

12. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

12.1. Цель работы

Цель настоящей работы заключается в освоении теории и практики исследования мощности дизельного двигателя и часового расхода топлива бестормозным методом профессора Н.С. Ждановского, приобретение навыков определения эффективной мощности прибором ИМД-Ц и освоение оценки износного состояния цилиндро-поршневой группы.

Время выполнения работы 4 часа.

12.2. Задание

1. Изучить методические указания к работе.
2. Ознакомиться с приборами и оборудованием рабочего места.
3. Исследовать изменение мощности по отдельным цилиндрам двигателя методом Н.С. Ждановского.
4. Определить эффективную мощность двигателя бестормозным методом Н.С. Ждановского.
5. Определить часовой расход топлива по результатам бестормозных испытаний.
6. Определить мощность двигателя прибором ИМД-Ц.
7. Измерить количество газов, прорывающихся в картер, и оценить износное состояние цилиндро-поршневой группы.
8. Составить отчёт по прилагаемой форме и ответить на контрольные вопросы.

12.3. Приборы и оборудование рабочего места

Трактор ДТ-75М, электронный измеритель мощности дизеля ИМД-Ц, тахометр, приспособление для поочередного отключения цилиндров дизеля, секундомер, прибор КИ-13672 ГОСНИТИ для замера расхода газов, гаечные ключи, приборы для измерения температуры воды и температуры масла, наружный термометр, мерное устройство для учётов расхода топлива.

12.4. Правила техники безопасности

Запускать двигатель без разрешения преподавателя запрещается. Перед запуском убедиться в том, что уровни масла в картере и воды в радиаторе соответствуют норме, а рычаг коробки перемены передач находится в нейтральном положении.

Принять меры для того, чтобы возможные течи масла и топлива не загрязняли лабораторию, а брызги топлива не попадали в лицо и на одежду. Заправить одежду и закрепить волосы от свисания, соблюдать осторожность при замере тахометром частоты вращения вала отбора мощности.

12.5. Порядок выполнения работы

Прочитать методические указания до конца, уяснить порядок выполнения отдельных этапов работы и заготовить протокол испытаний по прилагаемой форме отчёта. Распределить обязанности.

Ознакомиться с приборами и оборудованием рабочего места. Уяснить, как переключается тахометр на нужный диапазон измерения скоростного режима двигателя. В случае использования тахометра с часовым механизмом уяснить, какой кнопкой осуществляется пуск часового механизма и включение тахометра для измерений.

ВО ИЗБЕЖАНИЕ ПОЛОМКИ ТАХОМЕТРА НЕ ДОПУСКАЕТСЯ НАЖАТИЕ КНОПОК УПРАВЛЕНИЯ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ ЧАСОВОГО МЕХАНИЗМА!

12.5.1. Исследование изменения мощности по отдельным цилиндрам двигателя методом Н.С. Ждановского

Бестормозный метод Н.С. Ждановского позволяет проверить мощность и расход топлива каждого цилиндра в отдельности путем использования в качестве нагрузки механических потерь самого двигателя при отключении всех цилиндров кроме одного. Мощность и расход топлива при работе двигателя на всех цилиндрах определяется расчётным путём с учётом потерь мощности и расхода топлива каждым цилиндром.

Бестормозные испытания двигателей проводят при нормальном тепловом режиме и при температуре окружающего воздуха не ниже $+10^{\circ}\text{C}$.

Двигатель должен быть прогрет до температуры воды $85\dots95^{\circ}\text{C}$ и температуры масла $75\dots85^{\circ}\text{C}$. Потери на трение во всех двигателях одной марки принято считать примерно одинаковыми, поэтому новые или вышедшие из ремонта, не обкатанные двигатели подвергать бестормозным испытаниям не рекомендуется. Объясняется это тем, что при испытаниях не обкатанных двигателей потери на трение в цилиндрах значительно превосходят их нормальные значения. По этой причине ошибки метода могут быть гораздо более $5\dots6\%$, как это имеет место при испытаниях обкатанных двигателей. По тем же причинам не подвергают испытаниям непрогретые двигатели.

Для того, чтобы определить изменения мощностных показателей по каждому цилиндру в отдельности, необходимо определить частоту вращения коленчатого вала при работе двигателя на одном испытуемом цилиндре и сравнить её с номинальными значениями по таблице 19. Для этого необходимо:

- а). Запустить двигатель и прогреть его;
- б). Включить независимый вал отбора мощности (ВОМ);
- в). При полной подаче топлива отключить все цилиндры кроме первого;
- г). В течение $1\dots2$ минут дать поработать двигателю на одном цилиндре, после чего замерить число оборотов вала отбора мощности;
- д). Определить потери мощности ΔN в испытуемом цилиндре по формуле:

$$\Delta N_k = \frac{5,5(n_H - n_k)}{100}, \% \quad (2)$$

где n_H – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя при работе на одном цилиндре, мин^{-1} (см.табл.19);

n_k – частота вращения коленчатого вала, измеренная при работе двигателя на одном цилиндре, мин^{-1} ;

5,5 – средний процент изменения мощности одного цилиндра при изменении частоты вращения коленчатого вала на 100 мин^{-1} .

Частота вращения коленчатого вала определяется по формуле:

$$n_k = n_k^{\text{ВОМ}} \cdot i \quad (3)$$

где i – передаточное отношение привода от двигателя к валу отбора мощности (см. табл.19);

$n_k^{\text{ВОМ}}$ – частота вращения ВОМ при работе двигателя на одном цилиндре, мин^{-1} .

В том случае, когда результат формулы 2 оказывается с отрицательным знаком, мы имеем дело с цилиндром, имеющим повышенную против номинальной мощность. Происходит это при увеличенной подаче топлива секцией топливного насоса.

Одновременно с определением потерь мощности в испытуемом цилиндре с помощью мерного бачка измеряют расход топлива при работе двигателя на одном цилиндре. Опыт производят в течение 2...3 минут, питая двигатель не из топливного бака, а из мерного бачка. Цена деления шкалы мерного бачка составляет 10 см^3 .

Затем рассчитывают часовой расход топлива при работе двигателя на одном цилиндре по формуле:

$$G_{yk} = 3,6 \frac{V_{yk}}{t} \rho, \text{ кг/ч.} \quad (4)$$

где V_{yk} – объем израсходованного топлива одним цилиндром за опыт, см^3 ;

t – время опыта, с;

ρ – плотность топлива, определенная денсиметром, г/см^3 ($\rho=0,82\dots0,86$).

Поскольку один цилиндр работает в другом скоростном режиме, то необходимо привести часовой расход топлива к номинальной частоте вращения коленчатого вала по выражению:

$$G_{нк} = G_{цк} + m(n_n - n_k) + M, \quad (5)$$

где $G_{нк}$ – часовой расход топлива одним цилиндром, приведённый к номинальной частоте вращения коленчатого вала, кг/ч;

m – коэффициент пропорциональности, равный 0,0014 для двигателей СМД-14, Д-40М, /Л/, Д-48/Л/ и 0,0015 для других двигателей;

M – разница между расходом топлива цилиндром при номинальной частоте вращения и расходом топлива тем же цилиндром при испытании бестормозным методом, кг/ч.

Величина M для двигателей СМД-14А, А-41 равна 0,45 кг/ч, Д-40М, Д-40Л – 0,48 кг/ч, Д-48Л – 0,3 кг/ч.

Таким же путём производят определение потерь мощности и расхода топлива для всех остальных цилиндров двигателя, отключая последовательно три цилиндра из четырёх и оставляя в работе второй, третий, четвёртый. Если двигатель на одном цилиндре не работает (глохнет), то его мощность составляет менее 85% от номинальной, что недопустимо.

12.5.2. Определение эффективной мощности двигателя бестормозным методом Н.С. Ждановского

Эффективную мощность N_e двигателя определяют расчётом по результатам проведенных испытаний, используя формулу:

$$N_e = N_{ен} + C - K(n_n - n_{ср}), \text{ л.с.} \quad (6)$$

где $N_{ен}$ – номинальная, эффективная мощность двигателя, л.с. (см.табл.19);

C – потери мощности на привод вала отбора мощности, л.с. (см.табл.19);

K – коэффициент пропорциональности (см.табл.19);

n_{cp} – средняя частота вращения коленчатого вала при работе двигателя на одном цилиндре, мин⁻¹.

Средняя частота вращения коленчатого вала при работе на отдельных цилиндрах определяется как:

$$n_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^Z n_k}{Z}, \quad (7)$$

где Z – количество цилиндров испытуемого двигателя.

Уменьшение мощности от номинального значения допускается до 5%, а увеличение до 7%.

12.5.3. Определение часового расхода топлива по результатам бестормозных испытаний

Часовой расход топлива при бестормозных испытаниях двигателя определяется по выражению:

$$G_{\text{ч}} = G_{\text{ц1}} + G_{\text{ц2}} + \dots + G_{\text{цk}} + \dots + G_{\text{цZ}}, \quad (8)$$

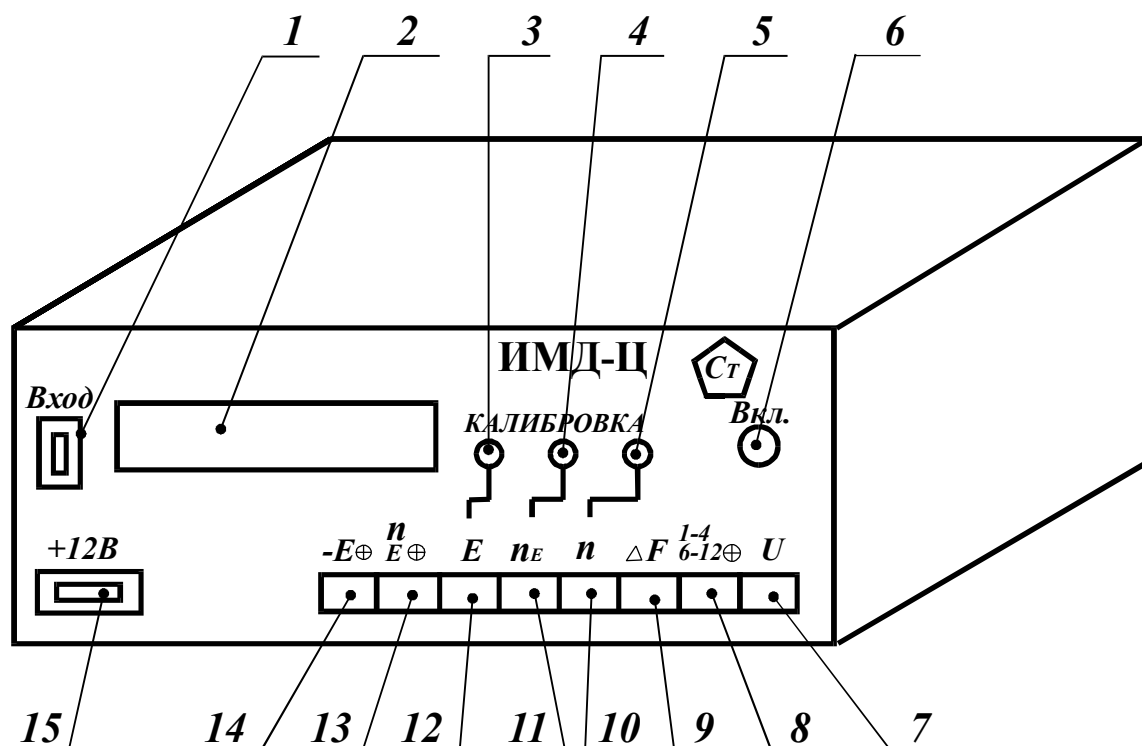
где $G_{\text{ц1}}$ – расход топлива при работе двигателя на 1-ом цилиндре, кг/ч;

Z - число цилиндров.

12.5.4. Определение мощности двигателя прибором ИМД-Ц

Измеритель мощности двигателей ИМД-Ц (рис.93) входит в комплект диагностических приборов передвижного агрегата технического обслуживания АТО-4822 и питается от аккумулятора трактора. Определение мощности этим прибором производится с погрешностью 3% путём измерения ускорения коленчатого вала при разгоне двигателя. Ускорение коленчатого вала при разгоне двигателя пропорционально мощности, поэтому, зная ускорение, можно вычислить мощность.

Органы управления прибора ИМД-Ц



1 – разъем «Вход»; 2 – индикаторное табло (дисплей); 3 – ручка установки калибровочного значения по ускорению “Калибровка ускорения”; 4 – ручка настройки устройства на частоту вращения, при которой измеряется ускорение “Калибровка уровня фиксации”; 5 – ручка установки калибровочного значения по частоте вращения “Калибровка по частоте вращения”; 6 – ручка включения устройства “ВКЛ”; 7 – клавиша “Измерение напряжения”; 8 – клавиша “Число цилиндров 1-4 6-12”; 9 – клавиша “Измерение скорости изменения частоты” 10 – клавиша “Калибровка частоты вращения”; 11 – клавиша “Калибровка уровня фиксации”; 12 – клавиша “Калибровка ускорения”; 13 – клавиша “Измерение частоты вращения-ускорения”; 14 – клавиша “Измерение отрицательного ускорения”; 15 – разъем питания “+12В”.

Рис.93

Для облегчения работы при использовании прибора мощность определяют по номограмме (рис.94) как функцию ускорения.

Ускорение замеряют с трёхкратной повторностью. Среднее значение ускорения откладывают на оси (рис.94) с учётом температурной поправки, которую определяют по корректировочному графику (рис.95).

Порядок измерения ускорения следующий:

а). Подключить ИМД-Ц к источнику постоянного тока напряжением 12 В (к розетке трактора);

б). Подключить к прибору провод датчика, закреплённого на ВОМ или завёрнутого в кожух маховика двигателя, включить прибор ручкой «ВКЛ»;

в). Установить на шкале прибора калибровочные значения частоты вращения; ускорения разгона коленчатого вала и частоты вращения, при которой измеряется ускорение; выключить прибор. (Для двигателя А-41 калибровочное значение частоты вращения 1802 мин.^{-1} , калибровочное значение ускорения разгона коленчатого вала $327,2 \text{ с}^{-2}$, калибровочное значение частоты вращения коленчатого вала, при которой измеряется ускорение, 1650 мин^{-1});

г) Запустить двигатель;

д) Включить прибор ИМД-Ц, при этом на шкале индикации можно прочитать частоту вращения коленчатого вала;

е) Нажать клавишу «13»;

ж) Трижды резко увеличить частоту вращения коленчатого вала от минимального до максимального её значения. В момент достижения максимальной частоты вращения коленчатого вала записать значение ускорения по шкале индикации;

з) Определить среднее значение ускорения за три опыта;

и) Добавить к среднему значению ускорения температурную поправку (см.рис.95);

к) По полученному значению ускорения определить мощность дизеля, пользуясь номограммой (см. рис.94).

В случае значительного отклонения эффективной мощности от её номинального значения (более 5...7%) проверить неравномерность работы цилиндров, для чего определить прибором ИМД-Ц условную индикаторную мощность каждого цилиндра по разнице ускорения при работе на всех цилиндрах и ускорения при работе с отключённым цилиндром.

Номограмма перевода ускорения в мощность

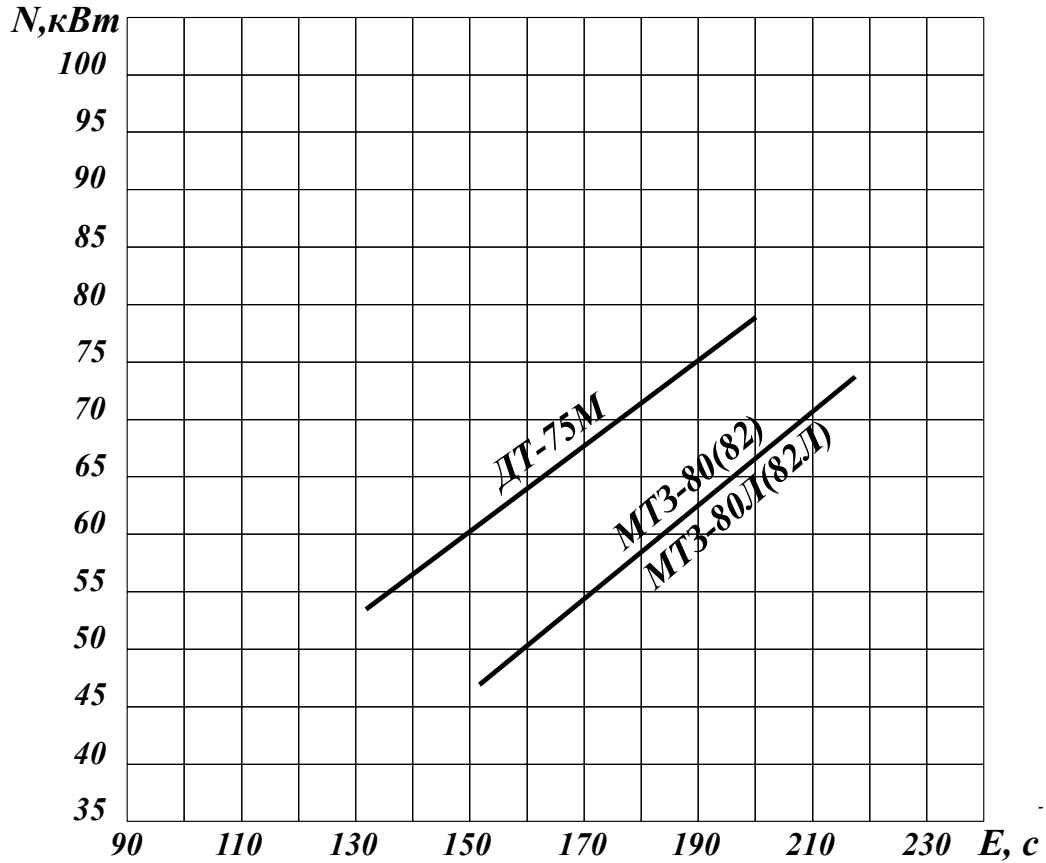


Рис.94

График корректировки ускорений разгона по температуре двигателя

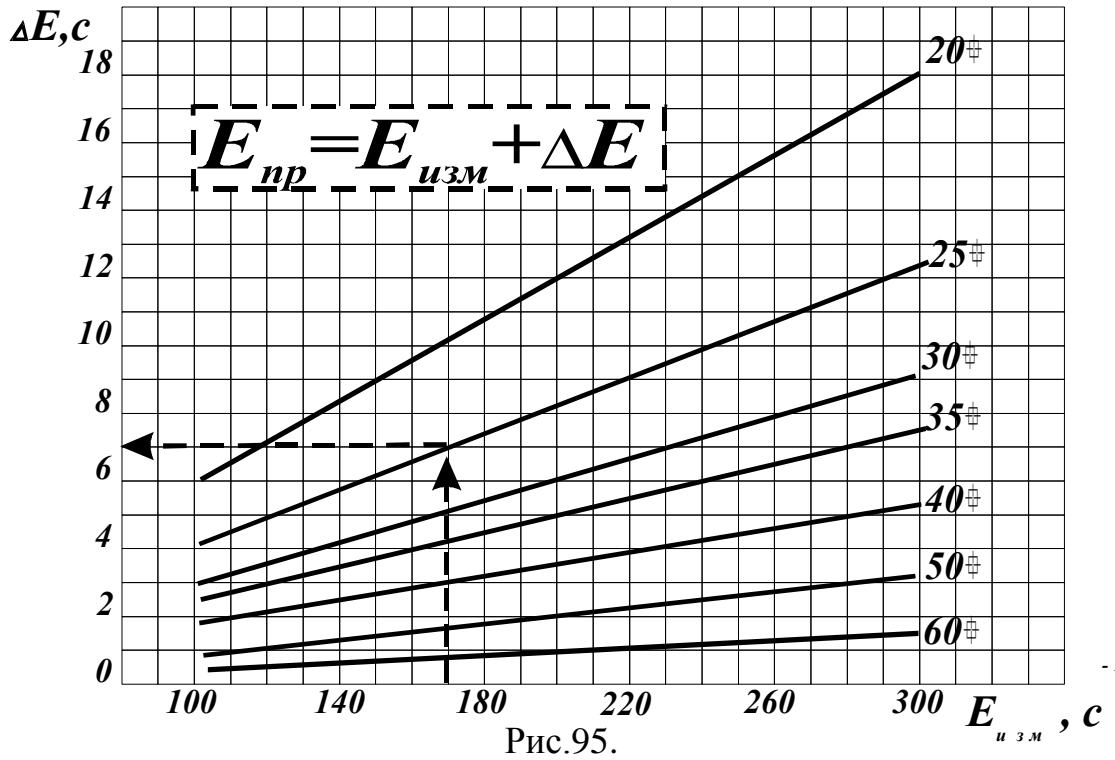


Рис.95.

Выбрать из полученных значений E_{\max} и E_{\min} и по графику (рис.96) оценить равномерность работы цилиндров. Если точка с координатами E_{\max} и E_{\min} располагается в заштрихованной зоне графика, равномерность работы считается допустимой. В противном случае следует выявить и устранить неисправности.

График оценки равномерности работы цилиндров

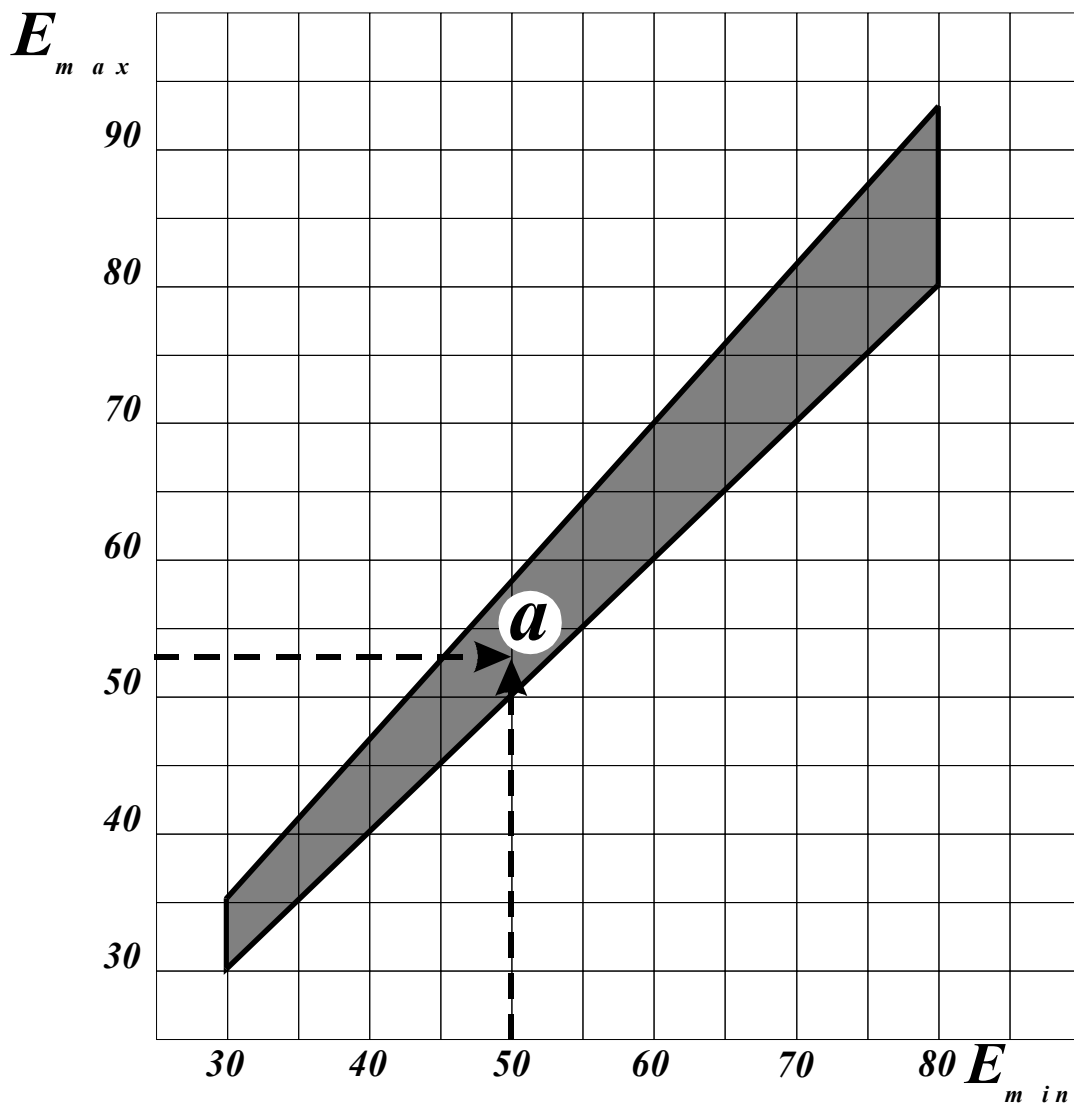


Рис.96

12.5.5. Определение количества газов, прорывающихся в картер двигателя

Количество газов, прорывающихся в картер двигателя зависит от степени изношенности цилиндра-поршневой группы и замеряется либо газовым счётчиком, либо переносными приборами (КИ-4887 или КИ-13671). Прибор КИ-4887 снабжён устройством, способным отсасывать газы и направлять их через измерительное дроссельное устройство. При этом в картере двигателя поддерживается давление, равное атмосферному, что полностью исключает утечки газов через неплотности картера и повышает точность измерений.

Прибор КИ-13671 отсасывающего устройства не имеет, поэтому он проще по устройству, но менее точен. Принцип действия прибора КИ-13671 основан на использовании зависимости количества газов, проходящих через дроссельный расходомер, от площади проходного сечения дросселирующего отверстия. Расход газов пропорционален перепаду давлений в дросселирующем устройстве и площади дросселирующего отверстия.

При заданном перепаде давления в дросселирующем устройстве расход газа будет зависеть от площади дросселирующего отверстия, являющейся в данном случае мерой расхода. Шкала прибора тарируется при перепаде давления в 15 мм водяного столба. Это значит, что при всех проверках необходимо установить этот перепад путём изменения площади дросселирующего отверстия. Тогда по шкале расхода можно определить количество газов, проходящих через прибор. Необходимый перепад давления устанавливается с помощью поршенька, находящегося в прозрачной трубке, и контролируют его по среднему положению поршенька, отмеченному проточкой на трубке.

Для измерения количества газов, прорывающихся в картер двигателя, необходимо:

- а) Прогреть двигатель до температуры воды и масла 65...90°С;
- б) Загерметизировать отверстие под сапун и под маслоизмерительный стержень;

в) Входной патрубок прибора при помощи конической резиновой или пластмассовой пробки соединить с маслосливным патрубком двигателя;

г) Полностью открыть дросселирующее отверстие поворотом градуированной втулки против часовой стрелки;

д) Запустить двигатель, включить вал отбора мощности и установить частоту вращения коленчатого вала, равной 1750 мин.^{-1} (контролируется тахометром по частоте вращения вала отбора мощности, которая должна быть равной 550 мин.^{-1});

е) Удерживая прибор в вертикальном положении поворотом градуированной втулки установить среднее положение поршенька в прозрачной трубке;

ж) По шкале прибора определить расход газа в л/мин. и сравнить со значением 80...90 л/мин. (см. табл.19). В случае, если количество газов, прорывающихся в картер, больше 90 л/мин, двигатель подлежит ремонту. Шкала прибора нанесена без учёта конструктивных параметров разных двигателей, поэтому при изменении расхода газов, прорывающихся в картер двигателя А-41, показание прибора следует разделить на поправочный коэффициент, равный 1,36 [27,28].

Таблица 19

Эксплуатационные показатели двигателей

Показатели	Марка двигателя	
	СМД-14	А-41
Номинальная мощность, л.с.	75	90
Частота вращения коленчатого вала, мин.^{-1}	1700	1750
Частота вращения вала отбора мощности при номинальной частоте вращения коленчатого вала мин.^{-1}	536	550
Передаточное число от двигателя к валу отбора мощности	3,17	3,18
Частота вращения коленчатого вала при работе на одном цилиндре, мин.^{-1}	1450	1500
Часовой расход топлива номинальный, кг/ч	15	18
Часовой расход топлива при работе на одном цилиндре, кг/ч	3,65	4,2
Коэффициент пропорциональности (К)	0,042	0,050
Потери мощности на привод ВОМ, л.с.	4,5	4,5
Количество газов, прорывающихся в картер, л/мин (не более)	90	80

По результатам испытаний делают отчёт и выводы о техническом состоянии двигателя с установлением перечня необходимых мероприятий по восстановлению его эксплуатационных показателей.

ОТЧЁТ

по результатам проверки двигателя в полевых условиях бестормозным методом

1. Протокол бестормозной проверки двигателя марки _____
трактора _____ удельный вес топлива _____ г/см³

Режим работы и номера работающих цилиндров	Показатели						
	Температура	Частота вращения по тахометру, мин. ⁻¹	Расход топлива за опыт, см ³	Время опыта, сек.	Частота вращения, мин. ⁻¹	Изменение мощности, %	Часовой расход топлива, кг/час
Холостой ход при работе на всех цилиндрах при полной подаче топлива							
Работа на 1 цилиндре							
Работа на 2 цилиндре							
Работа на 3 цилиндре							
Работа на 4 цилиндре							

2. Результаты бестормозных испытаний:

а) мощность двигателя _____

б) часовой расход топлива _____

3. Мощность двигателя, измеренная прибором ИМД-Ц _____

4. Количество газов, прорывающихся в картер, л/мин _____

5. Заключение о состоянии двигателя _____

Исполнители _____

(Ф.И.О. студента)

Отчёт принял _____ (подпись) число _____

Контрольные вопросы

1. В чём заключается принцип проверки мощности двигателя бестормозным методом?
2. Какова последовательность выполнения операций при определении мощности двигателя?
3. Какое заключение о техническом состоянии двигателя необходимо сделать, если на одном цилиндре двигатель не работает (глохнет)?
4. Какую эффективную мощность развивает двигатель при максимальных оборотах холостого хода?
5. Каковы причины снижения мощности двигателя?
6. Почему не рекомендуется эксплуатировать двигатель, если мощность отклоняется более чем на 7%?
7. Почему при испытании двигателя бестормозным методом требуется выдерживать нормальный тепловой режим двигателя?
8. На каком принципе основано измерение количества газов, прорывающихся в картер, с помощью приборов КИ-4887 и КИ-13671?
9. Как определить неисправность в цилиндрах с помощью прибора КИ-13671, связанную с повышенным расходом газов через картер?