МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

РОССИЙСКО ФЕДЕРАЦИИ

ФГОУ ВПО Орел ГАУ

## ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНИКИ И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Кафедра «ЭМТП и тракторы»

### Расчетно-графическая работа

по дисциплине "Тракторы и автомобили"

на тему: "Расчет показателей двигателя ЯМЗ-240Б"

Выполнил: Лосев С.Г

Группа Т-363-6

Проверил: Шуруев А.В.

Орел 2008

Содержание

Задание

1. Тепловой расчет двигателя

2. Расчет и построение регуляторной характеристики

3. Кинематика КШМ

4. Динамика КШМ

1 Тепловой расчет двигателя

1.2 Параметры рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:



где С, Н, О – массовая доля элементов в 1 кг топлива;

С=0,857; Н=0,133; О=0,01

 кг

или

кмоль

Количество свежего заряда:



где  - коэффициент избытка воздуха, принимаем =1,6;

 кмоль

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания:

















Общее количество продуктов сгорания:



 кмоль

1.3. Процесс впуска

Давление на впуске можно принять равным атмосферному:



Для двигателей без наддува температуру можно принять равной атмосферной:



Плотность заряда на впуске:



где - удельная газовая постоянная Дж/(кг град).



Давление в конце впуска:



где  - потери давления на впуске.

 МПа

 МПа

Коэффициент остаточных газов:



где 20…40о – подогрев свежего заряда на впуске, принимаем 100;

 - степень сжатия, =14;



Температура в конце впуска:



 К

Коэффициент наполнения цилиндра свежим зарядом:





1.4 Процесс сжатия

С учетом характерных значений показателя политропы сжатия для заданных параметров двигателя принимаем .

Давления в конце сжатия:



 МПа

Температура в конце сжатия:



 К

Средняя молярная теплоемкость заряда (воздуха) в конце сжатия:



 кДж/кмоль

Число молей остаточных газов:



 кмоль

Число молей газов в конце сжатия до сгорания:



 кмоль

# 1.5. Процесс сгорания

Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания в дизеле:



 кДж/кмоль

Число молей газов после сгорания:



 кмоль

Расчетный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси:





Принимаем коэффициент использования теплоты . Тогда количество теплоты, передаваемой газом при сгорания 1 кг топлива:



где  - низшая теплота сгорания топлива, =42500 кДж/кг

 кДж/кг

В дизеле с наддувом для ограничения максимального давления сгорания принимаем меньшее значение степени повышения давления, чем в дизеле без наддува: .

Температуру в конце сгорания определяем из уравнения сгорания:





Решаем уравнение относительно ТZ и находим ТZ=7663,28 К.

Давление в конце сгорания:



 МПа





Степень предварительного расширения:





Степень последующего расширения:



# 1.6. Процесс расширения

Показатель политропы расширения:





Давление в конце расширения:

 МПа

Температура в конце расширения:

 К

Проверим правильность ранее принятой температуры остаточных газов:



 К

 %

Допустимое значение 0,08%. Расчет выполнен верно, так как погрешность находится в допустимых значениях.

Таблица 1-результаты теплового расчета двигателя.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Давление газов, МПа | | | | | | Температура газов, К | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,1 | 0,115 | 0,091 | 4,43 | 8,886 | 0,29 | 293 | 836 | 323 | 870,0 | 1855 | 1160 |

1.7. Расчет индикаторных показателей

Определение величины отрезка, соответствующего рабочему объему цилиндра:



 мм

Определение величины отрезка, соответствующего объему камеры сгорания:



 мм

Определение величины отрезка, соответствующую степень предварительного расширения:



 мм

Построение линии сжатия:



МПа

МПа

Построение линии расширения:







Среднее индикаторное давление цикла для не скругленной индикаторной диаграммы:



 МПа

Действительное индикаторное давление:



где =0,92…0,95 - коэффициент полноты индикаторной диаграммы, принимаем =0,93;

 МПа

Рабочий объем одного цилиндра:



 л

Индикаторная мощность:



 кВт

Индикаторный КПД:



где  - теоретически необходимое количество воздуха,  кг

 - низшая теплота сгорания, МДж/кг;

 - коэффициент избытка воздуха, ;

 - плотность заряда на впуске, кг/м3;

 - коэффициент наполнения.





 кг/м3

Индикаторный удельный расход топлива:



 г/кВт час

# 1.8. Расчет эффективных показателей

Средняя скорость поршня:



где S – ход поршня, мм;

n – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

 м/с

Среднее давление механических потерь:



 МПа

Среднее эффективное давление:



МПа

Механический КПД:





Эффективный КПД:





Удельный эффективный расход топлива:



 г/кВт час

Эффективная мощность:



 кВт

Эффективный крутящий момент:



 Н м

Часовой расход топлива:



 кг/час

Определение литража двигателя:



 л

Рабочий объем одного цилиндра:



л

Таблица 2 - Результаты расчета индикаторных и эффективных показателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Давление, МПа | | | Мощность, кВт | | К.П.Д. | | | Удельный расход топлива, г/кВт ч | | Крутящий момент, Нм | Часовой расход топлива, кг/ч |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,76 | 0,55 | 0,55 | 467 | 653,8 | 0,433 | 0,846 | 0,366 | 196,9 | 235,4 | 3118 | 153,4 |

1.9. Построение индикаторной диаграммы

Выбор масштаба и расположение характерных точек на диаграмме:

Диаграмма строится на миллиметровой бумаги в координатах Р – V с использованием результатов теплового расчета. Масштаб рекомендуется выбирать таким образом , чтобы величина высоты диаграммы составляла 1,25…1,75 ее основания.

Определяют величину отрезка АВ, соответствующего рабочему объему цилиндра – Vh, а по величине равному ходу поршня – S в масштабе МS:



принимаем МS=1,5 : 1

мм

Величину отрезка ОА, соответствующую объему камеры сгорания VC определяем по формуле:



где  - степень сжатия, 

 мм

Величина отрезка , характеризуется степенью предварительного расширения  и определяется по формуле:



где  - степень предварительного расширения, 

 мм

На оси абсцисс откладываем в принятом масштабе полученные отрезки соответствующие им объемы.

По данным теплового расчета откладываем величины ,.

Через точки  и ,  и  проводим прямые параллельные оси абсцисс. Точки a и c соединяем политропой сжатия, а точки z и b политропой расширения. Построение линии сжатия и линии расширения

Промежуточные точки кривых сжатия и расширения определяем из условия, что каждому значению Vx на оси абсцисс соответствует следующие значения:

 - для политропы сжатия;

 - для политропы расширения.

где ,  - мгновенные значения давления и объема

n1, n2 – показатели политропы сжатия и расширения

С учетом реальных процессов, происходящих в двигателе, расчетную диаграмму округляем. Места скругления определяем по формуле:



где  - угол поворота коленчатого вала, в характерных точках;

 - отношение радиуса кривошипа к шатуну, принимаем =0,272.

Полученные данные заносим в таблицу 3.

Таблица 3- положение коленчатого вала в характерных точках

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение точек | Положение точек, град. п.к.в. |  | Расстояние точек от ВМТ (АХ), мм |
|  | 17 до ВМТ | 17 | 4 |
|  | 22 после ВМТ | 22 | 7 |
|  | 55 после НМТ | 125 | 140 |
|  | 35 до ВМТ | 35 | 16 |
|  | 14 до ВМТ | 14 | 151 |
|  | 45 до НМТ | 135 | 1174 |

Положение точки определяется из выражения:

МПа

Нарастания давления от точки  до точки z составит

8,83-4,43=4,456МПа или 4,456/10=0,456МПа/град.

1.10. Тепловой баланс двигателя

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливам:



Дж/с

Теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 с:

 Дж/с

Теплота передаваемая окружающей среде:



где С – коэффициент пропорциональности (С=0,45…0,53), принимаем С=0,53;

i – число цилиндров;

D – диаметр цилиндра, см;

n – частота вращения коленчатого вала, об/мин;

m – показатель степени (m=0,6…0,7), принимаем m=0,65.

 Дж/с

Теплота, унесенная с отработавшими газами:



где  - теплоемкость отработавших газов, =27,786 кДж/кмоль;

 - теплоемкость свежего заряда, =21,612 кДж/кмоль;

tГ – температура отработавших газов, tГ=5770С;

t0 – температура окружающей среды, t0=200 С

М1 – количество свежего заряда, кмоль; 0,52

М2 – количество продуктов сгорания, кмоль. 0,769

 Дж/с

Неучтенные потери теплоты:

 Дж/с

Составляющие теплового баланса представлены в таблице 4.

Таблица 4- Тепловой баланс двигателя

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Составляющие теплового баланса | Q, Дж/с | q, % |
| Эквивалентная эффективной работе | 1810972 | 39 |
| Передаваемая охлаждающей среде | 106253 | 21 |
| Унесенная с отработавшими газами | 653000 | 37 |
| Неучтенные потери | 42000 | 3 |
| Общее количество теплоты | 989719 | 100 |



2. Расчет и построение регуляторной характеристики двигателя

На регуляторной характеристике наносится ряд кривых, показывающих, как меняются основные показатели двигателя: эффективная мощность Nе, крутящий момент Ме, число оборотов коленчатого вала n, удельный gе и часовой GТ расход топлива – в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы.

На оси абсцисс откладывают значения частоты вращения коленчатого вала:

nн – номинальная частота вращения коленчатого вала, nн=2200 об/мин;

nхх – максимальная частота вращения холостого хода, она зависит от степени неравномерности работы регулятора  и определяется по формуле:



где  - для дизельных двигателей, принимаем ;

об/мин

Текущее значение Ne на характеристики определяется по формуле:



где nxi – текущее значение частоты вращения;

Nexi – соответствующее ей эффективная мощность;

при 2000 оборотов кВт

Аналогично рассчитываем при других текущих значении частоты вращения коленчатого вала. Полученные значения заносим в таблицу 5.

Текущее значения Ме на характеристики определяется по формуле:



где Nexi и nxi – текущее значения эффективной мощности и частоты вращения.

при 1900 оборотов , Н м

Аналогично рассчитываем при других текущих значении частоты вращения коленчатого вала. Полученные значения заносим в таблицу 5.

Текущее значение qe на характеристики определяется по формуле:



где gен – удельный расход топлива при nн;

nxi, gexi – текущее значения частоты вращения и эффективного расхода топлива;

при 2000 об/мин г/кВт час

Аналогично рассчитываем при других текущих значении частоты вращения коленчатого вала. Полученные значения заносим в таблицу 5.

Текущее значение GT на характеристики определяется по формуле:



при 2000 об/мин кг/час

Аналогично рассчитываем при других текущих значении частоты вращения коленчатого вала. Полученные значения заносим в таблицу 5.

Часовой расход топлива Gт на регуляторной характеристики растет по прямой от минимального значения Gт.х. соответствующего работе двигателя на режиме холостого хода (nхх) до минимального Gт.н. при nн. Часовой расход топлива определяется по формуле:



 кг/час

Таблица 5 - Значения параметров регуляторной характеристики

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 700 | 724 | 232 | 23,4 | 173 |
| 1600 | 1382 | 537 | 41,6 | 223,2 |
| 1700 | 1246 | 611 | 42,23 | 243 |
| 1800 | 1584 | 638 | 53,9 | 226,3 |
| 1900 | 11864 | 688 | 66,25 | 230,6 |

По полученным данным строим регуляторную характеристику.

3. Кинематика КШМ

3.1 Перемещение поршня



где R – радиус кривошипа, R=70 мм;

 - отношение радиуса кривошипа к шатуну, =0,272;

 угол поворота кривошипа от 0 до 3600.

При =30о мм

3.2 Скорость поршня



где R – радиус кривошипа в метрах;

 - угловая скорость.



при =30о м/с

3.3 Ускорение поршня



где R – радиус кривошипа в метрах;

при =30о 

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 6.

Таблица 6- Результаты расчета кинематических параметров КШМ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Перемещение, мм | | | Скорость, м/с | | | Ускорение м/с2 | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2744,28 | 724,48 | 3468 |
| 30 | 5,36 | 0,13 | 66,8 | 13,86 | 0,91 | 8,55 | 2376,54 | 362,24 | 2738 |
| 60 | 35 | 0,69 | 41 | 6,96 | 1,59 | 13,64 | 1372,14 | -365,24 | 1020 |
| 90 | 70 | 6,8 | 92 | 12,05 | -1,83 | 12,08 | 2744,28 | -724,48 | 2041 |
| 120 | 105 | 0,69 | 105 | 13,9 | 1,583 | 10,4 | -2376,54 | -627,40 | 1749,5 |
| 150 | 9,38 | 0,43 | 126 | 12 | -0,91 | 11,08 | -2376,52 | 685,93 | -1690,6 |
| 180 | 14 | 0 | 140 | 13,2 | 0,91 | 8,55 | 2744,23 | 692,5 | 2014,3 |
| 210 | 126 | 0,69 | 137 | -6,96 | 1,584 | -5,34 | -2376,3 | 362,24 | -2875,5 |
| 240 | 105 | 0,63 | 204 | -12,05 | -1,58 | -10,41 | -1372,1 | -362,24 | -1734 |
| 270 | 70 | 0,78 | 78 | -13,86 | -0,62 | -13,23 | 0 | -680,29 | -680,8 |
| 300 | 350 | 0,69 | 37 | -12 | -1,58 | -13,58 | -1372,1 | -362,24 | 1009,0 |
| 330 | 9,38 | 0,23 | 126 | -6,93 | -1,58 | -8,51 | -2376,5 | -362,24 | 1749,2 |
| 360 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4. Динамика КШМ

Во время работы двигателя детали кривошипно-шатунного механизма подвергаются действию сил, которые представлены на рисунке 2.



#### Рисунок 2 Схема действующих сил в КШМ

Избыточное давление газов на поршень:



где  - текущее давление газов, определяется с индикаторной диаграммы.

 - атмосферное давление, МПа.

при =0о МПа

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Сила давления газов:



где D – диаметр цилиндра, м.

при =0о кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Центробежная сила инерции от вращающихся масс:



где R – радиус кривошипа, м;

mS – масса, совершающая вращательное движение, сосредоточена в точке А, (рис.2);



mК – масса коленчатого вала, mК=2,85 кг;

mШ – масса шатуна, mШ=2,37 кг.

кг

кН

Сила инерции от возвратно-поступательных масс:



где j – ускорение поршня(таблица 6);

mj – масса, совершающая возвратно-поступательное движение, сосредоточена в точке С (Рис 2)



mП – масса поршня, mП=1,9 кг.

кг

при =0окН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Суммарная сила, действующая на поршень:



при =0окН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Определяем нормальную силу:



где  - угол отклонение шатуна, ;

при =0о кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Определяем силу, направленную по оси шатуна:



при =0о кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Определяем радиальную силу, действующую в шатунной шейки:

кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Определяем радиальную силу, действующую в коренной шейки:

кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Определяем тангенциальную силу, направленную по касательной к окружности радиуса кривошипа:

кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Определяем результирующую силу, действующую в шатунной шейке коленчатого вала:

кН

Аналогично определяем остальные значения и заносим в таблицу 7.

Таблица 7- Результаты динамического расчета параметров

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | МПа | МПа | кН | кН | кН | кН | кН | кН | кН | кН | , кН |
| 0 | 0 | 0,11 | 0,01 | 2,201 | 11,01 | 21,45 | 6,37 | -10,9 | -63,82 | 11 | 112 | 25,85 |
| 30 | 7,82 | 0,11 | 0,01 | 2,201 | 27,65 | 29,85 | 10,5 | -6,8 | -61,10 | 105 | 167,76 | 21,7 |
| 60 | 13,62 | 0,11 | 0,01 | 2,201 | 42,16 | 43,36 | 0 | -0,9 | 0 | 0 | 105,6 | 16,1 |
| 90 | 15,78 | 0,11 | 0,01 | 2,201 | -63,87 | 61,66 | 105,3 | -2,23 | -71,1 | -105 | -177 | 16,2 |
| 120 | 13,62 | 0,11 | 0,01 | 2,201 | -15,29 | 13,08 | -18,2 | -0,25 | 40,9 | -70,9 | -146,11 | 19,4 |
| 150 | 7,82 | 0,11 | 0,01 | 0,689 | 31,93 | 32,61 | -0 | -0,23 | -71,59 | 0 | -34,74 | 21,1 |
| 180 | 0 | 1,186 | 0,013 | 0,689 | 17,808 | 18,78 | -40,1 | -6,42 | 40,96 | 52,1 | -146,69 | 21,37 |
| 210 | -7,82 | 0,92 | 0,37 | 0,689 | 50,38 | 51,06 | 105,2 | -9,2 | -61,08 | -120 | -16,54 | 24,4 |
| 240 | -13,62 | 0,10 | 0,6 | 0,689 | 60,44 | 61,12 | 0 | -8 | 0 | 0 | -105,1 | 24,4 |
| 270 | -15,78 | 1,07 | 0,97 | 0,247 | -63,87 | 64,02 | 125,6 | -3,2 | -61 | 93,1 | 0 | 21,5 |
| 300 | -13,62 | 1,98 | 1,83 | 0,247 | 89,04 | 89,68 | -40,5 | 5,5 | -40,9 | 80 | 44,8 | 24,8 |
| 330 | -7,82 | 10,24 | 3,17 | 0,247 | 24,148 | 24,38 | 0 | 17 | 115 | -41 | 64,03 | 13,5 |
| 360 | 0 | 5,78 | 7,72 | 0,247 | 87,16 | 87,4 | 55,8 | 62,3 | 19,3 | 71,7 | 231,17 | 47,35 |
| 390 | 7,82 | 3,1 | 2,1 | 0,198 | 12,45 | 42,64 | 61,8 | 9 | 54,6 | 70 | 125,82 | 9,2 |
| 420 | 13,62 | 1,18 | 0,93 | 0,198 | 89,04 | 89,23 | 0 | 1,64 | 0 | 80 | 51,59 | 14,4 |
| 450 | 15,78 | 0,66 | 0,26 | 0,198 | -63,87 | 64,06 | 105,2 | -1,4 | -21,52 | 78,4 | 105,09 | 17 |
| 480 | 13,62 | 0,52 | 0,07 | 0,198 | -15,291 | 15,48 | 37,02 | -4,5 | -69,88 | 72,9 | -84,61 | 20 |
| 510 | 7,82 | 0,4 | 0 | 0,106 | -24,14 | 24,03 | 0 | -5,9 | -55,4 | -24 | 36,39 | 21 |
| 540 | 0 | -0,39 | -0,17 | 0,106 | 48,92 | 49,02 | 40,94 | -4,7 | -14 | 28,2 | -50,94 | 19,65 |
| 570 | -7,82 | -0,39 | -0,17 | 0,106 | 31,93 | 32,03 | -15,3 | -4,4 | -144,86 | -120, | -91,04 | 19,4 |
| 600 | -13,62 | -0,39 | -0,17 | 0,106 | 31,94 | 32,04 | 0 | -2,8 | 0 | 0 | 22,8 | 18 |
| 630 | -15,78 | -0,39 | -0,17 | 0,011 | 63,87 | 63,98 | 61,59 | -0,21 | -12,26 | 24 | -151,67 | 15,2 |
| 660 | -13,62 | -0,39 | -0,17 | 0,011 | 89,04 | 89,15 | -55,7 | -1,4 | -26,46 | 17,9 | -118,3 | 17 |
| 690 | -7,82 | -0,39 | -0,17 | 0,011 | 24,14 | 24,25 | 153,1 | -8,2 | -102,4 | -78,5 | 208 | 24,2 |
| 720 | 0 | -0,39 | -0,17 | 0,011 | 30,58 | 30,69 | 0 | -12,6 | 93 | 0 | 202,31 | 27,55 |

По данному графику строим диаграммы сил, действующих в КШМ.

Список литературы

1. Ефимов М. А., Забелин В. Н. Методическое указание к выполнению курсовой работы по дисциплине « Тракторы и автомобили» для студентов специальности « Механизация сельскохозяйственного производства». Орел, 1988 г.
2. Ефимов М. А., Акимочкин А. В. «Курсовое проектирование по тракторам и автомобилям» Орел 2008.
3. Николаенко А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. М., Колос, 1992 г.