

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра “Двигатели внутреннего сгорания”

ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальности 1 – 37 01 01
“Двигатели внутреннего сгорания”

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом
Белорусского национального технического университета*

Минск 2003

Практикум включает в себя лабораторные работы по курсу “Испытания двигателей внутреннего сгорания” для студентов специальности 1 – 37 01 01 “Двигатели внутреннего сгорания”. Для каждой лабораторной работы приведены основные понятия из теории изучаемого вопроса, методика выполнения, описание экспериментальной установки, порядок обработки опытных данных и составления отчета.

Составители:

Г.М. Кухаренок, В.Н. Жуковец

Рецензенты:

Л.А. Молибошко, М.А. Солонский

© Кухаренок Г.М., Жуковец В.Н.,
составление, 2003

Введение

Лабораторный практикум составлен в соответствии с программой курса “Испытания двигателей внутреннего сгорания” для высших учебных заведений по специальности 1 – 37 01 01 “Двигатели внутреннего сгорания” и включает методические указания к выполнению лабораторных работ. Методические указания содержат краткие теоретические основы испытания двигателей и составлены в соответствии с требованиями ГОСТ 14846-81 “Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний” и ГОСТ 18509-88 “Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний”.

Вследствие ограниченного объема лабораторного практикума в него включены только основные положения методики испытаний автотракторных двигателей. Последовательность описания лабораторных работ принята в соответствии с программой курса “Испытания двигателей внутреннего сгорания”. Практикум может быть использован студентами и других автотракторных специальностей при выполнении работ по испытаниям двигателей внутреннего сгорания.

1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Правила техники безопасности направлены на предотвращение несчастных случаев и предусматривают выполнение следующих основных мероприятий:

1. Запрещается подключать в электросеть и отключать от сети оборудование, устанавливать и снимать электрические предохранители, необходимо следить, чтобы на установках и стендах не было проводов с поврежденной изоляцией.
2. Проверить наличие и исправность заземления, защитных ограждений, предохранительных средств и инструментов.
3. Подготовить рабочее место для работы, убрать все приборы и детали, не относящиеся к выполняемой работе; перед пуском двигателя включить вытяжную вентиляцию.
4. Все приводные и соединительные устройства вращающихся деталей должны быть снабжены надежными ограждениями.
5. Запрещается находиться в плоскостях качания шатунов и вращения соединительных муфт или коллекторов электрических машин даже при наличии ограждений, прикасаться к вращающимся и горячим деталям двигателя.
6. При возникновении ненормальных стуков и шумов в двигателе, тормозе или соединительной муфте необходимо снизить частоту вращения коленчатого вала до минимальной при одновременном полном снятии нагрузки, после чего остановить двигатель.
7. В аварийных случаях и при возникновении пожара двигатель должен быть остановлен немедленно.
8. Не допускается работа двигателя при подтеканиях топлива, масла и воды, а также при выходе отработавших газов через неплотности в соединениях выпускных труб.
9. Категорически запрещается набрасывать на ходу приводные ремни вентиляторов системы охлаждения, электрогенераторов и других приводных агрегатов.

10. Запрещается в помещении курить, пользоваться факелами и паяльными лампами.
11. Работа у электрических щитов управления тормозом и другими установками допускается лишь в специальных защитных резиновых перчатках на чистом резиновом коврик.
12. Необходимо строго соблюдать правила обращения с этилированными бензинами: запрещается мыть руки в бензине, засасывать бензин ртом в перепускной шланг, прикасаться смоченными в бензине руками к глазам, носу, рту.
13. Необходимо знать, где расположены средства пожаротушения, а также уметь ими пользоваться, учитывая при этом, что вода не может использоваться для тушения загоревшихся нефтепродуктов и органических растворителей.
14. В случае пожара необходимо немедленно остановить двигатель, выключить приточно-вытяжную вентиляцию, отключить подачу электричества и принять меры к ликвидации пожара, используя огнетушитель, песок, одеяло. В случае необходимости вызвать пожарную команду по телефону 01.

2. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Студенты распределяются руководителем по рабочим местам таким образом, чтобы одну лабораторную работу выполняла группа из 3..5 человек.
2. Руководитель раздает студентам необходимые приборы и инструменты.
3. Ознакомиться с порядком проведения работы и приступить к ее выполнению.
4. После выполнения работы показать полученные результаты руководителю, убрать рабочее место, сдать приборы и инструменты.

Лабораторная работа № 1

Изготовление и тарировка термопары

Цель работы

1. Ознакомление с принципом выбора материала термопары для измерения температур в определенных пределах при различных условиях.
2. Освоение установок и приборов для изготовления и тарировки термопар.
3. Приобретение навыков изготовления и тарировки термопар.

Одним из наиболее часто встречающихся видов измерений при испытании двигателей внутреннего сгорания является измерение температуры. При измерении температуры отработавших газов и деталей обычно применяются термопары, которые позволяют измерять температуру, как в отдельной точке, так и среднюю температуру в объеме.

Определение температуры термопарой основано на использовании термоэлектрического эффекта, возникающего при нагреве места спая двух проводников из неоднородных металлов или сплавов. Возникающая при этом ЭДС называется термоэлектродвижущей силой (ТЭДС), а пара проводников – термопарой. Нагреваемый спай термопары, находящийся при температуре t_1 измеряемой среды, называют горячим или рабочим; второй, имеющий температуру t_0 окружающей среды, называют холодным или свободным. Результирующая ТЭДС термопары равна разности ТЭДС ее обоих спаев:

$$E = f(t_1) - f(t_0). \quad (1.1)$$

Эта зависимость положена в основу измерения температур при помощи термопар. Для измерений используется термоэлектрический пирометр, состоящий из термопары и милливольтметра, соединенных электрическим проводом (рис.1.1).

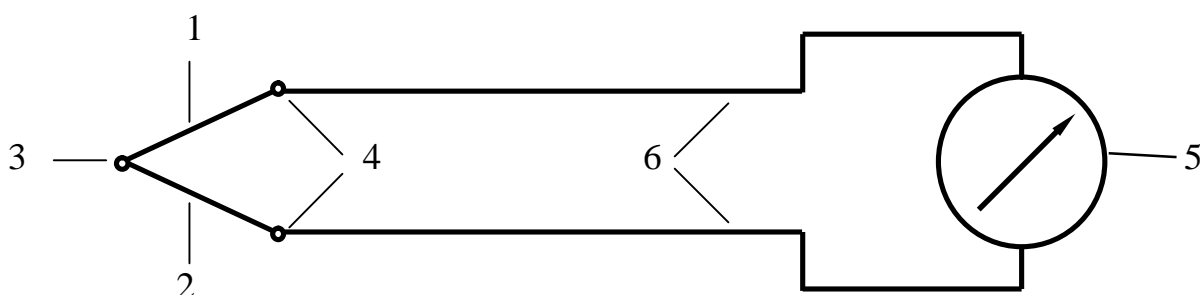


Рис.1.1. Схема термопары

На рис.1.1 у термоэлектродов 1 и 2 спай 3 является горячим, а спай 4 – холодным. В этом случае милливольтметр 5 покажет разность ТЭДС горячего и холодного спаев. Обычно термопару собирают с удлинительными проводами 6, изготовленными из меди. Присоединенные к термоэлектродам удлинительные провода не влияют на

показания милливольтметра, если их концы находятся при одинаковой температуре. Величина и направление ТЭДС зависят от материалов термоэлектродов. Положительным называется тот термоэлектрод, по направлению к которому идет ток через горячий спай термопары.

Термопара и милливольтметр перед проведением испытаний должны тарироваться. Тарировка термопары заключается в установлении зависимости ТЭДС от температуры горячего спая при постоянной температуре холодного спая. Отклонение от заданной зависимости для термопары данного типа может быть обусловлено химическим составом материала термопары в месте спая, изменением в составе спаянных металлов при нагревании в процессе эксплуатации термопары. Милливольтметр также может давать отклонение, обусловленное состоянием электрической системы прибора, передаточного механизма к стрелке прибора, ошибками в самой шкале и др. Термопара и милливольтметр могут тарироваться двумя способами – по отдельности и совместно. Более точные результаты дает их совместная тарировка.

Выбор материала проволоки для изготовления термопары производится исходя из наибольшего значения измеряемой температуры и образуемой при этом величины ТЭДС (табл.1.1, 1.2).

Таблица 1.1

Величина ТЭДС для различных металлов и сплавов в паре с платиной

Металл или сплав	Химический состав, %	ТЭДС в паре с платиной, мВ	Магнитные свойства	Цвет
Хромель	89Ni;9,8Cr;1Fe;0,2Mn	+ 2,9	не магнитен	темный
Железо	100Fe	+ 1,8	магнитен	светлый
Медь	100Cu	+ 0,75	не магнитен	красный
Алюмель	94Ni;2Al;2,5Mn;1Si;0,5Fe	- 1,2	магнитен	темный
Константан	60Cu;40Ni	- 3,4	не магнитен	светлый
Копель	56Cu;44Ni	- 4,0	не магнитен	светлый

Чтобы получить величину ТЭДС для любой пары металлов или сплавов, необходимо вычислить разность ТЭДС данных металлов или сплавов с платиной.

Таблица 1.2

Температурные пределы и значения величины ТЭДС для некоторых термопар

Наименование термопары	ТЭДС, мВ/100 К	Верхний температурный предел, К	
		При длительном нагреве	При кратковременном нагреве
Медь – копель	4,75	650	800
Медь – константан	4,15	750	900
Железо – копель	5,8	900	1100
Хромель – копель	6,9	900	1100
Хромель – алюмель	4,1	1200	1400

Размеры спая и диаметр термоэлектродных проводов оказывают влияние на точность измерений. Термопары для теплотехнических измерений обычно изготавливают из термоэлектродной проволоки диаметром 0,1..0,5 мм.

После сварки термопары проводится ее тарировка, устанавливающая зависимость между величиной ТЭДС и перепадом температур между горячим и холодным спаями. Полученные при тарировке данные и построенный по ним график используется для перевода показаний термопары в милливольтмах в соответствующие им значения температуры в градусах.

В настоящее время для ряда термопар (с относительно большими значениями удельной ТЭДС) промышленностью выпускаются специальные милливольтметры с градуировкой шкалы в градусах Цельсия.

Термопары обычно тарируются при температуре холодных концов $t_0 = 0$ °С (в сосуде с тающим льдом). Точка таяния льда (273,15 К) удобна потому, что влияние различных факторов на ее температуру незначительно. В том случае, если холодные концы термопары имеют более высокую температуру, необходимо внести соответствующую поправку.

Поправка может быть внесена следующим образом. Пирометр показывает температуру t_1 , температура холодного спая равна t_0 . Тогда поправка, которую необходимо прибавить к температуре t_1 , чтобы получить температуру горячего спая, может быть написана в виде:

$$\delta t = C \cdot t_0 ; \quad (1.2)$$

где C – коэффициент, представляющий собой отношение среднего температурного градиента ТЭДС между 0 °С и t_1 к градиенту ТЭДС при данной температуре холодного спая t_0 .

Таким образом, исправленное значение t измеренной температуры определится как:

$$t = t_1 + C \cdot t_0 ; \quad (1.3)$$

Величина коэффициента C зависит от материала термопары и диапазона значений измеряемой температуры (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Диапазоны измеряемой температуры и значения коэффициента C

Хромель – алюмель		Железо – константан		Медь – константан		Платина – платинородий	
$t_1, ^\circ\text{C}$	C	$t_1, ^\circ\text{C}$	C	$t_1, ^\circ\text{C}$	C	$t_1, ^\circ\text{C}$	C
0..800	1,00	0..100	1,00	0..50	1,00	265..450	0,65
800..1000	1,05	100..600	0,95	50..80	0,95	450..650	0,60
		600..1000	0,85	80..110	0,90	650..1000	0,55
				110..150	0,85	1000..1450	0,50
				150..200	0,80		
				200..270	0,75		
				270..350	0,70		

Кроме того, возможно механическое введение поправки на температуру t_0 холодных концов термопары, что упрощает процесс измерения температуры. Для это-

го стрелку милливольтметра, проградуированного в градусах Цельсия, необходимо установить в нулевом положении на температуру точки, где медные соединительные провода от милливольтметра присоединены к холодным концам термопары. Поправку на температуру холодного спая можно вносить при построении тарировочного графика. В этом случае тарировочный график строится как $E = f(\Delta t)$, где $\Delta t = t_1 - t_0$.

Порядок выполнения работы

Исходя из предполагаемой наибольшей величины температуры и получения большего значения ТЭДС, выбирают материал термопары и приступают к ее изготовлению, которое производится методом электросварки (рис.1.2).

Фарфоровый тигель 1, в котором происходит сварка термопары, заполнен порошком графита. Графит служит для создания переменного сопротивления в цепи, которое исключает возникновение короткого замыкания и позволяет регулировать температуру в зоне сваривания термопары. Проволока 2, из которой изготавливается термопара, присоединяется к лабораторному автотрансформатору 3. Автотрансформатором регулируется подаваемое на электроды при сварке термопары напряжение в зависимости от материала и диаметра проволоки термопары. Оптимальная величина напряжения на электродах при сварке подбирается опытным путем.

Скрученные концы проволок, из которых изготавливается термопара, медленно погружают в графитовый порошок, находящийся в тигле, следя за тем, чтобы не произошло соприкосновение термопары с электродом 4, помещенным на дно тигля. Затем контактором 5 замыкается цепь и происходит сварка термопары. Продолжительность сварки определяется опытным путем, исходя из условия получения на конце скрученных проволочек однородного гладкого шарикового спая.

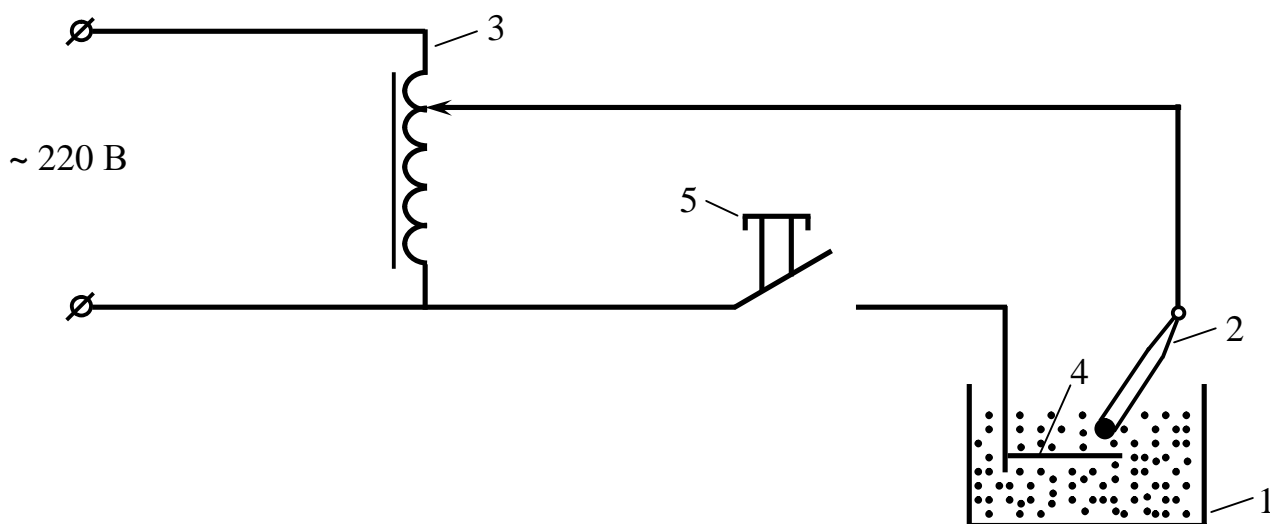


Рис.1.2. Схема устройства для изготовления термопары

Тарировка термопары производится согласно схеме на рис.1.3. Изготовленная термопара 1 вместе с ртутным термометром 2 погружаются в сосуд 3 с минеральным маслом или тигельную печь. Затем включают подогрев сосуда. По мере повы-

шения температуры через каждые 10..30 К производят отсчет показаний ТЭДС термопары по милливольтметру 4. Результаты опытов заносятся в табл.1.4.

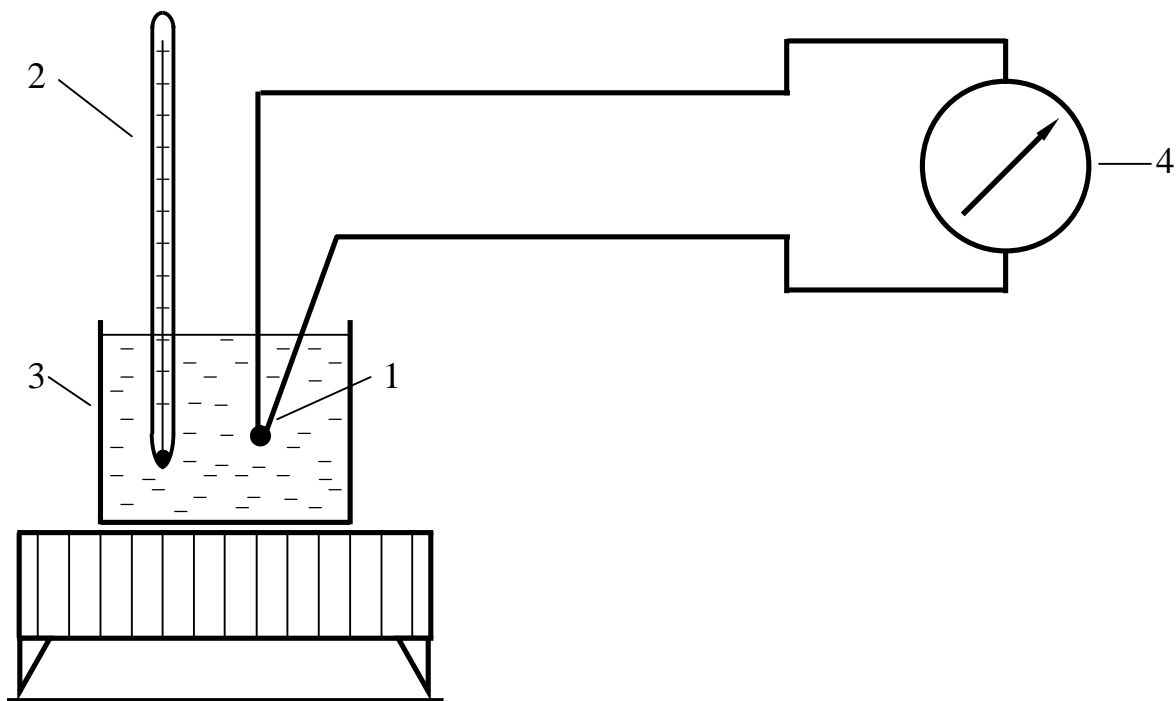


Рис.1.3. Принципиальная схема тарировки термопары

Таблица 1.4

Результаты измерений при тарировке термопары

№ пп	Температура горячего спая $t_1, ^\circ\text{C}$	Температура холодного спая $t_0, ^\circ\text{C}$	Разность температур спаев термопары $\Delta t, ^\circ$	ТЭДС термопары $E, \text{ мВ}$
1	2	3	4	5

По результатам опытов строится тарировочная кривая термопары $E = f(\Delta t)$.

Содержание отчета:

1. Изложить принцип действия термопары и способы внесения поправки на температуру холодного спая термопары.
2. Дать краткое описание и привести схемы устройств, для изготовления и тарировки термопары.
3. Привести таблицу результатов измерений и построить тарировочную кривую.

Лабораторная работа № 2.

Определение мощности механических потерь в двигателе методом выключения цилиндров

Цель работы:

1. Ознакомление с методикой определения мощности механических потерь в двигателе методом выключения цилиндров.
2. Определение основных индикаторных показателей работы двигателя и величины мощности механических потерь по методу выключения цилиндров.

Индикаторной мощностью называется мощность, развиваемая газами в цилиндрах двигателя; эффективной мощностью – мощность, снимаемая с коленчатого вала двигателя и используемая потребителем. Эффективная мощность меньше индикаторной на величину мощности механических потерь.

Определение мощности механических потерь может производиться методами выключения цилиндров, прокручивания двигателя посторонним источником энергии, часового расхода топлива и др. В данной работе будет рассматриваться метод выключения цилиндров, который основан на допущении, что величина механических потерь двигателя не зависит от нагрузки, т.е. от числа работающих цилиндров.

Порядок выполнения работы

Перед испытаниями подготовить табл.2.1, в которую будут занесены результаты измерений. Число строк в таблице равно числу цилиндров двигателя.

Таблица 2.1

Результаты измерений при испытаниях двигателя по методу отключения цилиндров

№ ПП	Частота вращения коленчатого вала n, об/мин	Показания весов тормоза P, Н	Эффективная мощность Ne, кВт	Эффективная мощность при отключенном цилиндре Ne _i , кВт	Индикаторная мощность отключенного цилиндра Ni _к , кВт	Расход топлива			
						Доза топлива G ₀ , г	Время расхода дозы топлива t, с	Часовой расход топлива G _T , кг/ч	Удельный эффективный расход топлива g _e , г/кВт·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Измерения производятся следующим образом :

1. Установить заданный режим работы двигателя и определить показатели работы двигателя на этом режиме: частоту вращения, показания весов тормоза, расход топлива, показания контрольных приборов.
2. Прекратить подачу топлива в первый цилиндр, отвернув гайку крепления трубопровода высокого давления к форсунке в дизельных двигателях, или подачу искры путем короткого замыкания свечи на массу в двигателях с принудительным зажиганием. Сохраняя положение рейки топливного насоса (дрессельной

заслонки), разгрузить двигатель до восстановления первоначальной частоты вращения, после чего произвести все замеры предыдущего опыта.

3. Включить в работу первый цилиндр, установить заданную частоту вращения и произвести контрольные замеры при всех работающих цилиндрах.

4. Повторить опыт, отключая поочередно все цилиндры и производя все замеры.

Выполнив все серии опытов, далее следует на основании результатов измерений произвести расчеты основных показателей работы двигателя по приведенным ниже формулам.

Эффективная мощность двигателя определяется по формуле

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{9549} = \frac{P \cdot l \cdot n}{9549} = \frac{P \cdot n}{k}; \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

где M_e – эффективный крутящий момент, Н·м;

n – частота вращения коленчатого вала, об/мин;

P – усилие на плечо тормоза, Н;

l – длина плеча тормоза, м;

k – постоянная тормоза.

При $l = 0,9549$ м величина постоянной тормоза $k = 10000$.

Среднее эффективное давление определяется как

$$P_e = \frac{30 \cdot t \cdot N_e}{V_h \cdot n}; \text{ МПа}, \quad (2.2)$$

где t – тактность двигателя;

V_h – рабочий объем двигателя, л;

Часовой расход топлива определяется по формуле

$$G_T = \frac{3,6 \cdot G_0}{t}; \text{ кг/ч}, \quad (2.3)$$

где G_0 – массовый расход топлива, г;

t – время расхода топлива, с.

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{1000 \cdot G_T}{N_e}; \text{ г/кВт·ч}. \quad (2.4)$$

Индикаторная мощность одного цилиндра определяется из выражения

$$N_{i1} = N_e - N'_e; \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя при работе всех цилиндров, кВт;
 N'_e – эффективная мощность двигателя при одном выключенном цилиндре, кВт.

Определив поочередно индикаторную мощность всех цилиндров, получают индикаторную мощность двигателя согласно формуле

$$N_i = N_{i1} + N_{i2} + \dots + N_{ik}, \quad (2.6)$$

где $N_{i1}, N_{i2}, \dots, N_{ik}$ – индикаторные мощности 1, 2, ..., k-го цилиндров.

Среднее индикаторное давление

$$P_i = \frac{30 \cdot t \cdot N_i}{V_h \cdot n}; \text{ МПа.} \quad (2.7)$$

Среднее давление механических потерь

$$P_M = P_i - P_e; \text{ МПа.} \quad (2.8)$$

Механический коэффициент полезного действия

$$h_M = \frac{N_e}{N_i} = \frac{P_e}{P_i}. \quad (2.9)$$

Мощность механических потерь

$$N_M = N_i - N_e; \text{ кВт.} \quad (2.10)$$

Удельный индикаторный расход топлива

$$g_i = \frac{1000 \cdot G_T}{N_i}; \text{ г/кВт·ч.} \quad (2.11)$$

Индикаторный коэффициент полезного действия

$$h_i = \frac{3600 \cdot N_i}{G_T \cdot H_U}, \quad (2.12)$$

где H_U – теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Эффективный коэффициент полезного действия

$$h_e = \frac{3600 \cdot N_e}{G_T \cdot H_U} . \quad (2.13)$$

Эффективный коэффициент полезного действия как

$$h_e = h_i \cdot h_M . \quad (2.14)$$

Коэффициент равномерности работы двигателя

$$d = \frac{N_{i \min}}{N_{i \max}} , \quad (2.15)$$

где $N_{i \min}$ – наименьшая индикаторная мощность цилиндра;

$N_{i \max}$ – наибольшая индикаторная мощность цилиндра.

Таблица 2.2

Результаты обработки экспериментальных данных

№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Частота вращения коленчатого вала n , об/мин	Эффективная мощность N_e , кВт	Индикаторная мощность N_i , кВт	Мощность механических потерь N_M , кВт	Среднее эффективное давление P_e , МПа	Среднее индикаторное давление P_i , МПа	Среднее давление механических потерь P_M , МПа	Механический КПД η_M	Индикаторный КПД η_i	Эффективный КПД η_e	Удельный индикаторный расход топлива g_i , г/кВт·ч	Удельный эффективный расход топлива g_e , г/кВт·ч

Содержание отчета:

1. Кратко изложить методику определения мощности механических потерь по методу выключения цилиндров.
2. Результаты измерений и расчетов занести в таблицы.
3. Построить график зависимости мощности механических потерь N_M и механического КПД h_M от частоты вращения коленчатого вала n .

Лабораторная работа № 3. Определение мощности механических потерь в двигателе методом прокрутки

Цель работы:

1. Ознакомление с методикой определения мощности механических потерь в двигателе методом прокрутки.
2. Определение основных индикаторных показателей работы двигателя и величины мощности механических потерь по методу прокрутки.

Определение мощности механических потерь в двигателе по методу прокрутки возможно при наличии балансирного электрического тормоза, работающего в этом случае в режиме электродвигателя. При этом делается допущение, что мощность, затрачиваемая на прокручивание коленчатого вала двигателя, равна мощности его механических потерь.

Прокручивание двигателя производится при выключенном зажигании для бензиновых двигателей и отсутствии подачи топлива в цилиндры для дизельных двигателей. Так как температурное состояние трущихся деталей двигателя существенно влияет на величину механических потерь, определять механические потери этим методом можно только после предварительного прогрева двигателя до рабочего теплового состояния. Кроме этого, уменьшение нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма при прокрутке по сравнению с работой нагруженного двигателя, снижает величину механических потерь. Также величины потерь мощности на осуществление насосного хода имеют различные значения. Все эти различия учесть точно невозможно. Поэтому определение мощности механических потерь N_M методом прокручивания носит приближенный характер. Полученная таким образом величина N_M чаще всего имеет завышенное значение.

Порядок выполнения работы

1. Запустить двигатель, прогреть, нагрузить до номинального режима и дать поработать 15 мин.
2. Определить эффективные показатели двигателя на заданных режимах.
3. Остановить двигатель.
4. Прокрутить двигатель электрическим тормозом, работающим в режиме электродвигателя, при тех же частотах вращения, что и при определении эффективных показателей.
5. По показаниям весового механизма тормоза и частоте вращения определить мощность механических потерь.

По результатам выполненных измерений следует произвести вычисления по приведенным ниже формулам.

Мощность механических потерь определяется по формуле

$$N_M = \frac{P \cdot n}{k} ; \text{кВт}, \quad (3.1)$$

где P – усилие на плечо тормоза, Н;

n – частота вращения коленчатого вала, об/мин;

k – постоянная тормоза.

При $l = 0,9549$ м величина постоянной тормоза $k = 10000$.

Для определения индикаторной мощности частоту вращения коленчатого вала двигателя при прокручивании необходимо довести до частоты вращения, при которой определялась эффективная мощность двигателя. Тогда индикаторная мощность двигателя на данном режиме определяется как сумма эффективной мощности и мощности механических потерь

$$N_i = N_e + N_M; \text{ кВт.} \quad (3.2)$$

Кроме этого, следует произвести вычисления по формулам 2.1 – 2.4, 2.7, 2.9, 2.11 – 2.13. Результаты вычислений заносятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты обработки экспериментальных данных

№	Значение
1	Частота вращения коленчатого вала n , об/мин
2	Показание весов тормоза P , Н
3	Эффективная мощность N_e , кВт
4	Индикаторная мощность N_i , кВт
5	Мощность механических потерь N_M , кВт
6	Среднее эффективное давление P_e , МПа
7	Среднее индикаторное давление P_i , МПа
8	Механический КПД η_M
9	Индикаторный КПД η_i
10	Эффективный КПД η_e
11	Часовой расход топлива G_T , кг/ч
12	Удельный индикаторный расход топлива g_i , г/кВт·ч
13	Удельный эффективный расход топлива g_e , г/кВт·ч
14	

Содержание отчета:

1. Кратко изложить методику определения мощности механических потерь методом прокручивания двигателя.
2. Привести таблицы с результатами измерений и расчетов.
3. Построить график зависимости мощности механических потерь N_M и механического КПД η_M от частоты вращения коленчатого вала n .

Лабораторная работа № 4. Определение мощности механических потерь в двигателе по нагрузочным характеристикам

Цель работы:

1. Ознакомление с методикой определения мощности механических потерь в двигателе по нагрузочной характеристике.
2. Определение основных индикаторных показателей работы двигателя и величины мощности механических потерь по нагрузочной характеристике.

При исследовании рабочего процесса ДВС возникает необходимость определения мощности механических потерь N_M в зависимости от частотного и нагрузочного режимов работы двигателя. Такие методы определения мощности механических потерь N_M , как индицирование, выключение цилиндров, прокручивание коленчатого вала от постороннего источника, либо довольно трудоемки и требуют сложной измерительной аппаратуры, либо не дают возможности определить влияния нагрузки на механические потери. В этом случае удобным является метод определения мощности механических потерь по нагрузочной характеристике.

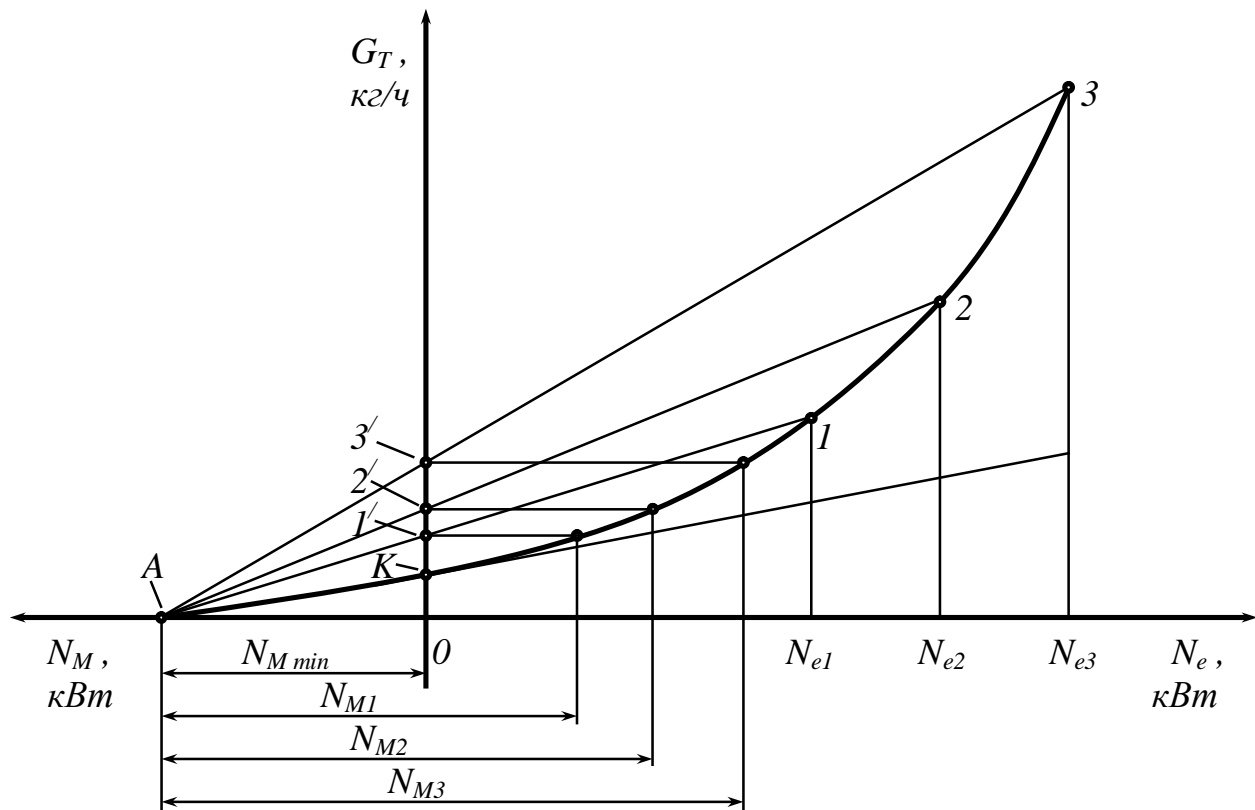


Рис.4.1. Зависимость часового расхода топлива от эффективной мощности

Метод основан на графической обработке кривой изменения часового расхода топлива $G_T = f(N_e)$ по нагрузочной характеристике в координатах $G_T - N_e$. Суть его заключается в том, что снимается нагрузочная характеристика двигателя для заданной частоты вращения, и определяются значения G_T при различных значениях мощности, в том числе и при $N_e = 0$ (рис.4.1). Через точку K, расположенную на оси $0 - G_T$ (при $N_e = 0$) проводится касательная к кривой $G_T = f(N_e)$ до пересече-

чения с осью $0 - N_M$ в точке A . Согласно методу часового расхода топлива, отрезок OA соответствует мощности механических потерь $N_{M \min}$ на данном частотном режиме при отсутствии нагрузки на двигатель.

Выберем на кривой $G_T = f(N_e)$ точки 1, 2, 3, соответствующие значениям эффективной мощности N_{e1}, N_{e2}, N_{e3} . Если соединить точку A линиями с точками 1, 2, 3 на кривой $G_T = f(N_e)$, то при пересечении этих линий с осью $0 - G_T$ будут получены точки $1', 2', 3'$. Для определения мощности механических потерь на режимах 1, 2, 3 (значения эффективной мощности N_{e1}, N_{e2}, N_{e3}) необходимо через точки $1', 2', 3'$ провести прямые, параллельные оси абсцисс. Проекция точек пересечения данных прямых с кривой $G_T = f(N_e)$ на ось $0 - N_e$ будут соответствовать значениям мощности механических потерь N_{M1}, N_{M2}, N_{M3} .

Для известных значений N_M и N_e определяем механический КПД:

$$h_M = \frac{N_e}{N_e + N_M} \quad (4.1)$$

Порядок выполнения работы

1. Запустить двигатель, дать ему время на прогревание.
2. Снять нагрузочную характеристику при заданной частоте вращения.
3. Построить зависимость $G_T = f(N_e)$ и обработать ее по изложенной выше методике.
4. Результаты измерений и вычислений занести в табл.4.1.

Таблица 4.1

Результаты испытаний двигателя по методу часового расхода топлива

№ П	Частота вращения коленчатого вала п, об/мин	Показания весов тормоза Р, Н	Эффективная мощность N_e , кВт	Мощность механических потерь N_M , кВт	Механический КПД η_M	Расход топлива		
						Доза топлива G_0 , г	Время расхода дозы топлива t, с	Часовой расход топлива G_T , кг/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Содержание отчета:

1. Кратко изложить методику определения мощности механических потерь по нагрузочной характеристике.
2. Привести таблицу с результатами измерений и расчетов.
3. Построить график зависимости мощности механических потерь N_M и механического КПД h_M от нагрузки.

Лабораторная работа № 5. Тарировка датчиков индикаторов давления

Цель работы:

1. Изучение методики тарировки датчиков индикаторов давления.
2. Получение практических навыков тарировки датчиков.
3. Проведение статической тарировки одного из типов датчиков.

Тарировка датчиков давления производится для получения тарировочных графиков, необходимых для обработки индикаторных диаграмм и внесения в них поправок. Различают два способа тарировки датчиков: статический и динамический.

Способ статической тарировки состоит в том, что датчик индикатора нагружают заранее известным статическим давлением и определяют соответствующую этому давлению величину выходного сигнала. Тарировку следует выполнять на полностью собранном и отлаженном индикаторе. Величина выходного сигнала определяется по осциллографу.

Динамическая тарировка осуществляется путем воздействия на датчик пульсирующего давления синусоидальной формы, амплитуда и частота колебания которого известна. Однако получение такого давления сопряжено с большими техническими трудностями. Поэтому часто при динамической тарировке датчик подвергают действию давления, быстро нарастающего от нуля до определенного значения. Так как закон изменения давления неизвестен, этот способ не позволяет определять динамические свойства индикатора.

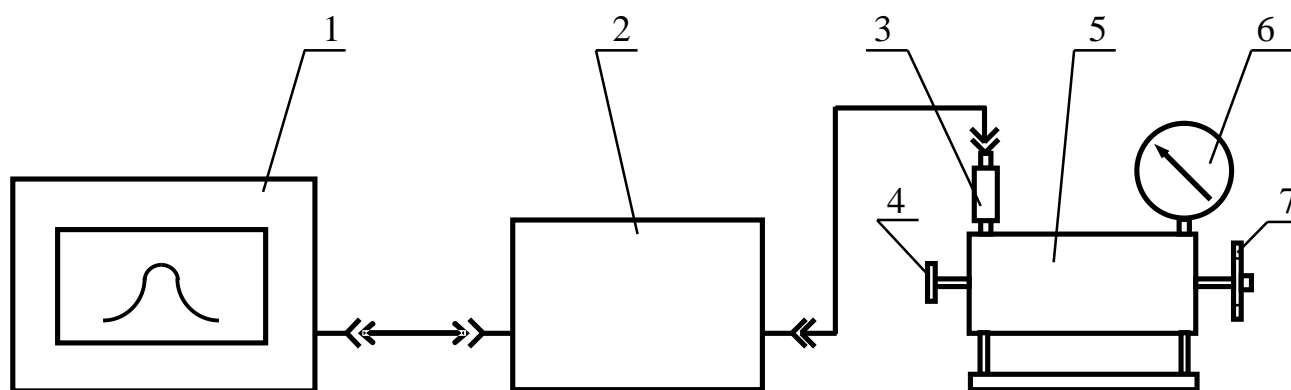


Рис.5.1. Общая схема установки для статической тарировки датчиков
1 – осциллограф; 2 – усилитель; 3 – датчик индикатора; 4 – вентиль;
5 – масляный пресс; 6 – манометр; 7 – рычаг.

Статическая тарировка датчика может производиться с помощью масляного пресса (рис.5.1), позволяющего получать фиксированные значения тарировочных давлений. Тарировка датчика осуществляется путем многократных (5..10) серий нагружений и разгрузений, обработка результатов которых позволяет получить надежную статическую характеристику индикатора и вычислить погрешность тарировки. Масляный пресс позволяет создавать давления величиной до 100..200 МПа. Величина тарировочного давления измеряется предварительно проверенным пружинным манометром. Для надежной работы пресса необходимо следить за полным удалением воздуха из рабочей полости.

Подобная статическая тарировка применима ко всем типам датчиков, но для пьезоэлектрических датчиков полученные данные будут иметь большую погрешность, так как при статическом способе тарировки давление повышается медленно и за это время успевают произойти значительная утечка заряда.

Существенным недостатком описанного метода тарировки является также то, что тарировка производится в условиях, существенно отличающихся от рабочих. В итоге результаты обработки индикаторных диаграмм могут иметь значительные погрешности. Поэтому часто применяется динамическая тарировка датчика на работающем двигателе по величине контрольного давления, фиксируемого образцовым датчиком. В качестве образцового датчика можно применять мембранный датчик электропневматического индикатора (рис.5.2).

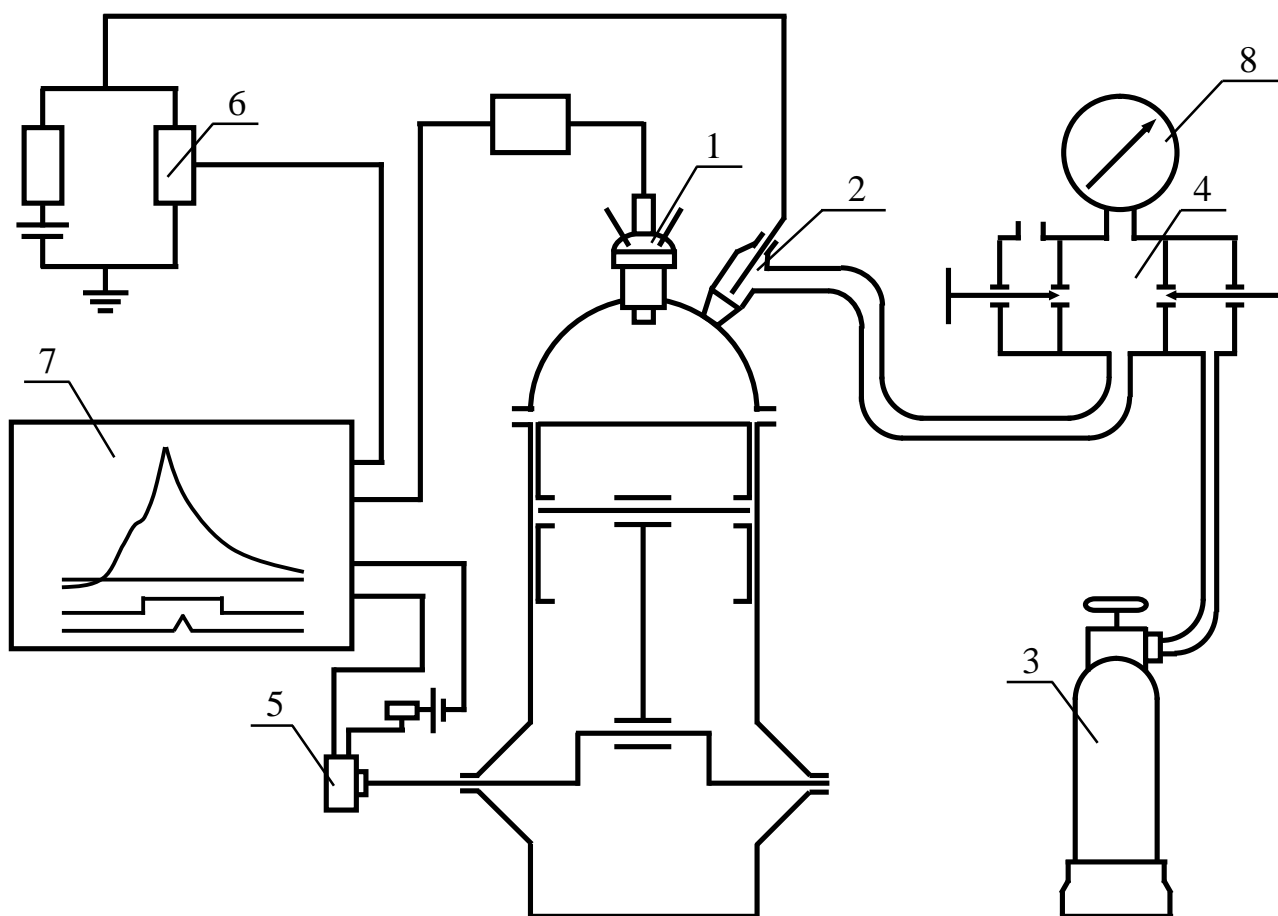


Рис.5.2. Общая схема динамической тарировки электрического датчика на работающем двигателе

Мембранный датчик 2 электропневматического индикатора устанавливается на двигателе в одной камере сгорания с электрическим датчиком 1 и включается параллельно со шлейфом в цепь батареи 6. К датчику 2 через распределительный кран 4 подводится сжатый воздух из баллона 3, величина давления которого измеряется манометром 8. Моменты замыкания и размыкания цепи датчика 2 при определенных давлениях записываются на светолучевом осциллографе П-образных сигналов одновременно с индикаторной диаграммой. Установлено, что момент размыкания контакта электропневматического датчика точно соответствует моменту выравнивания давления в цилиндре двигателя и полости датчика. Момент замыкания сильно

запаздывает и проходит при давлениях в цилиндре двигателя более высоких, чем в полости датчика. Поэтому для тарировки индикаторов пользуются исключительно линией расширения индикаторной диаграммы.

По моменту размыкания контактов датчика электропневматического индикатора устанавливают ординату индикаторной диаграммы, соответствующую заданной величине контрольного давления. Определяя величину ординаты при различных величинах контрольного давления, строят график динамической тарировки электрического датчика.

При проведении тарировки нулевая линия может определяться по линии впуска, которая на индикаторной диаграмме регистрируется в виде прямой. Для дизельных двигателей величина давления впуска с достаточной точностью может быть принята равной 0,09 МПа.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с установкой для тарировки датчика (рис.5.1).
2. Установить датчик 3 в корпусе масляного пресса 5.
3. Вращением рычага 7 переместить поршень масляного пресса в крайнее переднее положение и заполнить маслом объем, соединенный с объемом вентиля 4.
4. Открыть ventиль 4 и вращением рычага 7 переместить поршень в крайнее заднее положение, заполнив маслом напорное пространство пресса.
5. При необходимости произвести удаление воздуха из напорного пространства пресса перемещением поршня из крайнего заднего положения в крайнее переднее при открытом вентиле. Операция может быть повторена несколько раз.
6. Собрать электрическую схему, после ее проверки подать питание и настроить усилитель 2 и осциллограф 1.
7. Закрыть ventиль 4 и перемещением поршня последовательно повышать давление в прессе на 1,0..2,0 МПа до заданного максимума. Тарировка производится измерением перемещения светового луча на экране осциллографа 1 в зависимости от давления в полости масляного пресса, измеряемого манометром 6.
8. При проведении тарировки первоначально замеры производятся при постепенном повышении давления до заданной величины, а затем при его понижении. Результаты тарировки занести в табл.5.1.

Таблица 5.1

Результаты статической тарировки датчика индикатора

№ пп	Давление в полости масляного пресса P_{II} , МПа	Величина перемещения светового луча h , мм	Масштаб давления МПа/мм
1	2	3	4

Содержание отчета:

1. Кратко изложить методику тарировки датчиков индикаторов.
2. Привести принципиальные схемы установок для статической и динамической тарировки датчиков электрических индикаторов.
3. Результаты тарировки занести в таблицу 5.1 и построить тарировочный график $h = f(P_{II})$ и определить масштаб давления.

Лабораторная работа № 6. Определение состава отработавших газов

Цель работы:

1. Ознакомление с назначением, принципом работы и конструкцией газоанализатора ГИАМ-29.
2. Освоение методики измерений с помощью газоанализатора ГИАМ-29.

Газоанализатор ГИАМ-29 предназначен для определения содержания окиси углерода (СО), углеводородов (СН) (по гексану) в выхлопных газах, частоты вращения коленчатого вала двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением топлива. Содержание СО определяется в объемных долях, а содержание СН измеряется числом частиц на миллион частиц газовой смеси (обозначается английской аббревиатурой “ppm” – “parts per million” – “частиц на миллион”).

В газоанализаторе использован оптико-абсорбционный метод анализа газа, основанный на измерении поглощения инфракрасной энергии излучения анализируемым компонентом. Степень поглощения инфракрасной энергии излучения зависит от концентрации анализируемого компонента в газовой смеси. Каждому газу присуща своя область длин волн поглощения. Это обеспечивает возможность проведения избирательного анализа газов.

Газоанализатор включает в себя газозаборник (пробозаборник - используется при температуре окружающей среды ниже 0°C), фильтр, оптический блок, блок обработки сигнала, блок индикации, датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя. Газозаборник (пробозаборник) предназначен для отбора газовой пробы из выхлопной трубы. Далее газ из газозаборника поступает на входной штуцер фильтра, предназначенного для отделения жидких компонентов, образовавшихся при охлаждении, от газовой смеси и для очистки ее от механических примесей. Газовая проба поступает в оптический блок для анализа (см. рис.6.1).

Оптический блок состоит из двух излучателей Е1 и Е2, создающих потоки инфракрасной энергии, которые попадают в камеры, каждая из которых имеет две полости, обозначенные РК (рабочая камера с анализируемой газовой смесью) и СК (сравнительная камера без анализируемой газовой смеси); обтюлятора О, вращающегося от электродвигателя М; двух интерференционных фильтров ИФ1 и ИФ2; двух фоконов Ф1 и Ф2 с двумя приемниками инфракрасного излучения П1 и П2; оптоэлектронных пар ОП, выдающих информацию о положении обтюлятора; датчиков температуры Дт⁰1 и Дт⁰2, предназначенных для температурной компенсации чувствительности; предварительных усилителей ПУ1 и ПУ2, обеспечивающих усиление сигналов с фоконов до одного уровня; энергонезависимого оперативного запоминающего устройства ЭНОЗУ с параметрами данного оптического блока.

В зависимости от положения обтюлятора поток инфракрасного излучения проходит интерференционный фильтр, фокон и попадает на приемник либо после рабочей камеры, либо после сравнительной. На приемнике регистрируется переменный сигнал, несущий информацию о количестве инфракрасной энергии, поглощенной анализируемым газом с частотой обтюрации, а значит и о концентрации анализируемого газа. Данный сигнал после усиления поступает в блок обработки сигнала на аналоговые запоминающие устройства рабочих каналов АЗУ1р, АЗУ2р и аналоговые запоминающие устройства сравнительных каналов АЗУ1ср, АЗУ2ср. Выходные

сигналы с АЗУ1р, АЗУ2р и АЗУ1ср, АЗУ2ср поступают на аналоговый коммутатор АК1, осуществляющий подключение входов дифференциального усилителя ДУ или к каналу СО, или к каналу СН. Затем все сигналы поступают на аналоговый коммутатор АК2, выходной сигнал с которого поступает на аналого-цифровой преобразователь АЦП. Считанная с АЦП информация обрабатывается специальным вычислителем СВ и выводится на блок индикации.

Параметры оптического блока считываются СВ из энергонезависимого оперативного запоминающего устройства ЭНОЗУ. Сигнал с датчика тахометра Дт через усилитель-ограничитель УО поступает на СВ. Подключением АК1 и АК2 управляет СВ в зависимости от необходимости получения информации или о содержании СО (канал СО), или о содержании СН (канал СН). Вывод информации на принтер и на компьютер осуществляется также со специального вычислителя СВ.

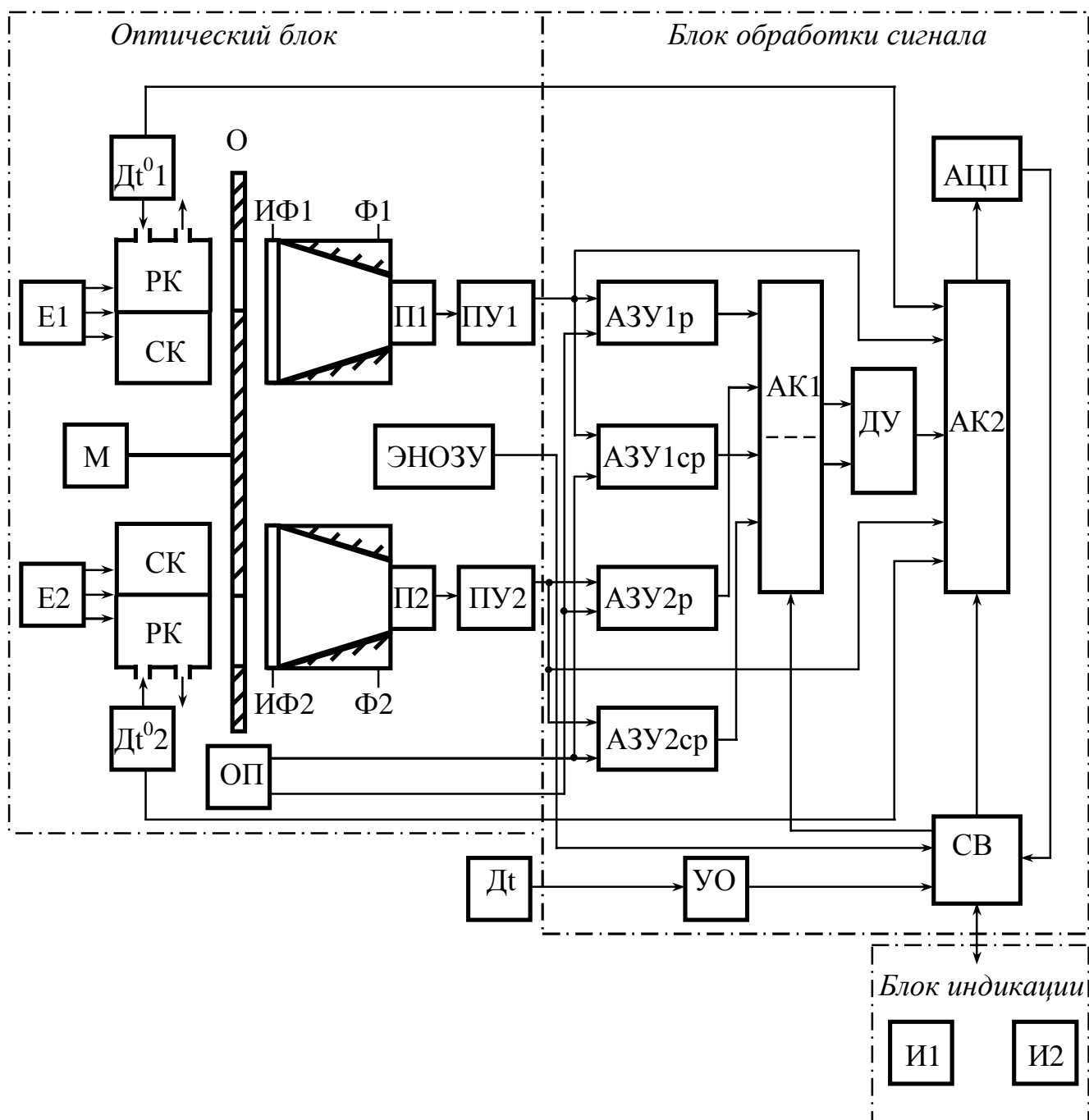


Рис.6.1. Схема функциональная газоанализатора ГИАМ-29

Порядок выполнения работы

1. Включив прибор в сеть, следует нажать на кнопку “ПУСК” на задней панели прибора. Далее происходит тестирование в течении 3 мин, а затем идет продувка системы. После этого прибор прогревается в течении 20 мин.
2. После прогрева газоанализатора следует одеть на выходной ниппель газозаборника трубку поливинилхлоридную и зафиксировать газозаборник на выхлопной трубе двигателя.
3. Запустить двигатель, прогреть его и установить режим холостого хода при минимальной устойчивой частоте вращения.
4. Перед проведением измерений следует обнулить показания двойным нажатием на кнопку “0”. Для проведения измерений СО следует нажать на кнопку “СО”. Чтобы затем снять показания СН, надо дважды нажать на кнопку “0” для обнуления прежних показаний, а затем нажать на кнопку “СН”. Результаты измерений должны появиться на экране. Содержание СО и СН измеряется пять раз.
5. Содержание измеряемых компонентов в анализируемой газовой смеси, диапазоны измерения величин должны соответствовать табл.6.1. Результаты измерений следует занести в табл.6.2.

Таблица 6.1

Диапазоны значений измеряемых величин

Объемных долей СО, %	Молекул СН, ppm	Частоты вращения, об/мин	Диапазон рабочих температур, °С
0..10	0..5000	500..9900	-20...+40

Таблица 6.2

Результаты измерений состава отработавших газов

№ пп	Частота вращения холостого хода, об/мин	Содержание объемных долей СО, %	Содержание молекул СН, ppm
1	2	3	4

Содержание отчета:

1. Кратко описать конструкцию и принцип действия газоанализатора ГИАМ-29.
2. Привести функциональную схему газоанализатора ГИАМ-29.
3. Представить результаты измерений в табл.6.2.
4. Дать анализ результатов измерений.

Лабораторная работа № 7.
Определение дымности отработавших газов
дизельного двигателя

Цель работы:

1. Ознакомление с назначением, принципом работы и конструкцией переносного дымомера “СМОГ-1”.
2. Освоение методики измерений с помощью переносного дымомера “СМОГ-1”.

Дымомер переносной “СМОГ-1” предназначен для контроля дымности отработавших газов дизельных двигателей с целью оценки качества работы систем выпуска, питания и смазывания.

Принцип работы дымомера основан на измерении части светового потока, прошедшего через вещество (отработавшие газы), просвечиваемое источником света. Для получения светового потока используется источник света с цветовой температурой 2400 - 2900⁰ С, который дает широкий спектр видимого диапазона. Величина прошедшего через вещество светового потока определяется фотоэлементом, спектральная чувствительность которого соответствует спектральной чувствительности человеческого глаза в условиях дневного зрения.

Отработавшие газы содержат некоторое количество сажевых и других дисперсных частиц, из-за чего они утрачивают прозрачность. Голубовато-синеватый оттенок газов говорит о наличии в их составе аэрозолей масла и топлива, а черный цвет газам придают частицы сажи. Изменения цвета отработавших газов свидетельствуют о нарушениях в процессе работы двигателя, поэтому измеренная величина дымности может служить оценкой технического состояния дизельного двигателя и его топливной аппаратуры, совершенства протекания рабочего процесса, наполнения и цикловой подачи топлива. Большая дымность отработавших газов недопустима, так как повышает их токсичность.

Величина дымности отработавших газов дизельных двигателей при выполнении данной лабораторной работы определяется по ГОСТ 17.2.2.02-98 “Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин”. Данный стандарт устанавливает нормируемые параметры, предельно допустимые нормы, методы измерения и объем стендовых испытаний. Измерения дымности отработавших газов проводятся на установившихся режимах и режиме свободного ускорения. Основным нормируемым параметром дымности является натуральный показатель ослабления светового потока K , м⁻¹; вспомогательным – коэффициент ослабления светового потока N , %. Данные параметры связаны между собой зависимостью:

$$K = -\frac{1}{L} \cdot \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right); \text{ м}^{-1} \quad (7.1)$$

где $L = 0,43$ м – фотометрическая база дымомера, определяющая собой длину пути светового потока сквозь исследуемое вещество.

Натуральный показатель ослабления светового потока K отсчитывается по основной шкале дымомера, а коэффициент ослабления светового потока N – по вспомогательной.

На установившихся режимах дымность определяется при положении органа управления регулятором частоты вращения коленчатого вала дизеля, соответствующем полной подаче топлива и следующих значениях частоты вращения коленчатого вала:

1. Номинальная частота вращения коленчатого вала;
2. Частота вращения коленчатого вала, соответствующая режиму максимального крутящего момента дизеля;
3. Четыре частоты вращения коленчатого вала через равные интервалы в диапазоне между номинальной частотой и частотой вращения, соответствующей режиму максимального крутящего момента.

Результаты измерений дымности на обоих режимах не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 17.2.2.02-98.

Измерение дымности отработавших газов дымометром переносным “СМОГ-1” осуществляется следующим образом: дым из выхлопной трубы поступает в оптический канал измерительной камеры (см. рис.7.1), где находятся источник излучения (лампа 1) и приемник (фотоэлемент 4). Поток света от лампы проходит через дым и падает на фотоэлемент, который воспринимает непоглощенную часть света. Для защиты лампы и фотоэлемента установлены защитные стекла 2. При проверке работоспособного состояния дымомера вместо защитного стекла со стороны фотоэлемента устанавливается контрольный светофильтр 3. Датчик температуры (термопреобразователь сопротивления 5) предназначен для измерения температуры дыма в измерительной камере с целью введения температурной поправки. Сигнал с фотоэлемента поступает в блок обработки информации, включающий в себя предварительные усилители 6 и 7, блок коммутации аналоговых сигналов (с аналого-цифровым преобразователем) 8, блок сопряжения 9 клавиатуры и аналого-цифрового преобразователя индикации с центральным процессором, центральный процессор 10, клавиатура 11, схема индикации 12, запоминающее устройство 13, блок питания 14, схема формирования напряжения питания 15. После обработки полученного с фотоэлемента сигнала результаты измерений выводятся на табло.

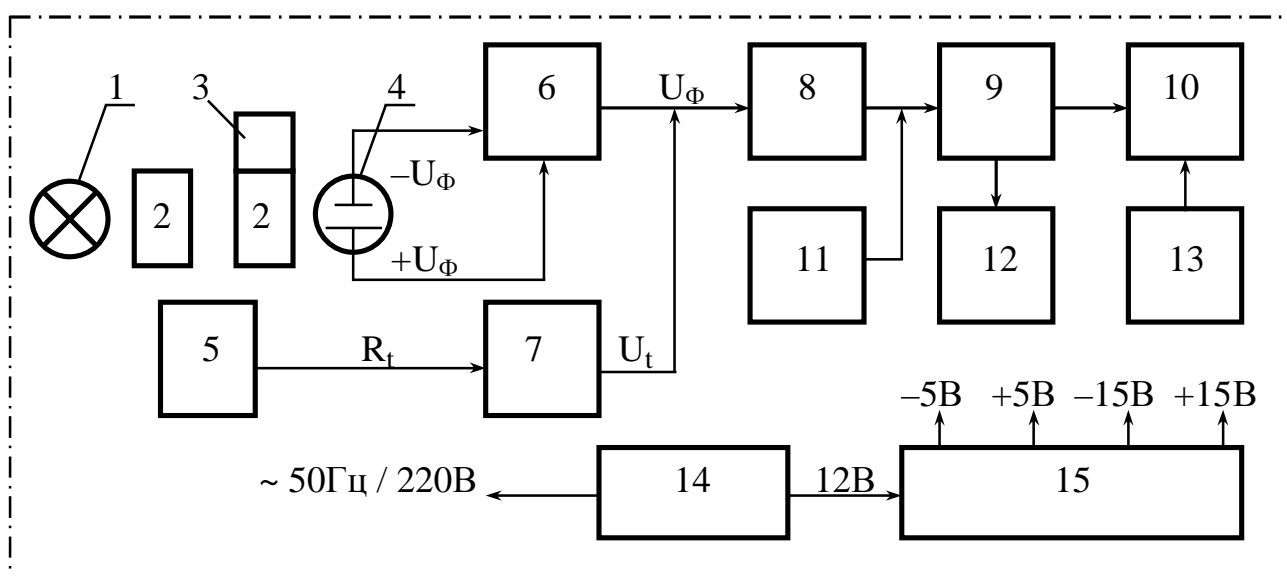


Рис.7.1. Схема функциональная дымомера переносного “СМОГ-1”

Порядок выполнения работы

1. Прогреть двигатель до рабочих значений температуры охлаждающей жидкости и моторного масла.
2. Установить перемещением рычага управления подачи топлива максимальную частоту вращения вала двигателя. Продолжительность работы на данном режиме должна обеспечивать температуру отработавших газов, необходимую для проведения замеров.
3. Отпустить рычаг управления подачи топлива.
4. Закрепить газозаборник на выхлопной трубе двигателя. К измерениям приступить после контроля температуры отработавших газов, которая должна находиться в пределах от 60 до 120 °С. Контроль температуры производить следующим образом. Нажать кнопку “СБРОС” и кнопку “В/Н”, после чего нажать кнопку “Кл/Т”. На цифровом табло появится температура отработавших газов.
5. Выполнить измерения на режиме свободного ускорения:
 - 5.1. Измерения текущего значения коэффициента ослабления светового потока N выполнить следующим образом:
 - 5.1.1. Переместить орган управления в исходное положение.
 - 5.1.2. Нажать на кнопку “СБРОС”.
 - 5.1.3. Кнопка “В/Н” отжата, нажать на кнопку “N/N_{max}”.
 - 5.1.4. Переместить орган управления регулятором частоты вращения коленчатого вала в течение не более 0,5 с в положение, соответствующее максимальной подаче топлива. Такое положение органа управления сохраняют в течение 5-10 с.
 - 5.1.5. Затем орган управления переместить в исходное положение.
 - 5.1.6. По шкале дымомера зафиксировать максимальное значение дымности. Результаты измерений занести в табл.7.1.
 - 5.2. Испытания повторяют не менее восьми раз, пока разность между максимальным и минимальным значениями дымности четырех последних измерений не станет равной или менее 0,25 м⁻¹ и не образуют убывающей или возрастающей последовательности. За результат измерения принимают среднее арифметическое значение результатов последних четырех измерений.
 - 5.3. При измерении показателя ослабления светового потока K выполнить указания пунктов 5.1.1, 5.1.2, 5.1.4 – 5.1.6 и пункта 5.2, при этом нажимая кнопку “K/K_{max}”.

Таблица 7.1

Результаты измерений дымности отработавших газов

	Режим свободного ускорения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	среднее
Натуральный показатель ослабления светового потока K, м ⁻¹									
Коэффициент ослабления светового потока N, %									

Содержание отчета:

1. Кратко описать конструкцию и принцип действия дымомера “СМОГ-1”.
2. Дать описание методики определения дымности на режимах свободного ускорения.
3. Привести таблицу результатов измерений.
4. Дать анализ результатов измерений.

Лабораторная работа № 8. Индицирование двигателя

Цель работы:

1. Ознакомление с устройством и принципом работы электрических измерительных приборов, применяемых для индицирования двигателей.
2. Освоение методики индицирования двигателей.
3. Снятие индикаторной диаграммы.

Исследование рабочего процесса двигателей связано с большими трудностями из-за сложности и быстротечности отдельных этапов этого процесса. Наиболее простым и универсальным способом исследования является индицирование, заключающееся в записи изменения давления в цилиндре двигателя в зависимости от времени, угла поворота коленчатого вала или хода поршня. В применении к цилиндрам двигателя такие записи называют индикаторными диаграммами или осциллограммами. Индицирование производится с целью определения среднего индикаторного давления, индикаторной мощности, максимального давления цикла, скорости нарастания давления при сгорании, периода задержки воспламенения и других индикаторных показателей двигателя.

При проведении индицирования наиболее широкое применение получили электропневматические (стробоскопические) и пьезоэлектрические индикаторы.

Принципиальная схема электропневматического (стробоскопического) индикатора представлена на рис.8.1. Индикатор включает в себя: датчик 1 мембранного или клапанного типа, устанавливаемый в индицируемый цилиндр; записывающий механизм 2; барабан 3, соединенный с коленчатым валом двигателя; цилиндр 4 с поршеньком и калиброванной пружиной; тиратронный преобразователь 5 для получения высокого напряжения, являющийся также пультом управления; баллон 6 с воздухом (инертным газом) под давлением, заведомо более высоким, чем максимальное давление цикла двигателя; отметчик верхней мертвой точки 7.

Принцип работы индикатора заключается в следующем. Через пневмосистему индикатора от баллона на мембрану датчика подается давление воздуха (инертного газа), которое перемещает поршень с разрядником записывающего механизма. Со стороны поршня двигателя на мембрану датчика действует переменное давление газов. В те моменты, когда давление воздуха (инертного газа) из баллона сравнивается с давлением газов в цилиндре двигателя, мембрана датчика размыканием цепи реле (катушки) вызывает искровой разряд между разрядником и барабаном записывающего механизма. Искровой разряд пробивает бумагу, закрепленную на барабане. Если изменить давление воздуха (инертного газа), то будут пробиты новые отверстия, соответствующие тому давлению газов в цилиндре, которое равно измененному давлению воздуха (инертного газа). По окружности барабана положение пробитого отверстия определится его угловым положением в момент искрового разряда, а по образующей барабана – величиной давления воздуха над мембраной датчика. В результате множество пробитых искровыми разрядами на бумаге отверстий сливаются в линию, образуя тем самым развернутую индикаторную диаграмму зависимости давления газов в цилиндре от угла поворота коленчатого вала двигателя.

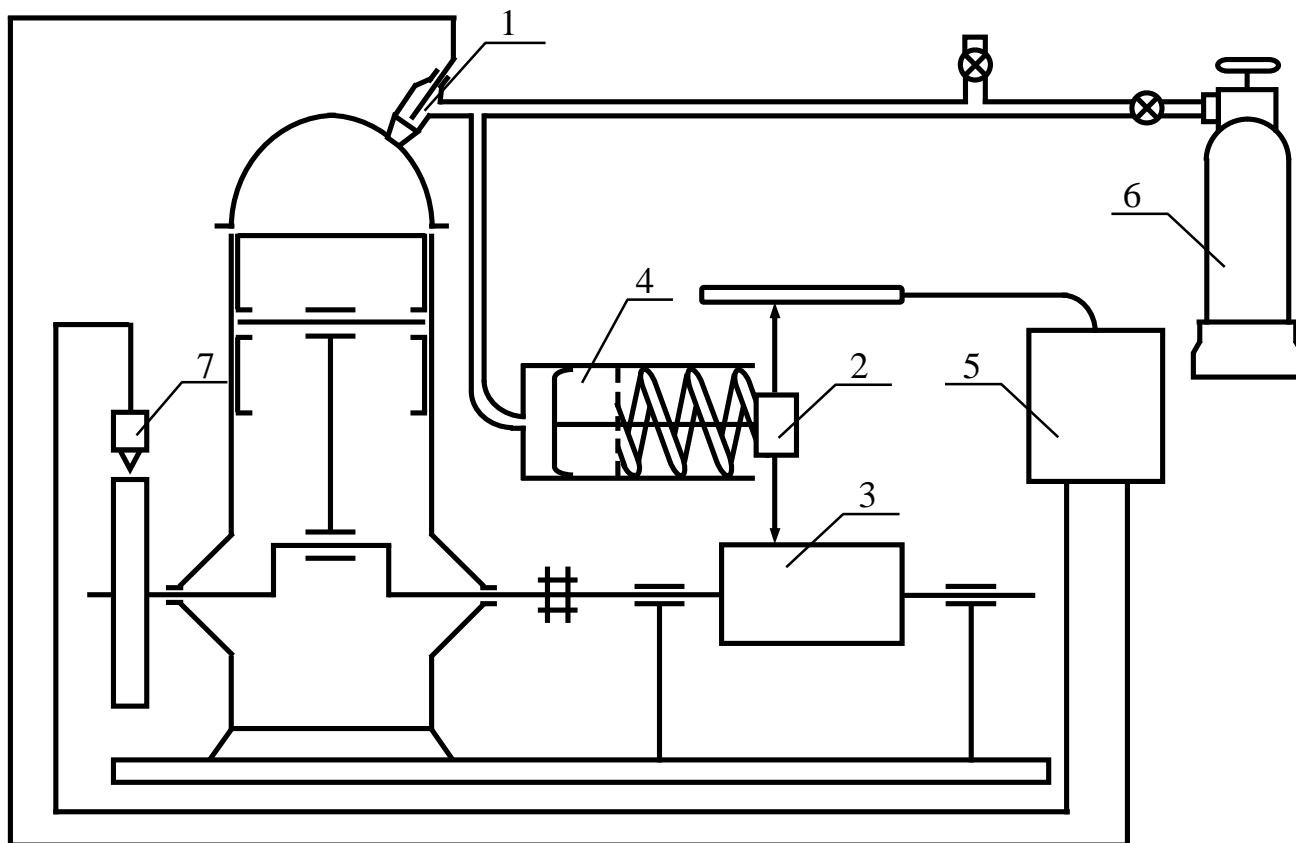


Рис.8.1. Схема измерений электропневматическим (стробоскопическим) индикатором

К преимуществам электропневматического (стробоскопического) метода измерения относят то, что автоматически вычисляется среднее значение измеряемой величины за большое число единичных циклов, а также имеется возможность осуществления регистрации изменения давления в крупном масштабе, так как датчик не измеряет давление, а лишь фиксирует равенство измеряемой и контролируемой величины.

Принципиальная схема пьезоэлектрического индикатора изображена на рис.8.2. Индикатор включает в себя: пьезокварцевый датчик давления 1; усилитель пьезоточков 2; датчик подъема иглы форсунки 3; промежуточный усилитель сигналов 4 от датчика 3; отметчик 5 верхней мертвой точки; светолучевой осциллограф 6; отметчик 7 времени.

Индицирование пьезоэлектрическими индикаторами осуществляется следующим образом. Переменный потенциал, возникающий на гранях пьезокварцевого датчика под действием переменного давления газов и пропорциональный его величине, проходит через усилитель и поступает на осциллограф. Аналогичным образом поступают в осциллограф усиленный сигнал от датчика подъема иглы форсунки и сигналы от отметчиков верхней мертвой точки и времени. После преобразования данных сигналов на экране осциллографа появляются развернутая диаграмма давления газов в цилиндре двигателя, кривая движения иглы форсунки, а также отметки верхней мертвой точки и времени, позволяющие определить угол поворота коленчатого вала и его частоту вращения.

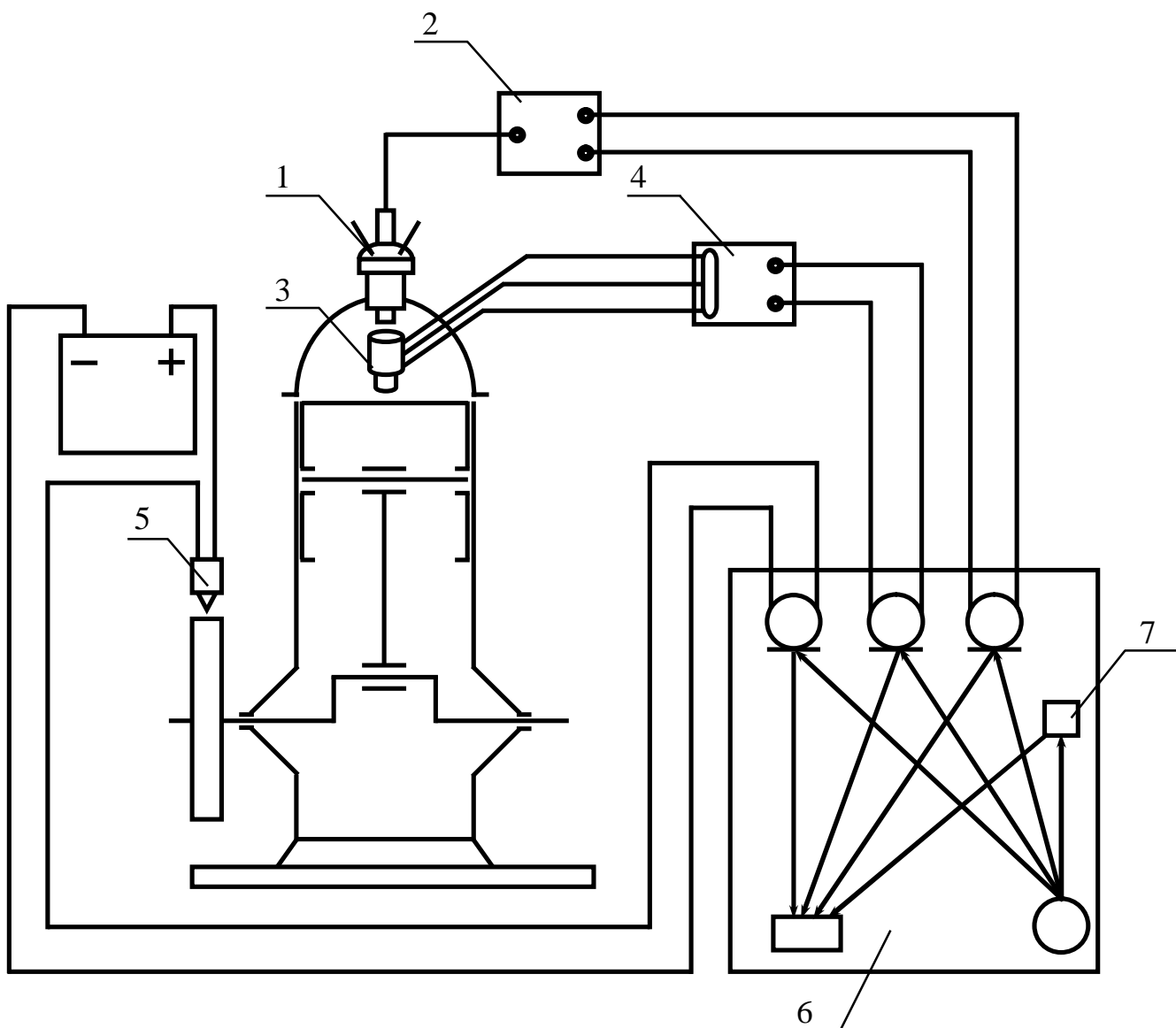


Рис.8.2. Схема измерений пьезоэлектрическим индикатором

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой. Посмотреть место установки каждого датчика на двигателе, проследить пути подачи сигнала к усилителю и далее к осциллографу. Ознакомиться с источником питания осциллографа, с порядком включения осциллографа в работу и управления им, с техникой зарядки кассеты.
2. Запустить двигатель, а затем включить измерительную аппаратуру. После прогрева двигателя и аппаратуры установить заданный режим работы, измерить частоту вращения коленчатого вала, нагрузку двигателя по показаниям весового механизма, расход топлива и снять осциллограмму. Далее следует произвести вычисления основных показателей работы двигателя. Результаты заносятся в табл.8.1.
3. Снять осциллограмму. Обработка индикаторной диаграммы проводится при выполнении соответствующей практической работы.

Результаты измерений при проведении испытаний двигателя

№	Частота вращения коленчатого вала n , об/мин	Показания весов тормоза P, H	Эффективная мощность N_e , кВт	Расход топлива				Частота сигналов времени f , Гц
				Доза топлива G_0 , г	Время расхода дозы топлива t , с	Часовой расход топлива G_T , кг/ч	Удельный эффективный расход топлива g_e , г/кВт·ч	

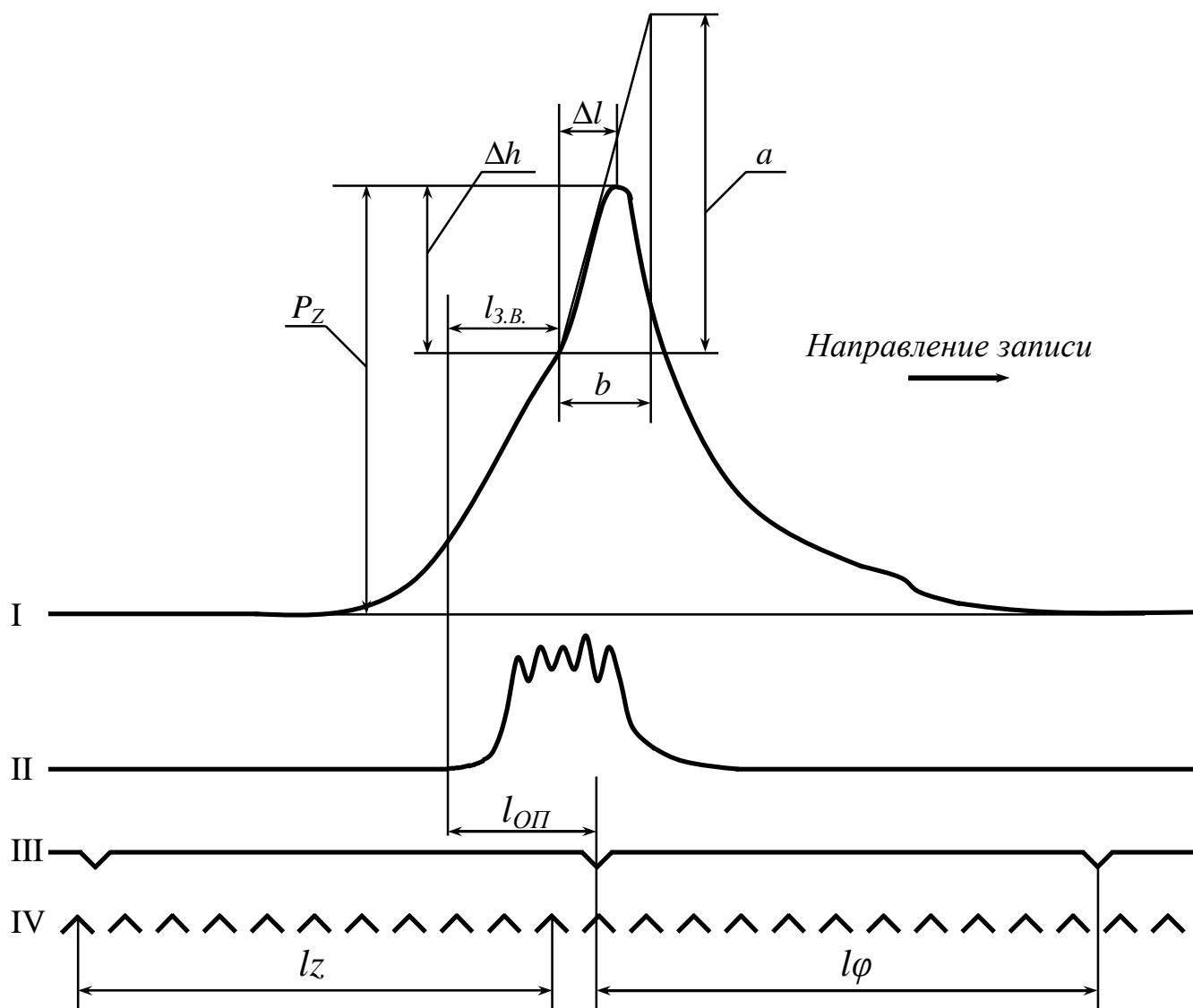


Рис.8.3. Образец осциллограммы

Содержание отчета:

1. Дать краткое описание работы.
2. Привести схему измерительной аппаратуры для снятия осциллограммы.
3. Произвести вычисления и занести результаты в табл.8.1.
4. Копия осциллограммы, содержащая следующие кривые: I – давление в цилиндре двигателя; II – движение иглы форсунки; III – отметки верхней мертвой точки; IV – отметки времени (рис.8.3).

Литература

1. Газоанализатор ГИАМ-29. Паспорт № 692. ИБЯЛ.413311.018 ПС.
2. ГОСТ 14846-81 “Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний”.
3. ГОСТ 18509-88 “Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний”.
4. ГОСТ 17.2.2.02-98 “Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин”.
5. Дымомер переносной “СМОГ-1”. Паспорт № 234. ИБЯЛ.413314.001 – 01 ПС.
6. Кочуров А.А. Методика определения механических потерь в форсированном наддувом дизеле по нагрузочным характеристикам. – / “Двигателестроение”, № 9, 1988 г., с. 53.
7. Кухаренок Г.М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования. – Минск: БГПА, 1999 г.
8. Основы научных исследований. Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. – М.: Высшая школа. 1989 г.
8. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания. – М.: Высшая школа. 1975 г.

Содержание

Введение	3
Основные правила техники безопасности	3
Правила выполнения лабораторных работ	4
Лабораторная работа № 1. Изготовление и тарировка термопары	5
Лабораторная работа № 2. Определение мощности механических потерь в двигателе методом выключения цилиндров.....	10
Лабораторная работа № 3. Определение мощности механических потерь в двигателе методом прокрутки	14
Лабораторная работа № 4. Определение мощности механических потерь в двигателе по нагрузочным характеристикам	16
Лабораторная работа № 5. Тарировка датчиков индикаторов давления	18
Лабораторная работа № 6. Определение состава отработавших газов	21
Лабораторная работа № 7. Определение дымности отработавших газов дизельного двигателя	24
Лабораторная работа № 8. Индицирование двигателя	28
Литература.....	32

Учебное издание

ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальности I 37.01.01 –
«Двигатели внутреннего сгорания»

Составители КУХАРЕНОК Георгий Михайлович,
ЖУКОВЕЦ Василий Николаевич

Редактор Г.В. Ширкина. Корректор М.П. Антонова
Компьютерная верстка Л.В. Екуйа

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж . Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ № 155 от 30.01.98. 220027, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.