Содержание

Введение

1. Теловой расчет двигателя
2. Тепловой баланс двигателя
3. Расчет внешней скоростной характеристики двигателя
4. Кинематический расчет двигателя
5. Динамический расчет двигателя
6. Расчет корпуса двигателя

Заключение

Список литературы

Введение

В данном курсовом проекте приведен расчет четырехтактного рядного карбюраторного двигателя.

Прогресс в автомобильной промышленности, дальнейшее увеличение грузооборота автомобильного транспорта предусматривает не только количественный рост автопарка, но и качественный рост существующих автомобилей, в том числе и двигателей.

Современные тенденции в двигателестроении требуют от специалистов всех уровней, занятых в данной отрасли, глубоких знаний в проектировании и расчете двигателей внутреннего сгорания.

**1. Тепловой расчет двигателя**

Эффективная мощность карбюраторного двигателя Ne=47,1кВт при частоте n=5600об/мин. Двигатели четырехцилиндровые, i=4 с рядным расположением. Степень сжатия ε=8,5.

Для проведения теплового расчета выбираю следующие режимы:

1. Режим минимальной частоты вращения nmin=1000об/мин;
2. Режим максимального крутящего момента при nM=3200об/мин;
3. Режим максимальной (номинальной) мощности при nN=5600об/мин;
4. Режим максимальной скорости движения автомобиля при nmax=6000об/мин.

**Топливо.** В соответствии с заданными степенями сжатия можно использовать бензин марки Премиум-95.

Средний элементарный состав и молекулярная масса бензина

С=0,855;

Н=0,145;

mт=115 кг/кмоль.

Низшая теплота сгорания топлива

**Параметры рабочего тела.** Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:

Определяю значение коэффициента избытка воздуха. На основных режимах принимаю α=0,96; а на режиме минимальной частоты вращения α=0,86. Далее привожу численные расчеты только для режима максимальной мощности. Для остальных режимов окончательные значения привожу в табличной форме.

Количество горючей смеси:

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания при К=0,5 и принятых скоростных режимах:

Общее количество продуктов сгорания:

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Рабочее тело | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| N | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
| Α | 0,86 | 0,96 | 0,96 | 0,96 |
|  | 0,4525 | 0,5041 | 0,5041 | 0,5041 |
|  | 0,0512 | 0,0655 | 0,0655 | 0,0655 |
|  | 0,0200 | 0,0057 | 0,0057 | 0,0057 |
|  | 0,0625 | 0,0696 | 0,0696 | 0,0696 |
|  | 0,0100 | 0,0029 | 0,0029 | 0,0029 |
|  | 0,3512 | 0,3923 | 0,3923 | 0,3923 |
|  | 0,4952 | 0,5360 | 0,5360 | 0,5360 |

**Параметры окружающей среды и остаточные газы.** Давление и температура окружающей среды при работе двигателей без надува

По справочным данным определяю, что температура остаточных данных на номинальном режиме равна:

Давление остаточных газов на номинальном режиме равна:

Тогда величины давления на остальных режимах работы двигателя равны:

где

**Процесс впуска.** Температура подогрева свежего заряда. С целью получения заряда хорошего наполнения двигателя на номинальном скоростной режиме, принимается ΔТN=80С.

Определяем значение ΔТ для остальных режимов:

*,*

где

Плотность заряда на выпуске

Потери давления на впуске. В соответствии со скоростными режимами и при учете качественной обработки внутренних поверхностей впускных систем можно принять

Тогда на всех скоростных режимах двигателей рассчитывается по формуле:

*,*

где

Давление в конце впуска:

Коэффициент остаточных газов. При определении для карбюраторного двигателя без надува принимается коэффициент очистки , а коэффициент дозарядки на номинальном скоростном режиме – , что вполне возможно получить при подборе угла опаздывания закрытия впускного клапана в пределах . При этом на номинальном скоростном режиме возможен обратный выброс в пределах 5%, т.е. . На остальных скоростных режимах значение можно получить, приняв линейную зависимость от скоростного режима.

Тогда при nN=5600 мин -1

Температура в конце впуска:

Коэффициент наполнения:

Таблица 2.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Процесс впуска и газообмена | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| n | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
|  | 0,86 | 0,96 | 0,96 | 0,96 |
| Tr | 900 | 1000 | 1060 | 1070 |
| pr | 0,1040 | 0,1082 | 0,1180 | 0,1201 |
|  | 19,5 | 14,0 | 8,0 | 7,0 |
|  | 0,0005 | 0,0049 | 0,0150 | 0,0172 |
|  | 0,0995 | 0,0951 | 0,0850 | 0,0828 |
|  | 0,950 | 1,025 | 1,100 | 1,100 |
|  | 0,0516 | 0,0461 | 0,0495 | 0,0509 |
| Ta | 341 | 338 | 337 | 337 |
|  | 0,8744 | 0,9167 | 0,8784 | 0,8609 |

**Процесс сжатия.** Средний показатель адиабаты сжатия при *nN*=5600 мин -1, *Та*=337К и по номограмме равен *k*1=1,3772. Средний показатель политропы принимаю *n*1=1,377

Давление в конце сжатия:

Температура в конце сжатия:

Средняя мольная теплоемкость в конце сжатия:

а) свежей смеси

б) остаточных газов (определяется методом интерполяции).

При , и , и в соответствии с табличными данными получаем:

Исходя из этого теплоемкость продуктов сгорания при и равна:

в) рабочей смеси:

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Процесс сжатия | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| *n* | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
| *k1* | 1,3768 | 1,3774 | 1,3775 | 1,3775 |
| *n1* | 1,370 | 1,376 | 1,377 | 1,377 |
| *pc* | 1,8666 | 1,8072 | 1,6184 | 1,5765 |
| *Tc* | 753 | 756 | 755 | 755 |
| *tc* | 480 | 483 | 482 | 482 |
|  | 21,866 | 21,874 | 21,872 | 21,872 |
|  | 23,658 | 23,968 | 23,964 | 23,964 |
|  | 21,954 | 21,966 | 21,971 | 21,973 |

**Процесс сгорания.**

Коэффициент молекулярного изменения горючей и рабочей смеси:

Количество теплоты, потерянное вследствие химической неполноты сгорания, и теплота сгорания рабочей смеси:

Средняя мольная теплоемкость продуктов сгорания определяем по эмпирическим формулам для интервала температур от 1501 до 2000 0С

**Коэффициент использования теплоты** зависит от совершенствования организации процессов смесеобразования и сгорания топлива. Выбираем его по табличным данным и принимаем .

Температура в конце видимого процесса сгорания:

Максимальное давление сгорания теоретическое:

Максимальное давление сгорания действительное:

Степень повышения давления

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Процесс сгорания | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| *n* | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
|  | 1,0944 | 1,0633 | 1,0633 | 1,0633 |
|  | 1,0898 | 1,0605 | 1,0603 | 1,0602 |
|  | 8665 | 2476 | 2476 | 2476 |
| *Hраб.см* | 74110 | 78610 | 78355 | 78251 |
|  | 24,289+0,002033 | 24,656+0,02077 | 24,656+0,02077 | 24,656+0,02077 |
|  | 0,82 | 0,92 | 0,91 | 0,89 |
|  | 2264 | 2602 | 2575 | 2530 |
|  | 2573 | 2875 | 2848 | 2803 |
|  | 6,8537 | 7,2884 | 6,4730 | 6,2052 |
|  | 5,8256 | 6,1951 | 5,5021 | 5,5744 |
|  | 3,672 | 4,033 | 4,000 | 3,936 |

**Процессы расширения и выпуска.**

Средний показатель выбираем по номограмме и принимаем его , что позволяет принять .

Давление и температура в конце процесса расширения:

Проверка ранее принятой температуры остаточных газов:

Погрешность расчета:

На всех скоростных режимах температура остаточных газов в начале расчета принята достаточно удачно, так как ошибка не превышает 1%. Только на режиме минимальной частоты вращения ошибка достигает -1,66%.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Процесс расширения и выпуска | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| *n* | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
|  | 1,2605 | 1,2515 | 1,2518 | 1,2522 |
|  | 1,260 | 1,251 | 1,251 | 1,252 |
|  | 0,4622 | 0,5013 | 0,4452 | 0,4259 |
|  | 1455 | 1680 | 1665 | 1634 |
|  | 885 | 1008 | 1070 | 1072 |
|  | -1,66 | +0,80 | +0,94 | +0,18 |

**Индикаторные параметры рабочего цикла.**

Теоретическое среднее индикаторное давление:

Среднее индикаторное давление:

Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива:

**Эффективные показатели двигателя.**

Для карбюраторного двигателя, предварительно приняв ход поршня *S*=78 мм, получим значение средней скорости при *nN*=5600 мин -1:

Тогда среднее давление механических потерь:

Среднее эффективное давление и механический КПД:

Эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива:

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикаторные и эффективные параметры двигателя | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| *n* | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
|  | 1,1317 | 1,2546 | 1,11230 | 1,0600 |
|  | 1,0864 | 1,2044 | 1,0675 | 1,0176 |
|  | 0,3060 | 0,3612 | 0,3341 | 0,3249 |
|  | 268 | 227 | 245 | 252 |
|  | 2,60 | 8,32 | 14,56 | 15,60 |
|  | 0,0634 | 0,1280 | 0,1985 | 0,2103 |
|  | 1,0230 | 1,0764 | 0,8690 | 0,8073 |
|  | 0,9416 | 0,8937 | 0,8141 | 0,7933 |
|  | 0,2881 | 0,3228 | 0,2720 | 0,2577 |
|  | 284 | 254 | 301 | 318 |

**Основные параметры цилиндра и двигателя.**

Литраж двигателя:

Рабочий объем одного цилиндра:

Диаметр цилиндра. Так как ход поршня предварительно был принят S=78 м, то

Окончательно принимаю D=82мм и S=78 мм.

Остальные параметры и показатели двигателя определяю по окончательно принятым значениям:

Площадь поршня:

Литраж двигателя:

Мощность двигателя:

Литровая мощность двигателя:

Крутящий момент:

Часовой расход топлива:

Таблица 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Основные параметры и показатели двигателя | | | | |
| Параметры | Карбюраторный двигатель | | | |
| *n* | 1000 | 3200 | 5600 | 6000 |
|  | 52,78 | | | |
|  | 1,64 | | | |
|  | 28,704 | | | |
|  | 14,03 | 47,27 | 66,78 | 66,47 |
|  | 134,1 | 141,1 | 113,9 | 105,9 |
|  | 3,987 | 12,006 | 20,102 | 21,138 |

2. **Тепловой баланс двигателя**

Тепловой баланс строю по данным теплового расчета с использованием следующих значений (рассчитываю только для номинального режима, остальные значения вношу в таблицу):

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом;

Теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за 1с:

Теплота, потерянная с отработавшими газами:

Теплота, передаваемая охлаждающей жидкости:

Теплота, потерянная из-за нехимической неполноты сгорания топлива:

Неучтенные потери теплоты:

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Составляющие теплового баланса | Частота вращения двигателя, мин -1 | | | | | | | |
| 1000 | | 3200 | | 5600 | | 6000 | |
| Q  Дж/с | q, % | Q  Дж/с | q, % | Q  Дж/с | q, % | Q  Дж/с | q, % |
| Теплота, эквивалентная эффективной работе | 14040 | 28,85 | 47270 | 32,26 | 66780 | 27,22 | 66470 | 25,76 |
| Теплота, предаваемая охлаждающей среде | 12067,37 | 24,79 | 47171,9 | 32,19 | 67866,91 | 27,66 | 70979 | 25,51 |
| Теплота, унесенная с отработавшими газами | 10972,3 | 22,55 | 42147 | 28,76 | 76524 | 31,19 | 81515,59 | 31,60 |
| Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива | 9596,89 | 19,72 | 8258,02 | 5,63 | 13825,89 | 5,63 | 14538,92 | 5,63 |
| Неучтенные потери теплоты | 1980,97 | 4,07 | 1668,71 | 1,13 | 20306,01 | 8,27 | 24450,07 | 9,47 |
| Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом | 48654,54 | 100 | 146516,6 | 100 | 245303,5 | 100 | 257954,3 | 100 |

**3. Внешняя скоростная характеристика двигателя**

На основании тепловых расчетов, принимаю следующие параметры скоростной характеристики:

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ne , мин -1 | Ne, кВт | ge, г/(кВт⋅ч) | Me, Нм | GT, кг/ч | ηV | α |
| 1000 | 14,04 | 284 | 134,1 | 3,987 | 0,8744 | 0,86 |
| 3200 | 47,27 | 254 | 141,1 | 12,007 | 0,9167 | 0,96 |
| 5600 | 66,78 | 301 | 113,9 | 20,102 | 0,8784 | 0,96 |
| 6000 | 66,47 | 318 | 105,9 | 21,139 | 0,8609 | 0,96 |

Коэффициент приспособляемости по скоростным характеристикам :

Для сравнения различных методов построения скоростных характеристик и проверки правильности выполнения теплового расчета произвожу расчет мощности и удельного расхода топлива на основе процентных соотношений между параметрами относительной скоростной характеристики двигателя.

Результаты внесены в таблицу 9.

Таблица 9

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| nx | | Ne | | ge | |
| % | Мин -1 | % | кВт | % | г/(кВт⋅ч) |
| 20 | 1120 | 20 | 15,49 | 115 | 361 |
| 40 | 2240 | 50 | 33,12 | 100 | 301 |
| 60 | 3360 | 73 | 49,68 | 97 | 291 |
| 80 | 4480 | 92 | 61,97 | 95 | 285 |
| 100 | 5600 | 100 | 66,78 | 100 | 301 |
| 120 | 6720 | 92 | 61,97 | 115 | 361 |

На основе сравнения полученных данных с кривых мощности и удельного расхода топлива, можно сделать следующие вывод:

Точки относительной характеристики мощности и удельного расхода топлива практически совпадают с внешней скоростной характеристики рассчитываемого двигателя.

1. **Кинематический расчет двигателя**

В целях уменьшения высоты двигателя без значительного увеличения инерционных и нормальных сил отношение радиуса кривошипа к длине шатуна предварительно было принято в тепловом расчете λ=0,285. При этих условиях:

Перемещение поршня:

Расчет произвожу аналитическим способом через каждые 30° угла поворота коленчатого вала. Значения заношу во второй столбец таблицы 10.

Угловая скорость вращения коленчатого вала:

Скорость поршня:

Значения заношу в третий столбец таблицы 10.

Ускорение поршня:

Значения заношу в четвертый столбец таблицы 10.

Таблица 10.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ϕ° |  |  |  |
| 0 | 0 | 0 | 17222 |
| 30 | 6,61 | 0,62 | 13506 |
| 60 | 23,66 | 0,98 | 4787 |
| 90 | 44,55 | 1 | -3816 |
| 120 | 62,66 | 0,74 | -8604 |
| 150 | 74,16 | 0,37 | 9689 |
| 180 | 78 | 0 | -9575 |
| 210 | 74,16 | -0,37 | -9689 |
| 240 | 62,66 | -0,74 | -8604 |
| 270 | 44,55 | -1 | -3816 |
| 300 | 23,66 | -0,98 | 478 |
| 330 | 6,61 | -0,62 | 13506 |
| 360 | 0 | 0 | 17209 |

1. **Динамический расчет двигателя**

Индикаторную диаграмму, полученную в тепловом расчете, разворачиваю по углу поворота кривошипа по методу Брикса.

Поправка Брикса:

По развернутой диаграмме через каждые 30° угла поворота кривошипа определяю значения и заношу в таблицу 11

Устанавливаю следующие значения :

Масса поршневой группы:

Масса шатуна:

Масса неуравновешенных частей одного колена вала без противовесов:

Масса шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

Масса шатуна, сосредоточенная на оси кривошипа:

Масса, совершающая возвратно-поступательное движение:

Массы, совершающие вращательные движения:

Таблица 11.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ϕ | D pг | j | pj | p | tg B | pN | 1/cos B | ps |
| 0 | 0,018 | 17223 | -2,204 | -2,186 | 0 | 0,000 | 1 | -2,186 |
| 30 | -0,015 | 13506 | -1,728 | -1,743 | 0,144 | -0,251 | 1,01 | -1,760 |
| 60 | -0,015 | 4788 | -0,613 | -0,628 | 0,253 | -0,159 | 1,031 | -0,647 |
| 90 | -0,015 | -3817 | 0,488 | 0,473 | 0,295 | 0,140 | 1,043 | 0,494 |
| 120 | -0,015 | -8605 | 1,101 | 1,086 | 0,253 | 0,275 | 1,031 | 1,120 |
| 150 | -0,015 | -9689 | 1,240 | 1,225 | 0,144 | 0,176 | 1,01 | 1,237 |
| 180 | -0,015 | -9576 | 1,225 | 1,210 | 0 | 0,000 | 1 | 1,210 |
| 210 | -0,015 | -9689 | 1,240 | 1,225 | -0,144 | -0,176 | 1,01 | 1,237 |
| 240 | 0,05 | -8605 | 1,101 | 1,151 | -0,253 | -0,291 | 1,031 | 1,187 |
| 270 | 0,2 | -3817 | 0,488 | 0,688 | -0,295 | -0,203 | 1,043 | 0,718 |
| 300 | 0,5 | 479 | -0,061 | 0,439 | -0,253 | -0,111 | 1,031 | 0,452 |
| 330 | 0,95 | 13506 | -1,728 | -0,778 | -0,144 | 0,112 | 1,01 | -0,786 |
| 360 | 1,9 | 17209 | -2,202 | -0,302 | 0 | 0,000 | 1 | -0,302 |
| 370 | 5,35 | 16712 | -2,138 | 3,212 | 0,05 | 0,161 | 1,001 | 3,215 |
| 390 | 3,75 | 13506 | -1,728 | 2,022 | 0,144 | 0,291 | 1,01 | 2,042 |
| 420 | 2,25 | 4788 | -0,613 | 1,637 | 0,253 | 0,414 | 1,031 | 1,688 |
| 450 | 1 | -3817 | 0,488 | 1,488 | 0,295 | 0,439 | 1,043 | 1,552 |
| 480 | 0,45 | -8605 | 1,101 | 1,551 | 0,253 | 0,392 | 1,031 | 1,599 |
| 510 | 0,3 | -9689 | 1,240 | 1,540 | 0,144 | 0,222 | 1,01 | 1,555 |
| 540 | 0,1 | -9576 | 1,225 | 1,325 | 0 | 0,000 | 1 | 1,325 |
| 570 | 0,018 | -9689 | 1,240 | 1,258 | -0,144 | -0,181 | 1,01 | 1,270 |
| 600 | 0,018 | -8605 | 1,101 | 1,119 | -0,253 | -0,283 | 1,031 | 1,154 |
| 630 | 0,018 | -3817 | 0,488 | 0,506 | -0,295 | -0,149 | 1,043 | 0,528 |
| 660 | 0,018 | 479 | -0,061 | -0,043 | -0,253 | 0,011 | 1,031 | -0,045 |
| 690 | 0,018 | 13506 | -1,728 | -1,710 | -0,144 | 0,246 | 1,01 | -1,727 |
| 720 | 0,018 | 17209 | -2,202 | -2,184 | 0 | 0,000 | 1 | -2,184 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ϕ | cos (f+B)/  cos B | pK | sin (f+B)/  cos B | pT | T | Mкрц |
| 0 | 1 | -2,186 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0 |
| 30 | 0,794 | -1,384 | 0,625 | -1,089 | -5,747 | -224 |
| 60 | 0,281 | -0,176 | 0,993 | -0,623 | -3,287 | -128 |
| 90 | -0,295 | -0,140 | 1 | 0,473 | 2,497 | 97 |
| 120 | -0,719 | -0,781 | 0,74 | 0,804 | 4,239 | 165 |
| 150 | -0,938 | -1,149 | 0,376 | 0,460 | 2,429 | 95 |
| 180 | -1 | -1,210 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0 |
| 210 | -0,938 | -1,149 | -0,376 | -0,460 | -2,429 | -95 |
| 240 | -0,719 | -0,828 | -0,74 | -0,852 | -4,493 | -175 |
| 270 | -0,295 | -0,203 | -1 | -0,688 | -3,631 | -142 |
| 300 | 0,281 | 0,123 | -0,993 | -0,436 | -2,298 | -90 |
| 330 | 0,794 | -0,618 | -0,625 | 0,486 | 2,565 | 100 |
| 360 | 1 | -0,302 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0 |
| 370 | 0,976 | 3,135 | 0,222 | 0,713 | 3,761 | 147 |
| 390 | 0,794 | 1,605 | 0,625 | 1,264 | 6,666 | 260 |
| 420 | 0,281 | 0,460 | 0,993 | 1,626 | 8,577 | 335 |
| 450 | -0,295 | -0,439 | 1 | 1,488 | 7,851 | 306 |
| 480 | -0,719 | -1,115 | 0,74 | 1,148 | 6,054 | 236 |
| 510 | -0,938 | -1,444 | 0,376 | 0,579 | 3,054 | 119 |
| 540 | -1 | -1,325 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0 |
| 570 | -0,938 | -1,180 | -0,376 | -0,473 | -2,495 | -97 |
| 600 | -0,719 | -0,804 | -0,74 | -0,828 | -4,368 | -170 |
| 630 | -0,295 | -0,149 | -1 | -0,506 | -2,671 | -104 |
| 660 | 0,281 | -0,012 | -0,993 | 0,043 | 0,227 | 9 |
| 690 | 0,794 | -1,358 | -0,625 | 1,069 | 5,638 | 220 |
| 720 | 1 | -2,184 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0 |

Результаты следующих вычислений заношу в таблицу 11.

Удельная нормальная сила:

Удельная нормальная сила:

Удельная сила, действующая вдоль шатуна:

Удельная сила, действующая по радиусу кривошипа:

Удельная и полная тангенциальная силы:

По данным таблицы 11. Строим графики изменения удельных сил , , , , , .

Крутящий момент одного цилиндра:

Период изменения крутящего момента четырехтактного двигателя с равными интервалами между вспышками:

Суммирование значений крутящего момента всех четырех цилиндров осуществляется табличным методом (таблица 12)

Таблица 12.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ϕ° | Цилиндры | | | | | | | | Мкрц, Нм |
| 1-й | | 2-й | | 3-й | | 4-й | |
| ϕ° | Мкрц, Нм | ϕ° | Мкрц, Нм | ϕ° | Мкрц, Нм | ϕ° | Мкрц, Нм |
| 0 | 0 | 0 | 180 | 0 | 360 | 0 | 540 | 0 | 0 |
| 30 | 30 | -224 | 210 | -95 | 390 | 147 | 570 | -97 | -225 |
| 60 | 60 | -128 | 240 | -175 | 420 | 260 | 600 | -170 | -125 |
| 90 | 90 | 97 | 270 | -142 | 450 | 335 | 630 | -104 | 90 |
| 120 | 120 | 165 | 300 | -90 | 480 | 306 | 660 | 9 | 160 |
| 150 | 150 | 95 | 330 | 100 | 510 | 236 | 690 | 220 | 98 |
| 180 | 180 | 0 | 360 | 0 | 540 | 119 | 720 | 0 | 0 |

Силы, действующие на шатунную шейку коленчатого вала. Для проведения расчета результирующей силы, действующей на шатунную шейку рядного двигателя, составим таблицу 13.

Таблица 13.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ϕ | T | K | Pk | Rшш | KPk | Rk |
| 0 | 0,00 | -11,53 | -18,48 | 18 | -30,53 | 30,4 |
| 30 | -5,75 | -7,30 | -14,25 | 14,8 | -26,3 | 27 |
| 60 | -3,29 | -0,93 | -7,88 | 7,6 | -19,93 | 19,6 |
| 90 | 2,50 | -0,74 | -7,68 | 7,2 | -19,73 | 19,4 |
| 120 | 4,24 | -4,12 | -11,08 | 11,6 | -23,13 | 23,8 |
| 150 | 2,43 | -6,06 | -13,01 | 13,4 | -25,06 | 25,4 |
| 180 | 0,00 | -6,38 | -13,33 | 13,4 | -25,38 | 26 |
| 210 | -2,43 | -6,06 | -13,01 | 13,4 | -25,06 | 25,8 |
| 240 | -4,49 | -4,37 | -11,31 | 12,2 | -23,36 | 24 |
| 270 | -3,63 | -1,07 | -8,02 | 8,2 | -20,07 | 20,4 |
| 300 | 2,30 | 0,65 | -6,29 | 7,4 | -18,34 | 19,6 |
| 330 | 2,57 | -3,26 | -10,21 | 10,4 | -22,26 | 22,6 |
| 360 | 0,00 | -1,59 | -8,54 | 8,4 | -20,59 | 20,8 |
| 370 | 3,76 | 16,54 | 9,59 | 10 | -2,46 | 4,4 |
| 390 | 4,03 | 8,47 | -1,52 | 4,4 | -13,57 | 14,4 |
| 420 | 3,38 | 2,43 | -4,52 | 5,4 | -16,57 | 17 |
| 450 | 6,02 | -2,32 | -8,01 | 10 | -20,06 | 21 |
| 480 | 5,51 | -5,88 | -13,02 | 14,4 | -25,07 | 25,8 |
| 510 | 3,05 | -7,62 | -14,57 | 15,4 | -26,62 | 27,4 |
| 540 | 0,00 | -6,99 | -13,94 | 14,8 | -25,99 | 27,2 |
| 570 | -2,50 | -6,22 | -13,17 | 14 | -25,22 | 26,2 |
| 600 | -4,37 | -4,24 | -11,19 | 12,6 | -23,24 | 24,6 |
| 630 | -2,67 | -0,79 | -7,73 | 8 | -19,78 | 19,8 |
| 660 | 1,23 | -0,06 | -7,01 | 7,4 | -19,06 | 19,6 |
| 690 | 5,63 | -7,16 | -14,11 | 15,6 | -26,16 | 27,6 |
| 720 | 0,00 | -11,52 | -18,47 | 18 | -30,52 | 30,4 |

Суммарная сила, действующая на шатунную шейку по радиусу кривошипа:

По полярной диаграмме стоим диаграмму износа шатунной шейки. Сумму сил , действующих по каждому лучу диаграммы износа определяем с помощью таблицы 14.

Таблица 14.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 0 | 18 | 18 | 18 | - | - | - | - | - |  | - | 18 | 18 |
| 30 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14,8 |
| 60 | 7,6 | 7,6 | 7,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,6 |
| 90 | 7,2 | 7,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,2 | 7,2 |
| 120 | 11,6 | 11,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 11,6 | 11,6 |
| 150 | 13,4 | 13,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13,4 | 13,4 |
| 180 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | - | - | - | - | - | - | - | 13,4 | 13,4 |
| 210 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13,4 |
| 240 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,2 |
| 270 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8,2 |
| 300 | 7,4 | 7,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,4 | 7,4 |
| 330 | 10,4 | 10,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10,4 | 10,4 |
| 360 | 8,4 | 8,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8,4 | 8,4 |
| 390 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| 420 | 5,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5,4 | 5,4 | 5,4 |
| 450 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | 10 | 10 |
| 480 | 14,4 | 14,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14,4 | 14,4 |
| 510 | 15,4 | 15,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15,4 | 15,4 |
| 540 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | - | - | - | - | - | - | - | 14,8 | 14,8 |
| 570 | 14 | 14 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 600 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,6 |
| 630 | 8 | 8 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 |
| 660 | 7,4 | 7,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,4 | 7,4 |
| 690 | 15,6 | 15,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15,6 | 15,6 |
|  | 263,6 | 248,2 | 137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,4 | 19,8 | 177,2 | 268 |

Силы, действующие на колено вала. Суммарная сила, действующая на колено вала по радиусу кривошипа:

Результирующая сила, действующая на колено вала, определяется по диаграмме износа. Данные вносим в таблицу 13.

Силы, действующие на коренные шейки.

Коленчатый вал рассматриваемого двигателя полноопорный с кривошипами, расположенными под углом . Порядок работы двигателя 1-3-4-2. Следовательно, когда первый кривошип повернут на , третий кривошип будет находиться в положении , четвертый - и второй.

Сила, действующая на вторую коренную шейку:

Сила, действующая на третью коренную шейку

Данные расчета вносим в таблицы в 15-17.

Таблица 15.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ϕ° | Rk | ϕ° | Rk |
| 0 | -7,60 | 370 | -1,10 |
| 30 | -6,75 | 390 | -3,60 |
| 60 | -4,90 | 420 | -4,25 |
| 90 | -4,85 | 450 | -5,25 |
| 120 | -5,95 | 480 | -6,45 |
| 150 | -6,35 | 510 | -6,85 |
| 180 | -6,50 | 540 | -6,80 |
| 210 | -6,45 | 570 | -6,55 |
| 240 | -6,00 | 600 | -6,15 |
| 270 | -5,10 | 630 | -4,95 |
| 300 | -4,90 | 660 | -4,90 |
| 330 | -5,65 | 690 | -6,90 |
| 360 | -5,20 | 720 | -7,60 |

Таблица 16

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j | T1 | j | Т2 | Тк2 | j | Kpk1 | j | Kpk2 | Kk2 | Rкш2 |
| 0 | 0,00 | 180 | 0,00 | 0,00 | 0 | -30,53 | 180 | -25,38 | 2,58 | 2,58 |
| 30 | -5,75 | 210 | -2,43 | 1,66 | 30 | -26,30 | 210 | -25,06 | 0,62 | 1,77 |
| 60 | -3,29 | 240 | -4,49 | -0,60 | 60 | -19,93 | 240 | -23,36 | -1,72 | 1,82 |
| 90 | 2,50 | 270 | -3,63 | -3,06 | 90 | -19,73 | 270 | -20,07 | -0,17 | 3,07 |
| 120 | 4,24 | 300 | -2,30 | -3,27 | 120 | -21,13 | 300 | -18,34 | 1,40 | 3,55 |
| 150 | 2,43 | 330 | 2,57 | 0,07 | 150 | -25,06 | 330 | -22,26 | 1,40 | 1,40 |
| 180 | 0,00 | 360 | 0,00 | 0,00 | 180 | -25,38 | 360 | -20,59 | 2,40 | 2,40 |
| 210 | -2,43 | 390 | 6,67 | 4,55 | 210 | -25,06 | 390 | -13,57 | 5,75 | 7,33 |
| 240 | -4,49 | 420 | 8,58 | 6,54 | 240 | -23,36 | 420 | -16,57 | 3,40 | 7,37 |
| 270 | -3,63 | 450 | 7,85 | 5,74 | 270 | -20,07 | 450 | -20,06 | 0,01 | 5,74 |
| 300 | -2,30 | 480 | 6,05 | 4,17 | 300 | -18,34 | 480 | -25,07 | -3,37 | 5,36 |
| 330 | 2,57 | 510 | 3,05 | 0,24 | 330 | -22,26 | 510 | -26,62 | -2,18 | 2,19 |
| 360 | 0,00 | 540 | 0,00 | 0,00 | 360 | -20,59 | 540 | -25,99 | -2,70 | 2,70 |
| 370 | 3,76 | 550 | -0,94 | -2,35 | 370 | -2,46 | 550 | -25,79 | -11,67 | 11,90 |
| 390 | 6,67 | 570 | -2,49 | -4,58 | 390 | -13,57 | 570 | -25,22 | -5,83 | 7,41 |
| 420 | 8,58 | 600 | -4,37 | -6,47 | 420 | -16,57 | 600 | -23,24 | -3,34 | 7,28 |
| 450 | 7,85 | 630 | -2,67 | -5,26 | 450 | -20,06 | 630 | -19,78 | 0,14 | 5,26 |
| 480 | 6,05 | 660 | 0,23 | -2,91 | 480 | -25,07 | 660 | -19,06 | 3,01 | 4,18 |
| 510 | 3,05 | 690 | 5,76 | 1,35 | 510 | -26,62 | 690 | -26,16 | 0,23 | 1,37 |
| 540 | 0,00 | 720 | 0,00 | 0,00 | 540 | -25,99 | 720 | -30,52 | -2,27 | 2,27 |
| 570 | -2,49 | 30 | -5,75 | -1,63 | 570 | -25,22 | 30 | -26,30 | -0,54 | 1,71 |
| 600 | -4,37 | 60 | -3,29 | 0,54 | 600 | -23,24 | 60 | -19,93 | 1,66 | 1,74 |
| 630 | -2,67 | 90 | 2,50 | 2,59 | 630 | -19,78 | 90 | -19,73 | 0,03 | 2,59 |
| 660 | 0,23 | 120 | 4,24 | 2,01 | 660 | -19,06 | 120 | -21,13 | -1,04 | 2,26 |
| 690 | 5,64 | 150 | 2,43 | -1,60 | 690 | -26,16 | 150 | -25,06 | 0,55 | 1,70 |
| 720 | 0,00 | 180 | 0,00 | 0,00 | 720 | 30,52 | 180 | -25,38 | -27,95 | 27,95 |

Таблица 17.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j | Т2 | j | T3 | Tk3 | j | Kpk2 | j | Kpk3 | Kk3 | Rкш3 |
| 180 | 0,00 | 360 | 0,00 | 0,00 | 180 | -25,38 | 360 | -20,29 | 2,55 | 2,55 |
| 210 | -2,43 | 390 | 6,67 | 4,55 | 210 | -25,06 | 390 | -13,57 | 5,75 | 7,33 |
| 240 | -4,49 | 420 | 8,58 | 6,54 | 240 | -23,36 | 420 | -16,57 | 3,40 | 7,36 |
| 270 | -3,63 | 450 | 7,85 | 5,74 | 270 | -20,07 | 450 | -20,06 | 0,01 | 5,74 |
| 300 | -2,30 | 480 | 6,05 | 4,18 | 300 | -18,34 | 480 | -25,07 | -3,37 | 5,36 |
| 330 | 2,57 | 510 | 3,05 | 0,24 | 330 | -22,26 | 510 | -26,62 | -2,18 | 2,19 |
| 360 | 0,00 | 540 | 0,00 | 0,00 | 360 | -20,59 | 540 | -25,99 | -2,70 | 2,70 |
| 390 | 6,67 | 570 | -2,49 | -4,58 | 390 | -13,57 | 570 | -25,22 | -5,83 | 7,41 |
| 420 | 8,58 | 600 | -4,37 | -6,48 | 420 | -16,57 | 600 | -23,24 | -3,34 | 7,28 |
| 450 | 7,85 | 630 | -2,67 | -5,26 | 450 | -20,06 | 630 | -19,78 | 0,14 | 5,26 |
| 480 | 6,05 | 660 | 0,23 | -2,91 | 480 | -25,07 | 660 | -19,06 | 3,01 | 4,18 |
| 510 | 3,05 | 690 | 5,76 | 1,36 | 510 | -26,62 | 690 | -26,16 | 0,23 | 1,37 |
| 540 | 0,00 | 720 | 0,00 | 0,00 | 540 | -25,99 | 720 | -30,52 | -2,27 | 2,27 |
| 550 | -0,94 | 10 | -2,42 | -0,74 | 550 | -25,79 | 10 | -28,52 | -1,37 | 1,55 |
| 570 | -2,49 | 30 | -5,75 | -1,63 | 570 | -25,22 | 30 | -26,30 | -0,54 | 1,72 |
| 600 | -4,37 | 60 | -3,29 | 0,54 | 600 | -23,24 | 60 | -19,93 | 1,66 | 1,74 |
| 630 | -2,67 | 90 | 2,50 | 2,59 | 630 | -19,78 | 90 | -19,73 | 0,03 | 2,59 |
| 660 | 0,23 | 120 | 4,24 | 2,01 | 660 | -19,06 | 120 | -21,13 | -1,04 | 2,26 |
| 690 | 5,76 | 150 | 2,43 | -1,67 | 690 | -26,16 | 150 | -25,06 | 0,55 | 1,75 |
| 720 | 0,00 | 180 | 0,00 | 0,00 | 720 | -30,52 | 180 | -25,38 | 2,57 | 2,57 |
| 30 | -5,75 | 210 | -2,43 | 1,66 | 30 | -26,30 | 210 | -25,06 | 0,62 | 1,77 |
| 60 | -3,29 | 240 | -4,49 | -0,60 | 60 | -19,93 | 240 | -23,36 | -1,72 | 1,82 |
| 90 | 2,50 | 270 | -3,63 | -3,07 | 90 | -19,73 | 270 | -20,07 | -0,17 | 3,07 |
| 120 | 4,24 | 300 | -2,30 | -3,27 | 120 | -21,13 | 300 | -18,34 | 1,40 | 3,56 |
| 150 | 2,43 | 330 | 2,57 | 0,07 | 150 | -25,06 | 330 | -22,26 | 1,40 | 1,40 |
| 180 | 0,00 | 360 | 0,00 | 0,00 | 180 | -25,38 | 360 | -20,59 | 2,40 | 2,40 |

Строим полярную диаграмму, силы, действующую на вторую коренную шейку коленчатого вала.

Диаграмму разворачиваем в прямоугольные координаты.

По полярной диаграмме и данным таблицы 18 строим диаграмму износа коренной шейки.

Таблица 18.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 0 |  |  |  |  | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |  |  |  |
| 30 |  |  |  |  |  |  |  | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |  |
| 60 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,8 |
| 90 |  | 3 | 3 | 3 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 120 |  |  | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |  |  |  |  |  |  |
| 150 |  |  |  |  |  | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |  |  |  |
| 180 |  |  |  |  | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |  |  |  |
| 210 |  |  |  |  |  |  | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |  |  |
| 240 |  |  |  |  |  |  |  | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |  |
| 270 |  |  |  |  |  |  |  | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,7 |
| 300 | 5,3 |  |  |  |  |  |  |  |  | 5,3 | 5,3 | 5,3 |
| 330 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2,1 |
| 360 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |  |  |  |  |  |  |  | 2,7 | 2,7 |
| 390 | 7,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 420 |  | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 450 |  |  | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 |  |  |  |  |  |  |
| 480 |  |  |  | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |  |  |  |  |  |
| 510 |  |  |  |  |  |  |  | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |  |
| 540 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |  |  |  |  |  |  |  | 2,2 | 2,2 |
| 570 |  | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |  |  |  |  |  |  |  |
| 600 |  |  |  |  |  | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |  |  |  |
| 630 |  |  |  |  |  |  |  | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| 660 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| 690 |  |  | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |  |  |  |  |  |  |
|  | 21,5 | 28,1 | 38,5 | 33,9 | 29,35 | 20,65 | 17,55 | 32,05 | 34,25 | 33,5 | 31,1 | 24,6 |

1. **Расчет корпуса двигателя.**

Расчет гильзы цилиндра карбюраторного двигателя. На основании проведенного теплового расчета имеем: диаметр цилиндра , максимальное давление сгорания при *n*=3200 мин -1. Материал гильзы – чугун: , и .

Толщину стенки гильзы цилиндра выбираю конструктивно: .

Расчетная толщина стенки гильзы

Напряжение растяжения в гильзе от действия максимального давления газов:

Температурные напряжения в гильзе:

Сумма напряжения в гильзе от давления газов и перепада температур:

на наружной поверхности:

на внутренней поверхности:

Расчет шпильки головки блока. На основании проведенного теплового баланса имеем: диаметр цилиндра , площадь поршня м2, максимальное давление сгорания при *n*=3200 мин -1. Число шпилек на один цилиндр , номинальный диаметр шпильки *d*=12мм, шаг резьбы *t=*1мм, внутренний диаметр резьбы шпильки

Материал шпильки – сталь 30Х: предел точности , текучести и усталости при растяжении – сжатии , коэффициент растяжении – сжатии .

Определяем:

Проекция поверхности камеры сгорания, перпендикулярную оси цилиндра при верхнем расположении клапанов:

Сила давления газов, приходящаяся на одну шпильку:

Сила предварительной затяжки:

Минимальная сила, растягивающая шпильку без учета силы

Минимальная сила, растягивающая шпильку:

Максимальные и минимальные напряжения, возникающие в шпильке:

Среднее напряжение и амплитуда цикла:

Запас прочности определяю по пределу текучести:

.

Заключение

В рамках курсового проекта были изучены тепловой расчет, расчет теплового баланса, расчет внешней скоростной характеристики, динамический и кинематический расчет двигателя, а также расчет корпуса.

В рамках теплового расчета произведены вычисления процессов в двигателе и установление связи объема и давления рабочих газов.

Расчет теплового баланса установил соотношения в расходовании теплоты, выделяемой при работе двигателя.

Внешняя скоростная характеристика показала зависимость важнейших показателей двигателя.

Кинематический расчет установил, какую скорость, ускорение и путь может проделать автомобиль при таком двигатели.

Динамический расчет установил силы, действующие в двигатели.

Данная курсовая работа дает представления о работе карбюраторного двигателя.

Список литературы

1. Автомобильные двигатели/Под ред. М.С. Ховаха.- М.: Машиностроение, 1977. - 591 с.
2. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Высшая школа, 2003. - 496 с.
3. Конструкция и расчет автотракторных двигателей/Под ред. Ю.А.Степанова. – М.: Машиностроение, 1964. – 552 с.