенциркуль, производя замер расстояния от корпуса насоса до хомутка последней секции. Количество опытов ограничивается величиной хода рейки насоса.

5. Для каждого опыта подсчитать:

а) среднюю подачу топлива секциями насоса:

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{i} \text{ см}^3$$

где i - число секций насоса;

Q_i – производительность i - секции, см^3

б) среднюю цикловую подачу топлива:

$$q_{ц} = \frac{Q_{cp}}{z} \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{цикл}$$

где: $q_{ц}$ – цикловая подача топлива, см^3 ;

z – число циклов.

в) неравномерность подачи топлива секциями насоса

$$\delta = \frac{2(Q_{\max} - Q_{\min})}{Q_{\max} + Q_{\min}} \times 100\%$$

где: δ – неравномерность подачи топлива, %;

Q_{\max} - максимальная подача топлива секциями насоса, см^3 ,

Q_{\min} - минимальная подача топлива секциями насоса, см^3 ,

Q_{cp} - средняя подача топлива секциями насоса, см^3 .

6. После обработки результатов опытов строят характеристику топливного насоса по подаче топлива, графически выражающую зависимость $q_{ц} = f(h)$, $\delta = f(h)$.

где h - перемещение рейки топливного насоса, мм.

Оформление отчёта:

В отчёте должны быть отражены следующие пункты работы:

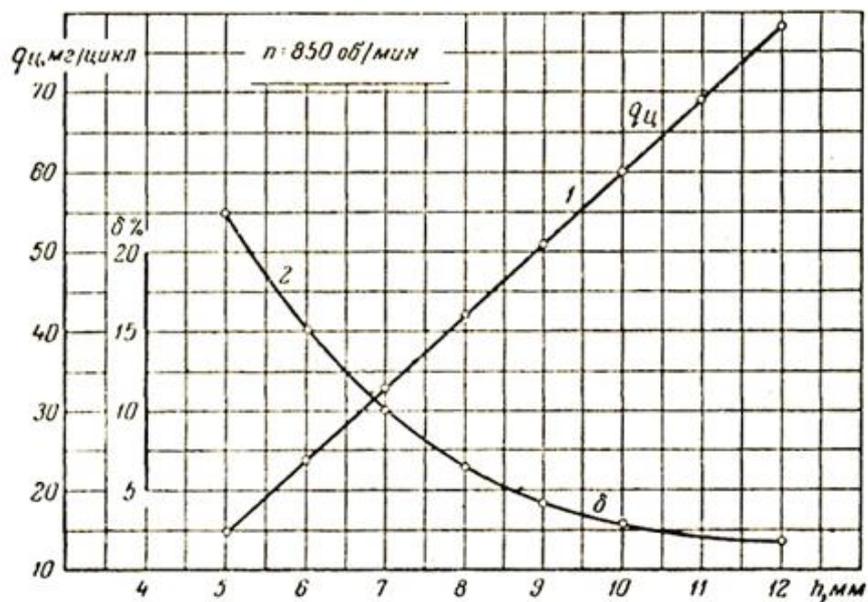
а) ведомость наблюдений по форме;

б) графики изменения средней цикловой подачи и неравномерности подачи топлива от положения рейки топливного насоса:

в) дать объяснение характеру протекания кривых.

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО ПОДАЧЕ ТОПЛИВА

№ _{оп}	h _{мм}	n _{мин} ⁻¹	z _{цикл}	Q, см ³				Q _{max} , см ³	Q _{min} , см ³	δ, %	q _ц , см ³ /цикл
				1 секция	2 секция	3 секция	4 секция				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											



Характеристика топливного насоса Л4ТН-8,5×10Т по подаче топлива.

9. Укажите условия снятия характеристики топливного насоса по подаче топлива (что поддерживают постоянным, что изменяют, что измеряют?).

10. Напишите формулу для определения цикловой подачи при испытании топливного насоса на стенде.

11. Как добиться требуемой равномерности подачи топлива секциями насоса?

12. Какой способ дозирования топлива имеет испытуемый топливный насос?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

Скоростная характеристика топливного насоса дизеля

Цель работы: установить зависимость изменения цикловой подачи топлива насосом, от частоты вращения кулачкового валика насоса, при постоянном положении рейки топливного насоса (закрепленной рейке).

Оборудование и приборы: проверенный и отрегулированный топливный насос, комплект форсунок, испытанных на нормальное давление впрыска и пропускную способность, модернизированный стенд КИ-921, отвертка и другой инструмент.

Содержание работы: проверка и испытание насоса, снятие и построение характеристик, обработка и анализ результатов испытаний, составление отчета.

Общие положения. Скоростная характеристика топливного насоса дизеля показывает изменение цикловой подачи топлива насосом в зависимости от частоты вращения кулачкового валика насоса при неизменном положении рейки.

Работа дизеля при неизменном положении рейки топливного насоса возможна при перегрузках без корректора, когда рейка насоса находится в положении максимальной подачи топлива, а частота вращения коленчатого вала дизеля из-за перегрузки снижается.

Скоростная характеристика топливного насоса имеет большое значение для оценки его работы и динамических показателей дизеля.

Последовательность снятия характеристики.

1. Пустить стенд в соответствующем направлении вращения валика насоса.
2. Установить с помощью рукоятки вариатора стенда номинальную частоту вращения валика топливного насоса (850 мин^{-1}) и при работающем стенде закрепить рейку стопорным винтом.
3. Установить с помощью рукоятки вариатора стенда частоту вращения валика насоса 400 об/мин установить счётчик циклов на величину, равную частоте вращения кулачкового валика насоса, и включить измерительное устройство стенда. После отключения подачи топлива в измерительные мензурки записать количество топлива (см^3), поданное через каждую форсунку за установленное количество циклов.
4. В последующих опытах частоту вращения кулачкового валика насоса увеличивают каждый раз на 100 мин^{-1} и задают число циклов.

5. Для каждого опыта подсчитать:

а) среднюю подачу топлива секциями насоса:

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{i} \text{ см}^3$$

где i - число секций насоса;

Q_i - производительность i - секции, см^3

б) среднюю цикловую подачу топлива:

$$q_{ц} = \frac{Q_{cp}}{z} \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{цикл}$$

где: $q_{ц}$ - цикловая подача топлива, см^3 ;

z - число циклов.

в) неравномерность подачи топлива секциями насоса

$$\delta = \frac{2(Q_{\max} - Q_{\min})}{Q_{\max} + Q_{\min}} \times 100\%$$

где: δ - неравномерность подачи топлива, %;

Q_{\max} - максимальная подача топлива секциями насоса, см^3 ,

Q_{\min} - минимальная подача топлива секциями насоса, см^3 ,

Q_{cp} - средняя подача топлива секциями насоса, см^3 .

6. После обработки результатов опытов строят скоростную характеристику топливного насоса, графически выражающую зависимость $q_{ц} = f(n)$, $\delta = f(n)$. (скоростную и регуляторную характеристики совмещают на одном графике)

В отчёте должны быть освещены следующие пункты работы:

а) ведомость наблюдений занести в таблицу;

б) графики изменения средней цикловой подачи и неравномерности подачи топлива от частоты вращения кулачкового вала насоса;

в) дать объяснения по графику закономерностям изменения показателей топливной аппаратуры и указать на графике цикловую подачу при номинальной частоте вращения валика насоса.

ВЕДОМОСТЬ СНЯТИЯ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

№ _{оп}	h _{мм}	n _{мин} ⁻¹	Z _{цикл}	Q, см ³				Q _{max} , см ³	Q _{min} , см ³	δ, %	Q _ц , см ³ /цикл
				1 секция	2 секция	3 секция	4 секция				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

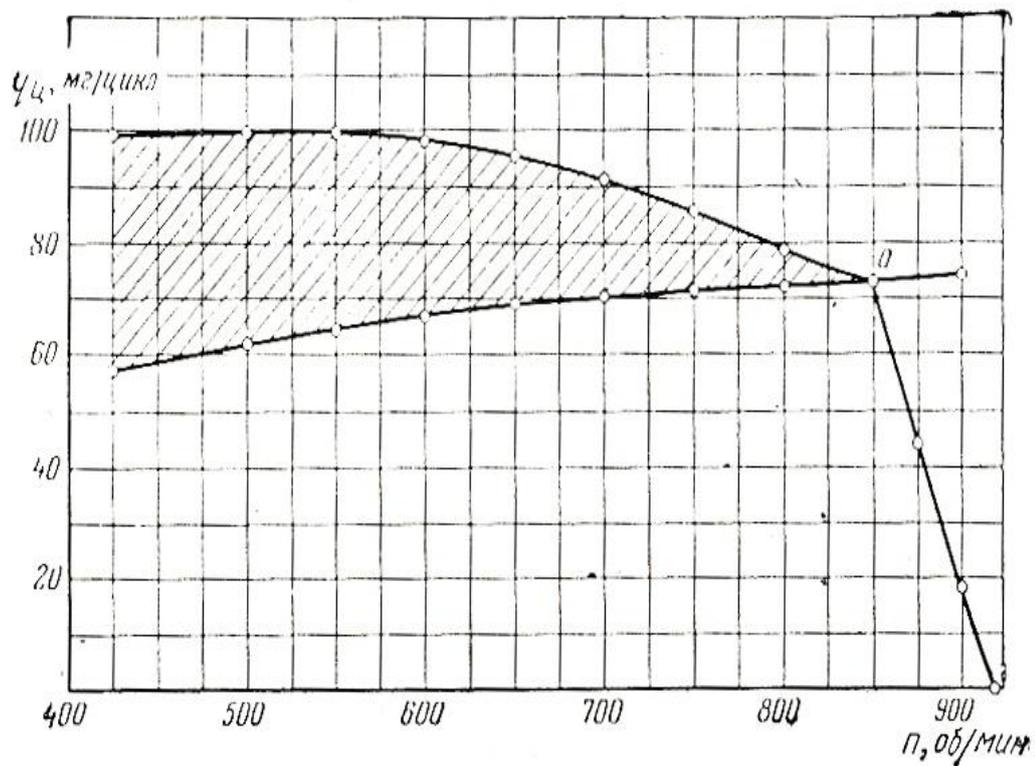


Рисунок 2- график скоростной и регуляторной характеристики топливного насоса

9. Как определяется неравномерность подачи топлива секциями топливного насоса дизеля?

10. Чем неблагоприятна для дизеля скоростная характеристика его топливного насоса?

11. Укажите условия снятия скоростной характеристики топливного насоса дизеля.

12. Как влияет величина цикловой подачи топлива на крутящий момент и среднее эффективное давление дизеля?

13. Что показывает скоростная характеристика топливного насоса дизеля?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

Регуляторная характеристика топливного насоса дизеля

Цель работы: установить, как изменяется цикловая подача топлива, подаваемая насосной секцией, от частоты вращения кулачкового валика насоса, при управлении рейки регулятором.

Оборудование и приборы: проверенный и отрегулированный топливный насос, комплект форсунок, испытанных на нормальное давление впрыска и пропускную способность, стенд КИ 921, гаечные ключи.

Содержание работы: проверка и испытание насоса, снятие и построение характеристик, обработка и анализ результатов испытаний, составление отчета

Снятие регуляторной характеристики топливного насоса дизеля.

Общие положения: регуляторная характеристика топливного насоса дизеля показывает изменение цикловой подачи и неравномерности подачи топлива насосом в зависимости от частоты вращения кулачкового валика насоса при неизменном положении рычага управления регулятором (положением рейки насоса управляет регулятор)

Дизель работает при переменных нагрузках на транспортных и большинстве других сельскохозяйственных работ. Регуляторная характеристика топливного насоса оказывает решающее влияние на изменение динамических и экономических показателей дизеля.

Последовательность снятия характеристики

1. Отвернуть стопорный винт рейки топливного насоса и убедиться в свободном перемещении рейки.
2. Установить рычаг управления регулятором в положение максимальной подачи топлива и закрепить его в этом положении.
3. Пустить стенд в соответствующем направлении вращения валика топливного насоса (при правом вращении - средней кнопкой пускателя стенда).
4. Установить с помощью рукоятки вариатора стенда частоту вращения валика насоса 400 мин^{-1} установить счетчик циклов на величину, равную

частоте вращения кулачкового валика насоса (400 циклов) и включить измерительное устройство стенда. После автоматического отключения стендом подачи топлива в измерительные мензурки записать количество топлива (см), поданное через каждую форсунку за установленное количество циклов.

5. В последующих опытах частоту вращения кулачкового валика насоса устанавливают согласно заданных в таблице испытаний значений, и счетчик циклов устанавливают каждый раз на количество циклов, равное частоте вращения валика насоса (при 500 мин⁻¹ на 500 циклов и т.д).

6. После проведения всех опытов при максимальном положении рычага регулятора устанавливают рычаг регулятора в промежуточное положение и закрепляют его.

7. Для каждого опыта подсчитать:

а) среднюю подачу топлива секциями насоса:

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{i} \text{ см}^3$$

где i - число секций насоса;

Q_i – производительность i - секции, см³

б) среднюю цикловую подачу топлива:

$$q_{ц} = \frac{Q_{cp}}{z} \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{цикл}$$

где: $q_{ц}$ – цикловая подача топлива, см³;

z – число циклов.

в) неравномерность подачи топлива секциями насоса

$$\delta = \frac{2(Q_{max} - Q_{min})}{Q_{max} + Q_{min}} \times 100\%$$

где: δ – неравномерность подачи топлива, %;

Q_{max} - максимальная подача топлива секциями насоса, см³,

Q_{min} - минимальная подача топлива секциями насоса, см³,

Q_{cp} - средняя подача топлива секциями насоса, см³.

8. После обработки результатов опытов строят регуляторную характеристику топливного насоса, графически выражающую зависимость $q_{ц} = f(n)$, $\delta = f(n)$. (скоростную и регуляторную характеристики совмещают на одном графике, см. лабораторная работа №2)

Оформление отчёта

В отчете должны быть отражены следующие пункты работы:

а) таблицы испытаний по форме;

- б) графики изменения средней цикловой подачи и неравномерности подачи топлива от частоты вращения кулачкового валика насоса;
- д.) дать объяснения по графику закономерностям изменения показателей топливной аппаратуры и указать на графике цикловую подачу топлива при номинальной частоте вращения валика насоса.

СНЯТИЕ РЕГУЛЯТОРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

N _{оп}	h _{мм}	n _{мин} ⁻¹	z _{цикл}	Q, см ³				Q _{max} , см ³	Q _{min} , см ³	δ, %	q _ц , см ³ /цикл
				1 секция	2 секция	3 секция	4 секция				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Выводы:

Вопросы по теме "Регуляторная характеристика топливного насоса дизеля"

1. Что представляет собой регуляторная характеристика топливного насоса дизеля?
2. Каковы условия снятия регуляторной характеристики топливного насоса двигателя?
3. Что такое регулятор частоты вращения дизеля?
4. Что такое корректор подачи топлива?

5. Изобразите график регуляторной характеристики топливного насоса двигателя?
6. Что является причиной резкого уменьшения цикловой подачи топлива при повышении частоты вращения валика насоса выше номинальной?
7. За счёт чего изменяет цикловую подачу топлива корректор топливного насоса?
8. Изобразите "регуляторную ветвь" регуляторной характеристики топливного насоса дизеля?
9. Изобразите "ветвь корректора" регуляторной характеристики топливного насоса дизеля?
10. Что является причиной увеличения цикловой подачи топлива при снижении частоты вращения валика насоса ниже номинальной?
11. Как влияет на регуляторную характеристику топливного насоса положение рычага управления регулятором?

Составители: *Шнитков Геннадий Владимирович*
Вертей Михаил Леванович

КОНСТРУКЦИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Рабочая тетрадь выполнения
лабораторно-практических работ**

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка Г.В. Шнитков

Подписано к печати 21 июня 2022 г. Формат 60x84^{1/16}
Объем 1,25 уч.изд. л. Заказ №11 Тираж 30 экз.

Отпечатано в минитипографии Инженерного института НГАУ
630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147, ауд. 209