Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидромеханика и транспортные машины»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе по дисциплине

«Теплотехника»

Тема:

«Термодинамический расчет, анализ и оптимизация

идеализированного цикла поршневого ДВС»

Выполнил: студент Д.С Кураш,

Группы: МГ-317

подпись, дата

Шифр курсовой работы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Проверил: А.Х. Шамутдинов

Оценка подпись, дата

г. Омск, 2010

СОДЕРЖАНИЕ (пример)

1.1 Содержание задачи №1 3

1.2 Краткое описание цикла поршневого ДВС 3

1.3 Расчет цикла ДВС 5

1.3.1 Определение параметров характерных точек цикла 5

1.3.2 Расчет термодинамических процессов 7

1.3.3 Расчет характеристик цикла 12

1.3.4 Построение Т-s диаграммы цикла 15

1.4 Оптимизация цикла варьированием заданного параметра 20

**Задача № 1**

***1.1 Содержание задачи (вариант 14)***

Для цикла поршневого ДВС, заданного параметрами ***р1*** =0.14 МПа; ***Т1*** = 300 К; ***ε*** = 18; ***λ*** = 1,3; ***ρ*** = 1,48 кг/м3; ***n1*** = 1,34; ***n2*** = 1,28, определить параметры всех характерных точек цикла, термодинамические характеристики каждого процесса и цикла в целом. Исследовать влияние параметра n1 на величину термического КПД ***ηt*** и максимальной температуры ***Тmax*** при варьировании указанного параметра в пределах 20 %. По результатам расчетов построить графики зависимостей ***ηt*** и ***Тma***x от варьируемого параметра, на основании которых сделать заключение об его оптимальном значении, принимая за предельно допустимое значение ***Тma***x величину ***Тпр*** = 1600 К. В качестве рабочего тела принимать сухой воздух.



***1.2 Краткое описание цикла***

Для анализа задан цикл поршневого ДВС со смешанным подводом теплоты, который реализуется в современных быстроходных дизельных двигателях. Подробное описание такого цикла приведено в учебниках [1,3] и др., ниже приведено краткое описание.

На рис. 1 приведена идеализированная ***p-v*** диаграмма, наглядно отображающая основные процессы такого цикла. Во время хода впуска (на диаграмме не показан) атмосферный воздух, проходя через систему фильтров и открытый впускной клапан, поступает в цилиндр двигателя. В конце впуска (точка 1 на диаграмме) впускной клапан закрывается, и по мере перемещения поршня к верхней мертвой точке (ВМТ) происходит политропное сжатие воздуха (процесс 1-2). Ввиду быстротечности этого процесса характер его близок к адиабатному, температура воздуха к концу сжатия (точка 2) сильно увеличивается, в этот момент под большим давлением производят впрыск топлива, в мелкодисперсном виде. Топливо при высокой температуре воздуха, в который оно попадает, очень быстро испаряется и самовоспламеняется. Первые порции при этом сгорают практически мгновенно (процесс 3-4).

Для интенсификации процессов топливо часто впрыскивают в специальную предкамеру из жаростойкой стали, имеющую очень высокую температуру. Последующие порции топлива сгорают по мере их попадания в цилиндр во время перемещения поршня от ВМТ к НМТ (нижней мертвой точке). При этом давление в цилиндре практически не изменяется (процесс 3-4). Далее совершается политропное расширение продуктов сгорания (процесс 4-5), по окончании которого, когда поршень приходит в НМТ, открывается выпускной клапан (точка 5) и во время хода выталкивания продукты сгорания выбрасывается в атмосферу. Поскольку суммарная работа процессов всасывания и выталкивания практически равна нулю, идеализируя картину, их заменяют одним изохорным процессом отвода теплоты (процесс 5-1).

***1.3 Расчет цикла ДВС*** \*

***1.3.1 Определение параметров характерных точек цикла***

*Точка 1.* По формуле (5) из расчёта ДВС находим:



*Точка 2*. Из формулы (6) находим . Используя уравнение (6), давление p2 найдем по формуле (8):



*.*



Величину *Т2* находим из уравнения (4):

*.*



*Точка 3*. Из формулы (9) находим



Температуру *Т3* находим из уравнения (4):

*.*



Используя соотношения (12) находим *Т3*:

*.*



Практическое совпадение результатов (невязка около 0,1 % возникает из-за округлений) служит подтверждением безошибочности проведенных вычислений.

*Точка 4.* Из выражения (10)



*.*



Температуру *Т4* найдем по выражению (13): .



*Точка 5.* . Давление в точке 5 найдем так же, как находили его для точки 2:



*.*



Температуру *Т5* находим из формулы (4):

*.*



Полученные результаты заносим в сводную таблицу (табл. 1).

***1.3.2 Расчет термодинамических процессов***

Рассчитываем теперь процесс *1-2.* Это политропный процесс с показателем политропы n1 = 1,34. Чтобы реализовать формулы (14) – (18), сначала по формулам (19) и (20) рассчитываем значения средних теплоемкостей, предварительно рассчитав t1 и t2 :



*.*



Теплоту процесса *1-2* находим по формуле (14):

*,*



Работу процесса *1-2* находим по формуле (15):



Изменения внутренней энергии и энтальпии рассчитываем по формулам (16) и (17):



*.*



По формуле (18) находим величину *Δs1-2*:



Далее по формуле (21) находим:



Погрешность расчёта (22):



Расчет процесса *2-3* начинаем также с определения величин



Поскольку процесс *2-3* изохорный (у таких процессов значение ***n*** = ±), формулы (14), (16), (17) и (18) существенно упрощаются, позволяя рассчитывать значения соответствующих величин:



Для самопроверки воспользуемся соотношением (24):



Погрешность расчёта (24) составляет незначительную величину:



Процесс *3-4* изобарный и для него показатель политропы ***n*** = 0. Это тоже упрощает формулы (14) – (16). Расчеты начинаем с определения температуры ***t***4 и теплоемкостей:



*.*



Определяем теперь характеристики процесса *3-4*:



Проверку проведем обоими способами, воспользовавшись формулами (21 ‑ 22):



По выражению (23):

и по формуле(24):



Чтобы рассчитать процесс *4-5*, определим температуру ***t***5, *cνmи cpm* по формулам (19) и (20):



*.*



Далее рассчитываем характеристики процесса *4-5* по формулам (14 – 18):



Проверка:



*.*



Производим расчет последнего процесса *5-1*. Это процесс изохорный и расчет его аналогичен расчету процесса *2-3*. Начинаем, как обычно, с расчета теплоемкостей:



Основные характеристики процесса:



Проверку проведем по формуле (23):



Погрешность расчета определим по формуле (24):



Прежде чем перейти к расчетам характеристик цикла, рассчитываем сначала значения энтропии в каждой характерной точке цикла. Для точки 1 можно записать



где t0 = 0 °C (T0 = 273,15 К); p0 = 0,1013 МПа – параметры воздуха при нормальных условиях; при таком состоянии считается, что S = 0.



Далее находим



или

*.*



Практическое совпадение значений s5, рассчитанных двумя способами, свидетельствует об отсутствии заметных погрешностей при расчетах величин .s. Все результаты заносим в табл. 1.

***1.3.3 Расчет характеристик цикла***

Теплоту за цикл, рассчитываем по выражению (25):



Работу за цикл определим по выражению (26):

*.*



Известно, что за цикл *q*ц = *l*ц. В наших расчетах несовпадение незначительно. Невязка объясняется округлениями в промежуточных расчетах (27):



Количество подведенной теплоты



Найдем изменения внутренней энергии, энтальпии и энтропии за цикл. Теоретически эти изменения должны быть равными нулю.

*;*



*;*



Некоторые отличия рассчитанных величин от нуля объясняются округлениями при расчетах. Естественно, что сопоставлять невязку, например, нужно не с нулем, а с любым слагаемым, входящим в сумму. И тогда видно, что невязка и здесь составляет доли процента.

Рассчитаем термический КПД цикла по формуле (28):

*.*



Рассчитаем термический КПД идеализированного цикла с адиабатными процессами сжатия и расширения по формуле (1), приведенной в [4] и принимая в среднем *k* = 1,39:

.



Термический КПД цикла Карно для того же интервала температур, в котором реализуется реальный цикл по формуле (29), будет:



Результаты расчетов заносим в сводные: табл. 1 и табл. 2:

Таблица 1

*Сводная таблица исходных данных и результатов расчета*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | | | Значения параметров | | | | | | | | |  |
| ***р***, МПа | | ***ν***, м3/кг | | | ***Т***, К | | ***S***, кДж/кг·К | |  |
| Параметры точек | 1  2  3  4  5 | | 0,14  6,9  8,97  8,97  0,64 | | 0,61  0,037  0,037  0,048  0,61 | | | 300  895,2  1156,2  1477  1359 | | 0,05  -0,2  -0,26  2,45  3,11 | |  |
| Наименование | | | | Значения параметров | | | | | | | | |
| ***q***, кДж/кг | | ***l***, кДж/кг | ***Δu***, кДж/кг | | ***Δh***, кДж/кг | | ***ΔS***, кДж/кг | |
| Характеристики процессов | | 1-2  2-3  3-4  4-5  5-1 | | -68  198,4  346,7  77,3  39,3 | | -400  0  92  1045  -,117,6 | 435,7  78,4  253.4  -92  -127,6 | | 246,5  108,3  200,9  -296,7  -258,6 | | -0,35  0,13  0,28  0,4  -0,47 | |
| Суммы | |  | | 593,7 | | 415,4 | 496,5 | | 8,4 | | 0,01 | |

Таблица 2

*Результаты расчета*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Термический КПД | ηt | 0,9 |
| Термический КПД идеализированного цикла Карно | ηtц | 0,55 |
| Термический КПД цикла Карно | ηtk | 0,75 |
| Коэффициент заполнения цикла | k | 0,51 |

1.3.4 Построение T-s диаграммы цикла

Чтобы построить ***T-s*** диаграмму, выбираем масштабы по осям координат: ***Tt*** = 10 К/мм; ***ss*** = 0,01 кДж/(кг·К) / мм. Изображаем оси ***T*** и ***s***, наносим координатную сетку, а затем и характерные точки цикла. Точки 2 и 3, 3 и 4, 5 и 1 соединяем по лекалу кривыми, по характеру близкими к экспонентам, а политропные процессы 1-2 и 4-5 с достаточной точностью можно изображать прямыми линиями (рис. 1П). Чтобы определить коэффициент заполнения цикла, найдем площадь цикла 1-2-3-4-5-1 непосредственно на диаграмме, пересчитывая квадратные сантиметры (на рисунке пронумерованы): ***Fц*** = 25,4 см2.

Площадь описанного цикла Карно рассчитываем, измерив, размеры прямоугольника в сантиметрах: Fк = 8,5·5,9 = 50,2 см2. Тогда коэффициент заполнения цикла будет

***k = Fц / Fк*** = 25,4/ 50,2 = 0,51

Рис. 1П. ***Т-s***- диаграмма цикла

ных слоев многослойной стенки

1.4 Оптимизация цикла варьированием параметра n1

Используя данные таблицы, строим графики зависимостей: ***Т***max= ***f***(***n***1)

Рис. 2П. Зависимость ***Тmax*** от ***n***1

ных слоев многослойной стенки

и ***ηt = f*(*n1*)*:***

Рис. 3П. Зависимость ***η***t от ***n***1

ных слоев многослойной стенки

Из рисунков видно, что наибольшую эффективность имеет цикл с ***n***1 = 1,37. Это и понятно, поскольку при ***n***1 = ***k*** процесс сжатия протекает адиабатно, а адиабатные процессы самые "экономичные". Вывод: оптимальным является значение ***n***1 = 1,37. При этом ***T***4 < ***T***пр.

**Задача № 2**

***2.1 Содержание задачи № 2 (вариант 42)***

Цикл Ренкина задан параметрами ***р***1 = 10 МПа; ***t***1 = 450°С; ***р***2 = 0,07 МПа. Исследовать влияние параметра ***t***1 на величину термического КПД цикла ηt  и удельный расход теплоты ***q***, рассчитав эти величины при варьировании заданного параметра в пределах 20 %. Построить графики зависимостей ***η***t и ***q*** от варьируемого параметра, на основании которых сделать заключение об оптимальном его значении. Краткое описание цикла см. на стр. 13-15.



***2.2 Расчет цикла*** \*

Для определения параметров p, ***v***, ***t***, ***h*** и ***s*** каждой из характерных точек цикла воспользуемся таблицами состояний [5] и известной ***h-s*** диаграммой воды и пара.

*Точка 1*. Давление и температура здесь заданы: ***р***1 = 3,494 МПа; ***t***1 = 273°С. Тогда на пересечении изобары: ***р*** = 34,9 бар и изотермы ***t***1 = 273 °С на ***h-s*** диаграмме находим положение точки 1 и по соответствующим изолиниям определяем значения остальных параметров: ***v***1 = 0,0636 м3/кг; ***h***1 = 2900,2 кДж/кг; ***s***1 = 6,321 кДж/(кг·К). Эти же значения можно определить и по таблицам состояний перегретого пара, применяя двунаправленное линейное интерполирование, подробно описанное в [3] и [4].

*Точка 2*. Поскольку процесс *1-2* принимается адиабатным, положение точки 2 находим, проводя вертикальную линию вниз (***s*** = ***const***) до пересечения с изобарой ***р*** = ***р***2 = 0,27 бар.

\_ \* В настоящем расчете все исходные параметры умножены на 0,91, чтобы вариант 42 оставался доступным для работы.

По соответствующим изолиниям находим: ***t***2 = ***t***нас = 66,9 °С, ***ν***2 = 4,5157 м3/кг; ***h***2 = 2117,6 кДж/кг; ***s2 = s1*** = 6,321 кДж/(кг К); ***x***2 = 0,78. Эти же значения можно рассчитать, пользуясь таблицами насыщенных состояний и определив сначала значение ***x***2:

,



после чего и значения других параметров, например:



Параметры остальных точек находим по таблицам насыщенных состояний (по давлениям).

*Точка 3*. Давление ***р***3 = ***р***2 = 0,27 бар, остальные параметры – это параметры воды на линии насыщения при этом давлении. Из таблицы находим:

***t***3 = ***t***нас = 66,9 °С; ***ν***3 = 0,0010 м3/кг; ***h***3 = 280,0 кДж/кг; ***s***3 = 0,917 кДж/(кг К).

*Точка 4*. Давление ***р***4 = ***р***1 = 3,494 бар, температура: ***t***4 = ***t***3 = 242,4 °С. По этим значениям с помощью таблицы состояний воды следовало бы найти остальные параметры. Однако, учитывая, что величина параметров воды очень мало зависит от ее давления, обычно принимают ***ν***4 = ***ν***3 = 0,001 м3/кг; ***h***4 = ***h***3 = 280,0 кДж/кг; ***s***4 = ***s***3 = 0,917 кДж/(кг·К).

*Точка 5*. Здесь ***р***5 = ***р***1 = 3,494 бара, а остальные параметры этой точки – это параметры воды на линии насыщения при этом давлении: ***t***5 = ***t***нас = 242,4 °С; ***v***5 = ***v***'= 0,0012 м3/кг; ***h***5 = ***h***' = 1049,3 кДж/кг; ***s***5 = ***s***' = 2,724 кДж/(кг·К).

*Точка 6*. Давление ***р***6 = ***р***1 = 3,494 бар, все же остальные параметры определяются как параметры сухого насыщенного пара при этом давлении. Из таблицы насыщенных состояний воды находим: ***t***6 = ***t***нас = 242,4 °С; ***v***6 = ***v***''= 0,0572 м3/кг; ***h***6 = ***h***'' = 2802,5 кДж/кг; ***s***6 = ***s***'' = 6,126 кДж/(кг·К).

***2.3.1 Расчет термического КПД и других параметров цикла***

Рассчитываем теперь основные характеристики цикла. Термический КПД цикла по формуле (30):



Удельный расход пара по формуле(31):



Удельный расход теплоты по формуле(32):



Результаты расчетов сводим в итоговую таблицу 1

Таблица 1

Итоговая таблица расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка | ***р***, МПа | ***t***, 0С | ***ν***, м3/кг | ***h***, кДж/кг | ***s***, кДж/(кг·К) | ***х*** |
| 1 | 3,494 | 273,0 | 0,0636 | 2900,2 | 6,321 |  |
| 2 | 0,027 | 66,9 | 4,5157 | 2117,6 | 6,321 | 0,78 |
| 3 | 0,027 | 66,9 | 0,0010 | 280,0 | 0,917 |  |
| 4 | 3,494 | 242,2 | 0,0010 | 280,0 | 0,917 |  |
| 5 | 3,494 | 242,2 | 0,0012 | 1049,3 | 2,724 |  |
| 6 | 3,494 | 242,2 | 0,0572 | 2802,5 | 6,126 |  |

***2.4 Результаты варьирования и их анализ***

Таблица 2

*Результаты расчета основных параметров цикла*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Значение варьируемого параметра ***t***1,С | Процент изменения параметра | ***d***, кг/кВт ч | ***q***, кДж/кВт·ч | ***η***t |
| 218,4 | -20 | 5,079 | 12353 | 0,291 |
| 245,7 | -10 | 4,807 | 12183 | 0,295 |
| 273,0 | 0 | 4,600 | 12053 | 0,299 |
| 300,3 | +10 | 4,425 | 11930 | 0,302 |
| 327,6 | +20 | 4,267 | 11804 | 0,305 |

Ниже на рис. 4П – 6П полученные результаты отражены графически в виде соответствующих зависимостей.

Рис. 4П. Зависимость ***q*** = f(t1)

Рис. 6П. Зависимость ***η***t=***f***(***t***1)

Из рисунков видно, что с увеличением температуры ***t***1 эффективность цикла увеличивается практически по линейному закону. При этом удельные расходы пара и теплоты уменьшаются примерно на 12 %, а термический коэффициент полезного действия примерно на столько же увеличивается.

**Задача №3**

Определить потерю теплоты через 1м2 кирпичной обмуровки котла толщиной и температуры стенки и , если температура газов °C температура воздуха °C коэффициент теплоотдачи со стороны газов , коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха и коэффициент теплопроводности обмуровки



*Дано:*,,;



; ;



*Найти:*



Решение:

1). Согласно уравнению (40) коэффициент теплопередачи равен:



;



Подставляя это значение в формулу (41), определим плотность теплового потока:

;



Для определения температур стенок и составим уравнения для плотности теплового потока (в данном примере – 3 уравнения). Так как тепловой поток один и тот же во всех 3-х процессах, то получим следующие выражения:



1. плотность теплового потока от горячего газа к стенке по формуле Ньютона – Рихмана:



1. плотность теплового потока, обусловленная теплопроводностью через твердую стенку:



1. плотность теплового потока от второй поверхности стенки к воздуху:



Отсюда необходимые значения температур, по формулам (42), равны:



2). Построение температурного графика позволит убедиться в правильности нашего решения, т.е. значения температур стенки и можно определить графическим способом. Всё построение подробно описано на стр.22 в настоящих МУ.



Рис. 7П. Графический способ определения промежуточных температур и 



3). Построение температурного графика в – координатах. Построение графика аналогично вышеизложенному, но по оси абсцисс откладываются в масштабе толщины слоев .



Рис. 8П. Теплопередача через кирпичную обмуровку котла

**Задача №4**

Паропровод диаметром 200/216 мм покрыт слоем совелитовой изоляции толщиной 110 мм, коэффициент теплопроводности которой .



Температура пара и окружающего воздуха . Коэффициент теплопроводности стенки ; и . Необходимо определить линейный коэффициент теплопередачи, линейную плотность теплового потока и температуру на поверхности соприкосновения паропровода с изоляцией.



Дано:,



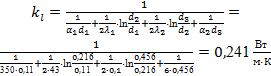
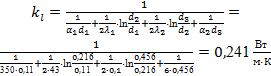
Найти: .



Решение: Согласно условию задачи: и



Линейный коэффициент теплопередачи определим по формуле (48):



На основании формулы (47) найдем линейную плотность теплового потока



/



Температуру поверхности соприкосновения паропровода с изоляцией найдем по формулам (46) и (49):

1).от пара к внутренней поверхности паропровода:



2).от внутренней к наружной поверхности паропровода (обусловленная теплопроводностью):



Отсюда



.

