

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Макарян Андрей Егорович

Должность: Ректор

Дата подписания: 01.07.2023 10:38:11

Уникальный программный ключ:

4c46f2d9ddda3fafb9e57685d11e3a42576ddde

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ЧУВАШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерный факультет

Кафедра «Транспортно-технологические машины и комплексы»

Теплофизика

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

ЧЕБОКСАРЫ - 2020

Казаков Ю.Ф.

Теплофизика: Методические указания и задания по выполнению курсовой работы. Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2020. – 28 с.

Приведены общие положения, требования и исходные данные для выполнения курсовой работы по дисциплине «Теплофизика» изложена методика расчетов, структура расчетно-пояснительной записки и графической части. Приложен пример выполнения курсовой работы.

Предназначается для студентов направления подготовки: 23.03.01 Техносферная безопасность, профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

Рекомендовано к использованию в учебном процессе на заседании методической комиссии инженерного факультета (пр. № 1 от 9 сентября 2020г.)

© Ю.Ф. Казаков, 2020

© ФГБОУ ВО ЧГАУ, 2020

Введение

Мощность и топливная экономичность двигателя возрастают при увеличении степени сжатия вследствие повышения индикаторного КПД. При достижении величин степени сжатия 13–14 улучшение показателей двигателя прекращается из-за неизбежного роста механических потерь. Поэтому указанные величины степени сжатия являются оптимальными. В то же время заложенная в конструкцию двигателей величина степени сжатия отличается от оптимальной. В бензиновых двигателях степень сжатия меньше оптимальной и ограничивается детонацией. В дизелях степень сжатия больше оптимальной, она выбирается с учетом обеспечения надежного самовоспламенения топлива при пуске холодного двигателя.

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Теплофизика» предусмотрено выполнение курсовой работы.

Работа над курсовой работой способствует формированию компетенций:

ОК-10- способность к познавательной деятельности;

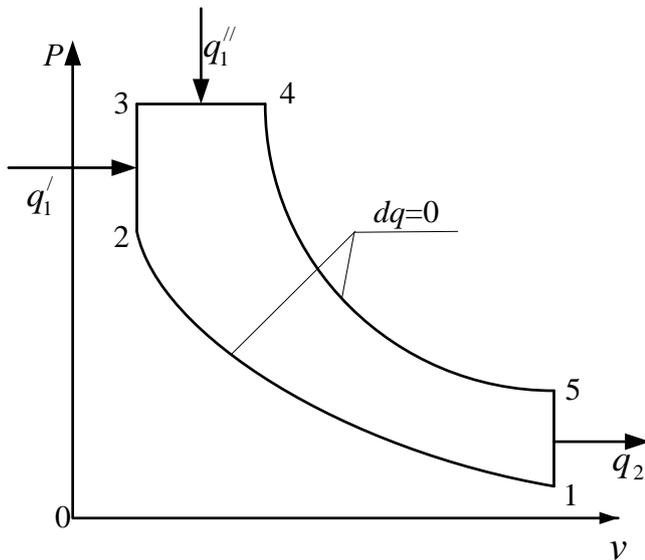
ОК-11- способность к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций;

ПК-3- способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники;

ПК-20 - способность решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива.

Исходные данные следует выбрать из таблиц 1, 2 и 3 по двум последним цифрам шифра и начальной букве фамилии студента. Расчеты выполняются в развернутом виде с соответствующими пояснениями.

**1. Задания и методические указания
для выполнения курсовой работы**
на тему: Расчет циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС)



Содержание задания:

1. Объяснить, почему цикл называется идеальным?
2. Определить параметры рабочего тела в характерных точках (1, 2, 3, 4, 5).

Рисунок 1 – Идеальный цикл ДВС со смешанным подводом тепла в P - v координатах.

3. Изобразить характерные точки на диаграммах в P - V и T - S координатах масштабе. При построении процессов рассчитать положения 5-6 промежуточных точек для каждого процесса (начальную точку нужно взять на оси ординат).

4. Провести сравнение циклов Отто, Дизеля и Тринклера для двух случаев:

- а) подводимое тепло и степень сжатия одинаковы;
- б) двигатели работают при одинаковых условиях (максимальная температура и максимальное давление газа в цикле одинаковы, давление окружающей среды и начальная температура для заданных циклов тоже одинаковы);

в) построить совмещенные диаграммы для трех циклов в T - S координатах.

5. Сформулировать выводы по приведенным циклам.

6. Графическую часть рекомендуется выполнить на листах формата А2.

7. Привести список использованной литературы.

Работу следует подписать.

Исходные данные для выполнения курсовой работы

Таблица 1- Начальные параметры рабочего тела и степень сжатия

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Параметры										
$P_1, \text{кг/см}^2$	1	1,0	1,05	0,95	1,1	0,9	1	0,95	0,85	1
$t_1, ^\circ\text{C}$	-10	50	10	20	30	40	45	60	70	0
ε - степень сжатия	16,7	17,5	18	16,4	17,5	16,5	17,0	18,5	17,1	16

Таблица 2 - Степень повышения давления

Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Параметры										
λ - степень повышения давления в цилиндре	1,98	1,65	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	1,95	2,01

Таблица 3 - Степень предварительного расширения

Начальная буква фамилии	А, Б	В, Г	Д, Ж	З, Е	И, К	Л, М	Н, О	П, Р	С, Т	У, Ф	Х, Ч	Ц, Ш	Щ, Э	Ю, Я
Параметры														
ρ - степень предварительного расширения	1,18	1,15	1,2	1,25	1,3	1,18	1,3	1,2	1,25	1,3	1,21	1,18	1,15	1,2

2. Методические указания по выполнению расчетов

Рассматриваемые циклы являются идеальными, при их рассмотрении приняты допущения:

1. Циклы замкнуты, в них рассматриваются только основные процессы, определяющие цикл.
2. Рабочим телом является 1кг воздуха с постоянной теплоемкостью.
3. Химический процесс сгорания топливовоздушной смеси заменяется процессом подвода тепла.
4. Тепловые и механические потери отсутствуют.
5. Процесс выпуска отработавших газов в окружающую среду заменяется

процессом отвода тепла.

3. Расчет параметров рабочего тела в характерных точках цикла

С учетом приведенных допущений рассчитаем цикл ДВС со смешанным подводом тепла (цикл Тринклера).

Нужно определить параметры рабочего тела в характерных точках.

Газовая постоянная воздуха определяется:

$$R = (\mu R) / \mu = 8314,9 / 28,96 = 287,0 \text{ [Дж/кгК]},$$

где μ - кажущаяся молекулярная масса воздуха.

По известным параметрам первой точки определяется удельный объем:

$$P_1 v_1 = RT_1 \rightarrow v_1 = RT_1 / P_1 \text{ [м}^3/\text{кг]}$$

Для определения параметров второй точки воспользуемся зависимостями:

$$v_2 = v_1 / \varepsilon, \text{ [м}^3/\text{кг]}$$

$$P_1 v_1^k = P_2 v_2^k$$

$$P_2 = P_1 \cdot \varepsilon^k, \text{ МПа}$$

$$T_2 = (P_2 v_2) / R, \text{ К};$$

где ε - степень сжатия,

$\kappa = 1,40$ - показатель адиабаты для воздуха как для двухатомного газа.

Определим параметры точки 3:

$$v_2 = v_3 \text{ - из графика цикла;}$$

$$P_3 = P_2 \cdot \lambda, \text{ МПа}$$

$$T_3 = T_2 \cdot \lambda, \text{ К};$$

где λ - степень повышения давления.

Определим параметры точки 4:

$$P_3 = P_4;$$

$$T_4 = T_3 \rho;$$

$$v_4 = v_3 \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Здесь ρ - степень предварительного расширения.

Определим параметры точки 5: $v_5 = v_1$ - из графика цикла;

$$P_5 = P_4 (v_4/v_5)^k, \text{ МПа};$$

$$T_5 = (P_5 v_5)/R, \text{ К}$$

Для нахождения положения промежуточных 2-3 точек процесса 1-2 из выражения $P_1 v_1^k = P_i v_i^k$, задаваясь значениями давления P_i , определить удельные объемы в данных точках:

$$v_i = v_1 \sqrt[k]{\frac{P_1}{P_i}}, \text{ м}^3/\text{кг}$$

Для нахождения положения промежуточных 2-3 точек процесса 4-5 нужно воспользоваться выражением

$$P_4 v_4^k = P_i v_i^k.$$

Задаваясь значениями давления P_i , определить удельные объемы в этих точках. Определим количество подведенного тепла:

$$q_1 = q_1^1 + q_1^{11} = C_v (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3), \text{ Дж/кг}$$

Значения теплоемкости находим, совместно решая два уравнения:

$$C_p - C_v = R, \text{ Дж/кгК}$$

$$\text{и } C_p/C_v = k.$$

Отведенное тепло будет равно:

$$q_2 = C_v (T_5 - T_1), \text{ Дж/кг}$$

Работа цикла будет:

$$l_u = q_1 - q_2, \text{ Дж/кг}$$

Тогда КПД цикла будет:

$$\eta_i = (q_1 - q_2)/q_1.$$

Термический КПД можно также определить из выражения:

$$\eta = 1 - 1/\varepsilon^{k-1} (\lambda p^k - 1) / [(\lambda - 1) + k\lambda(p - 1)]$$

Равенство величин КПД, полученных двумя способами, подтверждает точность расчетов.

Для построения диаграммы цикла в T - S координатах воспользуемся выражениями

$$\Delta S_{1-2} = 0 \text{ и } \Delta S_{4-5} = 0.$$

Эти процессы адиабатные, то есть, изоэнтропные.

Для изохорных процессов 2-3 и 5-1:

$$\Delta S_{2-3} = C_v \ln(T_3/T_2) \text{ , } \Delta S_{5-1} = C_v \ln(T_5/T_1) \text{ , Дж/кгК;}$$

для изобарного процесса 3-4:

$$\Delta S_{3-4} = C_p \ln(T_4/T_3).$$

При правильном определении температур рабочего тела в характерных точках должно получиться равенство:

$$S_{2-3} + S_{3-4} = S_{5-1}$$

Правильно построить узловые точки в T - S координатах.

Для построения изохорного и изобарного процессов в T - S координатах нужно задаться значениями температур в заданном интервале и определить изменение энтропии при принятых температурах. Правильно отложив от исходных точек изменения энтропии для каждого процесса будем иметь цикл со смешанным подводом тепла в T - S координатах.

4. Сравнение циклов ДВС

Сравнение циклов ДВС осуществить для двух случаев:

1. Когда степень сжатия ε постоянна для циклов Отто, Дизеля и Тринклера, подводимое количество теплоты $q_1^O = q_1^D = q_1^T$ постоянно.

Сравнения циклов производим по диаграмме TS , для чего определим значения температур T_{4O} ; T_{4D} ; T_{4T} из выражений:

$$q_1 = q_1^1 + q_1^{11} = C_v(T_3 - T_2) + C_p(T_4 - T_3) = q_1^O = q_1^D = q_1^T$$

$$q_1^O = C_v(T_{4O} - T_2)$$

$$q_1^D = C_p (T_{4D} - T_2)$$

Определим значения температур T_{4o} и T_{4d} :

$$T_{4o} = \frac{q_1^T}{C_v} + T_2 ;$$

$$T_{4d} = \frac{q_1^T}{C_p} + T_2 .$$

Для определения q_2 находим температуры T_{5o} и T_{5d} , используя кривую 5-1 (изохору) цикла Тринклера, построенного в T-S координатах.

Значения температур T_{5o} , и T_{5d} для циклов Отто и Дизеля можно также определить из соотношений:

$$\Delta S_{2-4o} = \Delta S_{5o-1} ,$$

$$\Delta S_{2-4d} = \Delta S_{5d-1}$$

или

$$C_v \ln(T_{4o}/T_2) = C_v \ln(T_{5o}/T_1)$$

$$C_p \ln(T_{4d}/T_2) = C_v \ln(T_{5d}/T_1)$$

Положения точек T_{5d} и T_{5o} отложим на диаграмме.

После построения диаграммы провести анализ циклов Отто, Дизеля и Тринклера. Для этого определим термические К.П.Д. через подведенное и отведенное тепло, предварительно подсчитав

$$q_{2o} = c_v (T_{5o} - T_1) ,$$

$$q_{2d} = c_v (T_{5d} - T_1) .$$

КПД определяется по формулам:

$$\eta_D = 1 - \frac{q_2^D}{q_1}$$

$$\eta_O = 1 - \frac{q_2^O}{q_1}$$

2. *Второй случай сравнения.* Производится при условии, когда максимальная температура и максимальное давление одинаковы для всех трех циклов. При этом

точки 4,5 и 1 общие для трех заданных циклов. Таким образом, количество отводимого тепла во всех случаях одинаковое.

Из точки 4 нужно построить изохорный процесс до точки 2_0 и изобарный процесс до точки $2_д$, для этого воспользуемся зависимостями:

$$\Delta S_{2_0-4} = C_v \ln(T_4^T / T_{2_0}) = \Delta S_{5-1}$$

$$\Delta S_{2_д-4} = C_p \ln\left(\frac{T_4^T}{T_{2_д}}\right) = \Delta S_{5-1}$$

Используя равенство

$$\Delta S_{2_д-4} = \Delta S_{5-1} = \Delta S_{2_0-4},$$

определим значения температур T_{2_0} и $T_{2_д}$.

Для нахождения положения промежуточных точек выбираем произвольно температуры T_a, T_b, T_c между температурами точек $3_0 - 4$ и $3_д-4$. Цикл Тринклера нами построен по расчету еще раньше. На эту диаграмму нужно перенести значения всех точек.

Дать анализ циклов, для чего определить

$$q_1^o = C_v (T_4^T - T_2^o) ;$$

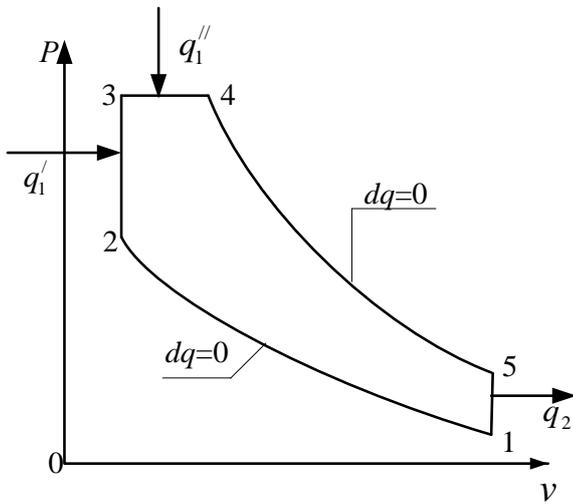
$$q_1^D = C_p (T_4^T - T_2^D) .$$

Затем определить КПД :

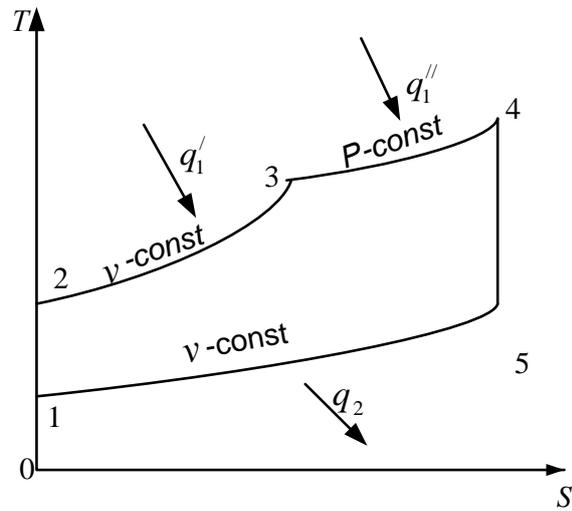
$$\eta_D = 1 - \frac{q_2^T}{q_1^D} ;$$

$$\eta_o = 1 - \frac{q_2^T}{q_1^o} .$$

5. Содержание листов графической части расчетно-графической работы

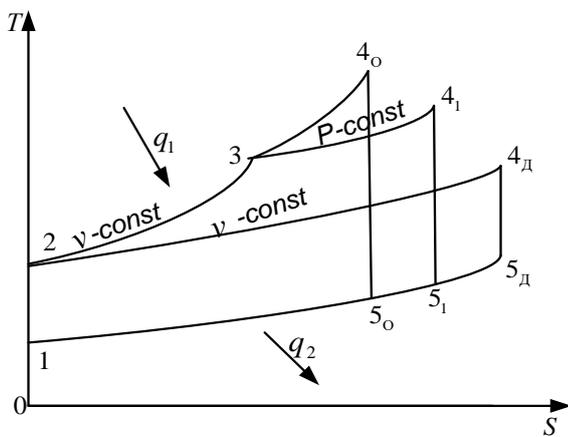


а) лист 1

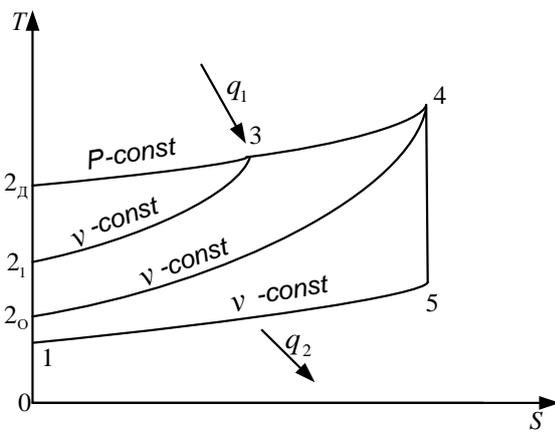


б) лист 2

Рисунок 2 - Содержание 1 и 2 листов графической части



а) лист 3



б) лист 4

Рисунок 3 - Содержание 3 и 4 листов графической части

Таблица 4 – Результаты расчета в характерных точках цикла Тринклера

	1	2	3	4	5
$P, \text{Н/м}^2$					
$V, \text{м}^3/\text{кг}$					
$T, \text{К}$					

Список рекомендуемых источников

- 1.Иванов, И.В. Основы теплофизики и биофизики [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2012.-208 с. Режим доступа http://elanbook.com/books/element.php?p11_id=3801
2. Рудопашта С.П. Теплотехника: учебник для вузов
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978953206587>
- 3.Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк - Москва : Изд-во Юрайт, 2013.
- 4.Иванов, И.В. Сборник задач по курсу теплофизики и биофизики [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2012. – 124с. Режим доступа http://elanbook.com/books/element.php?p11_id=3802
5. Барилевич, В. А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014 // <http://znanium.com/bookread.php?book=356818>
- 6.Мирам А. О. Техническая термодинамика и тепломассообмен: учебное издание. – Москва : Издательство АСВ, 2011 // <http://www.studentlibrary.ru/documents/ISBN9785930938418-SCN0001.html?SSr=39013353dc083acf940b5001>

Содержание

Введение.....	3
1.Задания и методические указания для выполнения курсовой работы.....	4
2. Методические указания по выполнению расчетов.....	5
3. Расчет параметров рабочего тела в характерных точках цикла.....	6
4. Сравнение циклов ДВС.....	8
5. Содержание листов графической части расчетно-графической работы..	11
Список рекомендуемых источников.....	12
Содержание.....	13
Приложения.....	14

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Инженерный факультет

Кафедра транспортно-технологических машин и комплексов

Курсовая работа по дисциплине «Теплофизика

на тему: «Расчет циклов двигателей внутреннего сгорания»

Вариант ____

Выполнил студент
3 курса
направления подготовки 23.03.01 Техносферная безопасность
Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

(учебный шифр _____)
«__» _____ 20__ г.
Проверил д.т.н.,
профессор кафедры ТТМиК
Казаков Ю.Ф.

Чебоксары - 2020

Приложение 2
Форма заявления на утверждения темы курсовой
работы

Заведующему кафедрой _____
название кафедры

ФИО заведующего

от студента _____ группы _____ курса
направления подготовки _____
профиль _____

ФИО студента

контактный телефон студента

ЗАЯВЛЕНИЕ.

Прошу утвердить тему курсовой работы _____

по дисциплине _____

на примере _____

и утвердить план курсовой работы

План

Введение

Заключение

Список использованных источников

Дата _____ Подпись студента _____

«Согласен»

Научный руководитель

(И.О. Фамилия)

подпись

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Чувашский государственный аграрный университет»

(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Инженерный факультет

Кафедра транспортно-технологических машин и комплексов

Направление подготовки : 23.03.01 Техносферная безопасность

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой транспортно-технологических
машин и комплексов

_____ Н.Н. Пушкаренко

_____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению курсовой работы

Студента(ки) _____ курса _____ группы

Ф.И.О. _____

1. Тема работы _____

2. Дата выдачи задания _____ 20__ г.

3. Исходные данные к работе _____

4. Основные вопросы, подлежащие разработке _____

5. Основные источники литературы _____

6. Срок выполнения _____

7. Срок сдачи студентом законченной работы _____

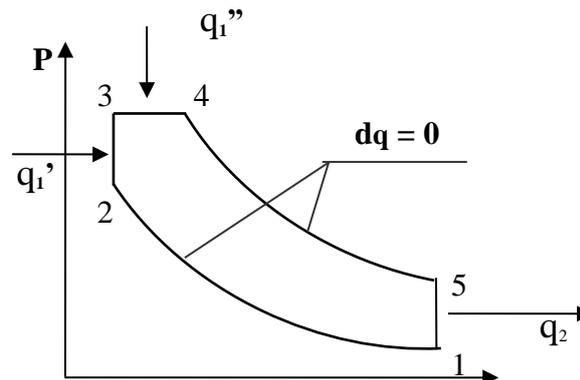
Руководитель _____ Студент _____

СОДЕРЖАНИЕ

1. Исходные данные
 2. Расчёт параметров рабочего тела в характерных точках
 3. Расчёт положений промежуточных точек
 4. Расчёт основных параметров каждого процесса
 5. Расчёт положений промежуточных точек в масштабе TS - координат
 6. Сравнение циклов Отто, Дизеля, Тринклера
 - а) когда подводимое тепло и степень сжатия одинаковы
 - б) когда двигатели работают при одинаковых условиях
- Заключение

Задание по работе

1. Провести расчёт идеального цикла ДВС со смешанным подводом тепла
 - а) задан цикл



- б) исходные данные выбрать из таблиц 1,2,3
- в) объяснить почему цикл называется идеальным?

2. Определить:

- 1) Параметры рабочего тела в характерных точках 1; 2; 3; 4; 5.
- 2) На миллиметровой бумаге в масштабе расставить положения узловых точек в PV – координатах
- 3) Для изображения процессов рассчитать положения 5-6 промежуточных точек для каждого процесса.
- 4) По каждому процессу рассчитать:
 - теплоёмкость рабочего тела, C ;
 - показатель политропы, n ;
 - изменение энтальпии, i ;
 - работу процесса, l ;
 - располагаемую работу, l_0 ;
 - подведённое и отведённое тепло, q ;
 - термический КПД цикла, η ;

- работу цикла, $\sum L_i = L_{ц}$;

- произвести проверку результатов расчёта, $S_{23} + S_{34} = S_{51}$.

5) Изобразить характерные точки в масштабе TS – координатах на миллиметровой бумаге.

6) При построении процессов в TS – координатах рассчитать положения 5-6 промежуточных точек для каждого процесса (начальную точку взять на оси ординат).

7) Расчёты выполнить в развёрнутом виде с соответствующими пояснениями.

Конечные результаты расчётов привести в соответствующих таблицах.

8) Провести сравнения циклов Отто, Дизеля и Тринклера для двух случаев:

а) когда подводимое тепло и степень сжатия одинаковы;

б) когда двигатели работают при одинаковых условиях (максимальная температура и максимальное давление газа в цикле одинаковы, давление окружающей среды и начальная температура для заданных циклов тоже одинаковы).

Сравнение циклов производить на TS – диаграмме с расчётом положений дополнительных точек. Дать вывод по приведённым циклам.

1. Исходные данные:

Таблица 1.1 Исходные данные

$P_1, \text{кг/см}^3$	1,0	λ , степень повышения давления в цилиндре	1,98	ε , степень сжатия	17,5
$t_1, ^\circ\text{C}$	50	ρ , степень предварительного расширения	1,3		

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.

2. Расчёт параметров рабочего тела в характерных точках.

Проведём расчёт идеального цикла ДВС со смешанным подводом тепла. Определим параметры рабочего тела в характерных точках 1, 2, 3, 4, 5.

Процесс 1-2 – адиабатное сжатие рабочего тела в цилиндре. В начальном положении поршня (положение 1) впускной клапан закрывается, после чего при ходе поршня вверх (такт сжатия) рабочая смесь в цилиндре сжимается адиабатически. В теоретической диаграмме предполагается обратимое адиабатное сжатие без трения и теплообмена со стенками цилиндра. В конце сжатия (точка 2) смесь воспламеняется с помощью электрической искры. Сгорание смеси происходит мгновенно, поэтому теоретически считают, что процесс горения происходит при постоянном объёме. Между температурами для адиабаты 1-2 существуют следующие зависимости:

$$T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_2^{\kappa-1}; \quad \text{Следовательно,} \quad T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1}$$

$$\text{или } T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{\kappa-1} = 323 \cdot 17,5^{1,41-1} = 977 \text{ К.}$$

Из уравнения состояния идеального газа $P_1 \cdot V_1 = R \cdot T_1$ находим, что

$$V_1 = \frac{R \cdot T_1}{P_1} = \frac{286,8 \cdot 323}{1 \cdot 10^5} = 0,790 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

$$\text{Так как } \varepsilon = \frac{V_1}{V_2}, \text{ то } V_2 = \frac{V_1}{\varepsilon} = \frac{0,790}{16,5} = 0,045 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

$$\text{Тогда } P_2 = \frac{R \cdot T_2}{V_2} = \frac{286,8 \cdot 977}{0,045} = 62,2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Процесс 2-3 – изохорный подвод тепла q_{12} к рабочему телу в цилиндре. При рассмотрении термодинамического цикла процесса горения заменяют условнообратимым подводом теплоты к телу от горячего источника в изохорном процессе (без изменения состава тепла). В результате

выделения теплоты при сгорании (подвода теплоты) давление увеличивается по линии 2-3 при постоянном объёме от P_2 до P_3 . Между температурами и давлениями для изохоры 2-3 существуют следующие зависимости:

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} = \lambda, \text{ отсюда } T_3 = T_2 \cdot \lambda, \text{ или } T_3 = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} \cdot \lambda = 323 \cdot 17,5^{1,41-1} \cdot 1,98 = 1910 \text{ К.}$$

$$P_3 = P_2 \cdot \lambda = 62,2 \cdot 10^5 \cdot 1,98 = 121,3 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

$$V_3 = V_2 = 0,045 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Процесс 3-4 – изобарный подвод тепла q'_1 к рабочему телу в цилиндре. Этот процесс характерен для дизельных ДВС при постоянном давлении. В конце такта сжатия в камеру впрыскивается и горит топливо при постоянном давлении, при этом в цикле подводится теплота q'_1 . Между объёмами и температурами для изобары 3-4 существуют следующие зависимости:

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3} = \rho; \quad P_4 = P_3 = 121,3 \cdot 10^5 \text{ Па;}$$

$$\text{Находим } T_4 = T_3 \cdot \rho = 1910 \cdot 1,3 = 2483 \text{ К,}$$

$$\text{а также } V_4 = V_3 \cdot \rho = 0,045 \cdot 1,3 = 0,059 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Процесс 4-5 – адиабатное расширение рабочего тела в цилиндре. Этот процесс называется рабочим ходом. При этом совершается положительная работа расширения за счёт, внутренней энергии газов. В конце рабочего хода (точка 5) открывается выпускной клапан, при этом мгновенно падает давление. для процесса 4-5 принимаем соотношения, аналогичные процессу 1-2 :

$$T_4 \cdot V_4^{\kappa-1} = T_5 \cdot V_5^{\kappa-1}, \text{ или } T_5 = T_4 \cdot \rho^{\kappa} \cdot \lambda$$

$$T_5 = 323 \cdot 1,3^{1,41} \cdot 1,98 = 855 \text{ К, } V_5 = V_1 = 0,790 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Из уравнения состояния идеального газа найдём давление:

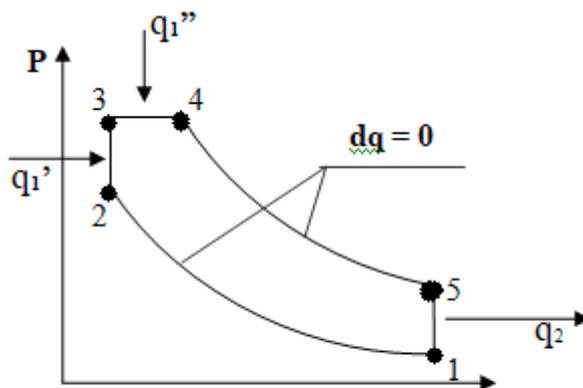
$$P_5 = \frac{R \cdot T_5}{V_5} = \frac{286,8 \cdot 855}{0,790} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Процесс 5-1 изохорный отвод тепла q_2 от рабочего тела из цилиндра. В действительном процессе двигателя падение давления обусловлено выпуском части газов в атмосферу. Падение давления происходит по линии $V = \text{const}$.

Полученные значения характерных точек занесём в таблицу 2.1

Таблица 2.1 Значения характерных точек

№ характерных точек	1	2	3	4	5
$P, \times 10^5 \text{ Па}$	1,0	62,2	121,3	121,3	3,1
$V, \text{ м}^3/\text{кг.}$	0,790	0,045	0,045	0,059	0,790
$T, \text{ К}$	323	977	1910	2483	855



3. Расчёт положений промежуточных точек.

Рассчитываем положения промежуточных точек для процессов 1-2 и 4-5.

$$P \cdot V^\kappa = P_2 \cdot V_2^\kappa$$

$$\text{Отсюда } V = V_2 \cdot \sqrt[\kappa]{\frac{P_2}{P}}, \text{ где } \kappa = 1,41$$

$$P_{1'} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5}} = 0,269 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{2'} = 11 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{11 \cdot 10^5}} = 0,154 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{3'} = 17 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{17 \cdot 10^5}} = 0,113 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{4'} = 24 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{24 \cdot 10^5}} = 0,088 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{5'} = 31 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{31 \cdot 10^5}} = 0,074 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{6'} = 38 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{38 \cdot 10^5}} = 0,064 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{7'} = 45 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{45 \cdot 10^5}} = 0,057 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{8'} = 51 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,045 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{62,2 \cdot 10^5}{51 \cdot 10^5}} = 0,052 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$\text{Для процесса 4-5: } V' = V_5 \cdot \sqrt[\kappa]{\frac{P_5}{P'}}$$

$$P_{1'} = 90 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{1'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{90 \cdot 10^5}} = 0,072 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{2'} = 80 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{2'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{80 \cdot 10^5}} = 0,079 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{3'} = 70 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{3'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{70 \cdot 10^5}} = 0,087 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{4'} = 60 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{4'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{60 \cdot 10^5}} = 0,097 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{5'} = 50 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{5'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{50 \cdot 10^5}} = 0,110 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{6'} = 40 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{6'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{40 \cdot 10^5}} = 0,129 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{7'} = 30 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{7'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{30 \cdot 10^5}} = 0,158 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_{8'} = 20 \cdot 10^5 \text{ Па; } V_{8'} = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{20 \cdot 10^5}} = 0,211 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$P_0 = 10 \cdot 10^5 \text{ Па}; \quad V_0 = 0,790 \cdot \sqrt[1,41]{\frac{3,1 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^5}} = 0,344 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

4. Расчёт основных параметров каждого процесса.

Процесс 1-2 адиабатное сжатие ($q = 0$);

а) теплоёмкость рабочего тела: $c = 0$, так как $q = 0$:

$$q = C_v \cdot \frac{n - \kappa}{n - 1} (T_2 - T_1), \text{ т.е. } C_v = \frac{n - \kappa}{n - 1} = 0, \text{ или } C = C_v = 0$$

б) показатель политропы: $n = \kappa = 1,41$.

в) изменение энтальпии:

так как Δi – параметр рабочего тела, который изменяется пропорционально изменению температуры, то $\Delta i = C_p \cdot (T_2 - T_1) = 0,986 \cdot (872 - 323) = 665 \text{ кДж/кг}$.

Изобарная и изохорная теплоёмкости находятся из системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{C_p}{C_v} = \kappa = 1,41 \\ C_p - C_v = R \end{cases}$$

Отсюда находим что: $C_v = 0,699 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$, $C_p = 0,986 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$.

г) изменение энтропии:

$$\Delta S_{12} = C_v \cdot \frac{n - \kappa}{n - 1} \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} = C_v \cdot \underbrace{\frac{\kappa - \kappa}{\kappa - 1}}_{=0} \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} = 0.$$

д) работа процесса:

$$l = \frac{1}{\kappa - 1} \cdot (P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2) = \frac{1}{1,41 - 1} (1 \cdot 10^5 \cdot 0,790 - 62,2 \cdot 10^5 \cdot 0,045) = -470 \text{ кДж/кг}.$$

е) располагаемая работа:

$$l_0 = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right] = \frac{1,41}{1,41 - 1} \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 0,790 \cdot \left[1 - \left(\frac{62,2 \cdot 10^5}{0,9 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,41 - 1}{1,41}} \right] = -704 \text{ кДж/кг}.$$

ж) подведённое и отведённое тепло: $q = 0$.

Процесс 2-3 изохорное расширение с подводом тепла q'_1

а) теплоёмкость: $C = C_v = 0,699 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$.

б) показатель политропы: $n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{C_v - C_p}{0} = \infty$

в) изменение энтальпии:

$$\Delta i = C_p \cdot (T_3 - T_2) = 0,986 \cdot (1910 - 977) = 920 \text{ кДж/кг}.$$

г) изменение энтропии:

$$\Delta S_{23} = C_v \cdot \ln \frac{P_3}{P_2} = 0,699 \cdot \ln \frac{121,3 \cdot 10^5}{62,2 \cdot 10^5} = 0,47 \text{ кДж/кг}.$$

д) работа процесса:

$$l_{23} = 0$$

е) располагаемая работа:

$$l_0 = V_2 \cdot (P_3 - P_2) = 0,045 \cdot (121,3 \cdot 10^5 - 62,2 \cdot 10^5) = 266 \text{ кДж/кг}.$$

ж) подведённое тепло:

$$q''_1 = C_v \cdot \Delta T_{23} = 0,699 \cdot (1910 - 977) = 652 \text{ кДж/кг}.$$

Процесс 3-4 – изобарное расширение с подводом тепла q'_1

а) теплоёмкость: $C = C_p = 0,986 \text{ кДж/кг}$.

б) показатель палитропы: $n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{C_p - C_p}{C_p - C_v} = \frac{0}{R} = 0$

в) изменение энтальпии:

$$\Delta i = C_p \cdot \Delta T_{34} = 0,986 \cdot (2483 - 1910) = 565 \text{ кДж/кг}.$$

г) изменение энтропии:

$$\Delta S_{34} = C_p \cdot \ln \frac{V_4}{V_3} = 0,986 \cdot \ln \frac{0,059}{0,045} = 0,27 \text{ кДж/кг}.$$

д) работа процесса:

$$l_{34} = C_p \cdot \Delta T_{34} = 0,986 \cdot (2483 - 1910) = 565 \text{ кДж/кг}.$$

е) располагаемая работа: $l_0 = 0$, так как $n = 0$

ж) подведённое тепло:

$$q'_1 = C_p \cdot \Delta T_{34} = 0,986 \cdot (2483 - 1910) = 565 \text{ кДж/кг}.$$

Процесс 4-5 – адиабатное расширение ($q = 0$):

а) теплоёмкость рабочего тела: $C = 0$, так как $q = 0$;

б) показатель политропы: $n = \kappa = 1,41$;

в) изменение энтальпии:

$$\Delta i = C_p \cdot \Delta T_{45} = 0,986 \cdot (855 - 2483) = -1605 \text{ кДж/кг};$$

г) изменение энтропии: $\Delta S_{45} = 0$, так как $dq = 0$;

д) работа процесса:

$$l_{45} = \frac{1}{n-1} \cdot (P_4 \cdot V_4 - P_5 \cdot V_5) = \frac{1}{1,41-1} \cdot (121,3 \cdot 10^5 \cdot 0,059 - 3,1 \cdot 10^5 \cdot 0,790) = 1148,2 \text{ кДж/кг};$$

е) располагаемая работа:

$$l_0 = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot P_4 \cdot V_4 \left[1 - \left(\frac{P_5}{P_4} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] = \frac{1,41}{1,41-1} \cdot 121,3 \cdot 10^5 \cdot 0,059 \cdot \left[1 - \left(\frac{3,1 \cdot 10^5}{121,3 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,41-1}{1,41}} \right] = 584 \text{ кДж/кг};$$

ж) подведённое и отведённое тепло: $q_1 = 0$.

Процесс 5-1 – изохорное сжатие с отводом тепла q_2 :

а) теплоёмкость: $C = C_v = 0,699 \text{ кДж/кг}$;

б) показатель политропы: $n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{C_v - C_p}{C_v - C_v} = \frac{R}{0} = \infty$;

в) изменение энтальпии:

$$\Delta i = C_p \cdot \Delta T_{51} = 0,986 \cdot (323 - 855) = -544 \text{ кДж/кг};$$

г) изменение энтропии:

$$\Delta S_{51} = C_v \cdot \ln \frac{P_1}{P_5} = 0,699 \cdot \ln \frac{1 \cdot 10^5}{3,1 \cdot 10^5} = -0,74 \text{ кДж/кг};$$

д) работа процесса:

$$l_{51} = 0;$$

е) располагаемая работа:

$$l_0 = V_1 \cdot (P_1 - P_5) = 0,997 \cdot (1 \cdot 10^5 - 3,1 \cdot 10^5) = -199,4 \text{ кДж/кг};$$

ж) отведённое тепло:

$$q_2 = C_p \cdot \Delta T_{51} = 0,986 \cdot (323 - 855) = -544,2 \text{ кДж/кг}.$$

Определим термический КПД цикла:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\rho^{\kappa} \cdot \lambda - 1}{(\lambda - 1) + \kappa \cdot \lambda \cdot (\rho - 1)} = 1 - \frac{1}{17,5^{1,41-1}} \cdot \frac{1,3^{1,41} \cdot 1,98 - 1}{(1,98 - 1) + 1,41 \cdot 1,98 \cdot (1,3 - 1)} = 0,68$$

Произведём проверку результатов расчёта ΔS :

$$\Delta S_{23} + \Delta S_{34} = \Delta S_{51} \rightarrow 0,47 + 0,27 = 0,74, \text{ следовательно, расчёты произведены верно.}$$

Определим работу цикла:

$$\sum l = l$$

$$\sum l = -470 + 565 + 1148,2 = 1243,2 \text{ кДж/кг.}$$

5. Расчёт положений промежуточных точек в масштабе TS – координат.

Вычислим положения промежуточных точек в масштабе TS координат. Для удобства построения графика в TS – координатах, составим таблицу положений узловых точек.

Таблица 5.1

	1	2	3	4	5
T, К	323	977	1910	2483	855
S, кДж/кг·К	0	0	0,47	0,27	0,74

$$\Delta S_{23} = C_v \cdot \ln \frac{T'}{T_2}$$

Таблица 5.2

T, К	950	1050	1100	1150	1200	1250	1300
S, кДж/кг·К	0	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20

$$\Delta S_{34} = C_p \cdot \ln \frac{T'}{T_3}$$

Таблица 5.3

T, К	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
S, кДж/кг·К	0	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27

$$\Delta S_{51} = C_v \cdot \ln \frac{T'}{T_1}$$

Таблица 5.4

T, К	855	800	700	600	500	400	300
S, кДж/кг·К	0,73	0,68	0,59	0,48	0,35	0,19	0

6. Сравнение циклов Отто, Дизеля и Тринклера.

Произведём сравнение циклов Отто, Дизеля и Тринклера для двух случаев:

а) когда подводимое тепло и степень сжатия одинаковы;

б) когда двигатели работают при одинаковых условиях (максимальная температура и максимальное давление в цикле одинаковы, начальная температура и давление тоже одинаковы).

а) Подводимое тепло $q_1 = \text{const}$ и степень сжатия постоянные:

$$q_1 = q_1^0 = q_1^T = q_1^D$$

$$q_1 = C_v \cdot (T_3 - T_2) + C_p \cdot (T_4 - T_3) = 0,699 \cdot (1910 - 977) + 0,986 \cdot (2483 - 1910) = 1217,2 \text{ кДж/кг·К}$$

$$q_1^0 = C_v \cdot (T_4^0 - T_2), \text{ откуда } T_4^0 = \frac{q_1^0}{C_v} + T_2 = \frac{1217,2}{0,699} + 977 = 2718,3 \text{ К.}$$

$$T_5^0 = \frac{T_4^0}{\varepsilon^{\kappa-1}} = \frac{2718,3}{17,5^{1,41-1}} = 841,6 \text{ К.}$$

$$T_4^{\text{л}} = \frac{q_1}{C_p} + T_2 = \frac{1217,2}{0,986} + 977 = 2211,5 \text{ К.}$$

$$T_5^{\text{л}} = T_1 \cdot e^{\frac{\Delta S_{51}^{\text{л}}}{C_v}}$$

$$\Delta S_{51}^{\text{л}} = C_p \cdot \ln \frac{T_4^{\text{л}}}{T_2} = 0,986 \cdot \ln \frac{2211,5}{977} = 0,81 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$T_5^{\text{л}} = 323 \cdot 2,72^{\frac{0,81}{0,699}} = 696,9 \text{ К.}$$

$$\Delta S_{24}^0 = C_v \cdot \ln \frac{T_4^0}{T_2} = 0,699 \cdot \ln \frac{2718,3}{977} = 0,72 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$q_2^0 = C_v \cdot (T_1 - T_5^0) = 0,699 \cdot (323 - 841,6) = -376,5 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$q_2^{\text{л}} = C_v \cdot (T_1 - T_5^{\text{л}}) = 0,699 \cdot (323 - 696,9) = -393,9 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$\eta^0 = 1 - \frac{q_2^0}{q_1} = 1 - \frac{376,5}{1217,2} = 0,69$$

$$\eta^{\text{л}} = 1 - \frac{q_2^{\text{л}}}{q_1} = 1 - \frac{393,9}{1217,2} = 0,67$$

$$\eta^{\text{т}} = 1 - \frac{q_2^{\text{т}}}{q_1} = 1 - \frac{389,5}{1217,2} = 0,68$$

б) Максимальное давление $P_4 = \text{const}$; температура $T_4 = \text{const}$, начальное давление $P_1 = \text{const}$, температура $T_1 = \text{const}$, следовательно $q_2 = \text{const}$ и $\Delta S_{42} = \text{const}$.

$$\Delta S_{42}^0 = C_p \cdot \ln \frac{T_4}{T_2^0}, \text{ откуда } T_2^0 = \frac{T_4}{e^{\frac{\Delta S_{42}}{C_p}}} = \frac{2483}{2,7^{0,699}} = 886,8 \text{ К.}$$

$$\text{Аналогично, } \Delta S_{42}^{\text{л}} = C_v \cdot \ln \frac{T_4}{T_2^{\text{л}}}, \text{ откуда } T_2^{\text{л}} = \frac{T_4}{e^{\frac{\Delta S_{42}}{C_p}}} = \frac{2483}{2,7^{0,986}} = 1182 \text{ К.}$$

$$q_2 = C_p \cdot (T_1 - T_5) = 0,986 \cdot (323 - 855) = -642,8 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$q_1^{\text{т}} = 1298,3 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.} \quad \eta^{\text{т}} = 0,50.$$

$$q_1^0 = C_v \cdot (T_4 - T_2^0) = 0,699 \cdot (2483 - 886,8) = 1315,7 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$q_1^{\text{л}} = C_p \cdot (T_4 - T_2^{\text{л}}) = 0,986 \cdot (2483 - 1182) = 1282,7 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

$$\eta^0 = 1 - \frac{q_2}{q_1^0} = 1 - \frac{642,8}{1315,7} = 0,51 \quad \eta^{\text{л}} = 1 - \frac{q_2}{q_1^{\text{л}}} = 1 - \frac{642,8}{1282,7} = 0,49$$

То для первого случая имеем $\eta^0 > \eta^{\text{т}} > \eta^{\text{л}}$ ($0,69 > 0,68 > 0,67$)

А для второго случая $\eta^{\text{л}} < \eta^{\text{т}} < \eta^0$ ($0,49 < 0,50 < 0,51$).

Таблица 6.1

	1	2	3	4	5
$P, \times 10^5 \text{ Па}$	1,0	62,2	121,3	121,3	3,1
$V, \text{ м}^3/\text{кг.}$	0,79	0,045	0,045	0,059	0,79
$T, \text{ К}$	323	977	1910	2483	855

Таблица 6.2

	$l, \text{ кДж/кг}$	$\Delta i, \text{ кДж/кг}$	$\Delta S, \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$	$q, \text{ кДж/кг}$	$C, \text{ кДж/кг}$	n
1 – 2	-470	665	0	0	0	1,41

2 – 3	0	920	0,47	652	0,699	∞
3 – 4	565	565	0,27	565	0,986	0
4 – 5	1178,2	-1605	0	0	0	1,41
5 – 1	0	-544	0,74	-544,2	0,699	∞

Таблица 6.3

	$q_1, \text{кДж/кг}$	$q_2, \text{кДж/кг}$	η	$q_1, \text{кДж/кг}$	$q_2, \text{кДж/кг}$	η
Цикл Отто	1217,2	- 376,5	0,69	1315,7	-642,8	0,51
Цикл Дизеля	1217,2	- 393,9	0,67	1282,7	-642,8	0,49
Цикл Тринклера	1217,2	-389,5	0,68	1298,3	-642,8	0,50

Найдём положения промежуточных точек сравнительных процессов в масштабе TS – координат.

$$a) \Delta S = C_v \cdot \ln \frac{T'}{T_2}$$

Таблица 6.4

Отто/ $T, \text{К}$	1000	1240	1480	1720	1960	2200
$S, \text{кДж/кг}\cdot\text{К}$	0,016	0,167	0,290	0,395	0,487	0,567

$$\Delta S = C_p \cdot \ln \frac{T'}{T_2}$$

Таблица 6.5

Дизель/ $T, \text{К}$	950	1120	1290	1460	1630	1800
$S, \text{кДж/кг}\cdot\text{К}$	0	0,135	0,274	0,396	0,505	0,603

$$b) \Delta S = C_v \cdot \ln \frac{T'}{T_2^0}$$

Таблица 6.6

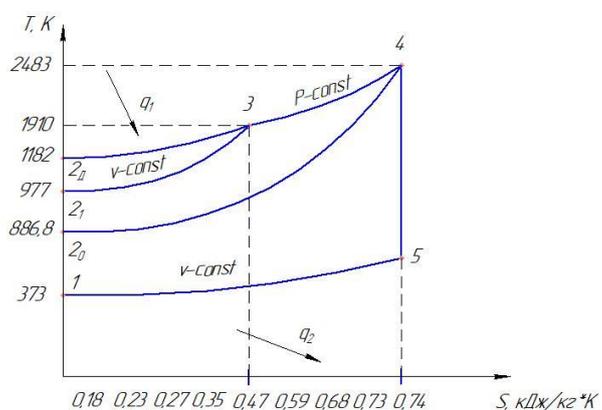
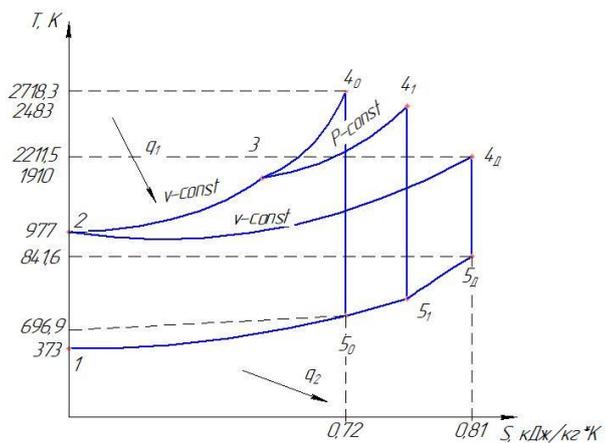
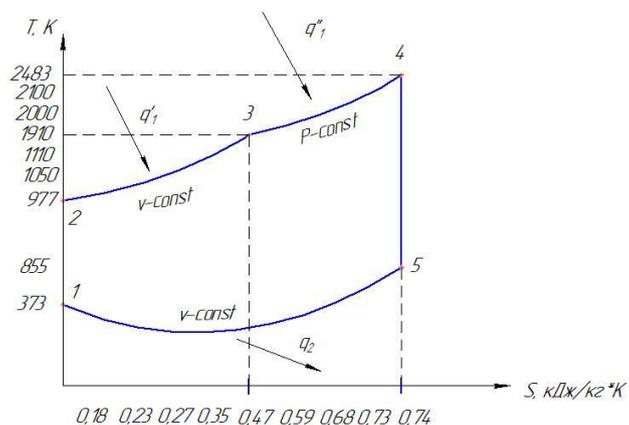
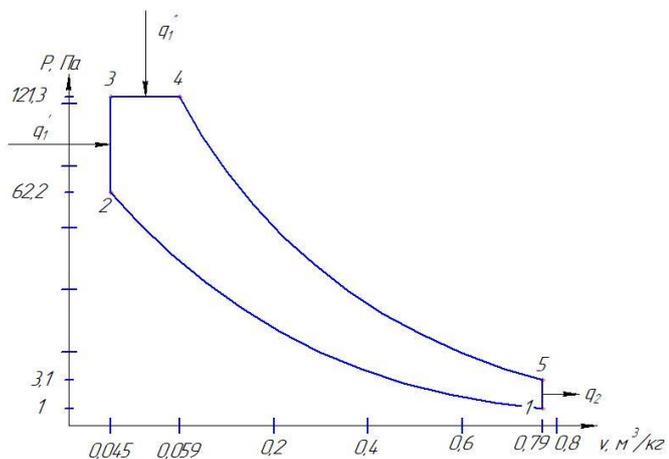
Отто/ $T, \text{К}$	950	1150	1350	1550	1750	1950
$S, \text{кДж/кг}\cdot\text{К}$	0,048	0,182	0,294	0,390	0,475	0,551

$$\Delta S = C_p \cdot \ln \frac{T'}{T_2^D}$$

Таблица 6.7

Дизель/ $T, \text{К}$	1150	1320	1490	1660	1830	1950
$S, \text{кДж/кг}\cdot\text{К}$	0	0,109	0,228	0,335	0,431	0,494

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ



Заключение.

Вывод: Данный цикл ДВС, расчёт которого проведен, является идеальным, потому что рабочим телом считается воздух с постоянной теплоёмкостью ($\mu = 29$ Дж/моль·К, $C_V = 0,699$ кДж/кг·К, $C_P = 0,986$ кДж/кг·К); химический процесс горения топлива заменяется подводом теплоты q_1 ; выпуск отработавших газов – процессом отвода теплоты q_2 , механические и тепловые потери отсутствуют. Провели сравнение циклов работы двигателей Отто, Дизеля и Тринклера в двух случаях:

1) когда $q_1 = \text{const}$ и $\varepsilon = \text{const}$;

2) когда двигатели работают при одинаковых условиях ($P_4 = \text{const}$, $T_4 = \text{const}$, $T_1 = \text{const}$, $P_1 = \text{const}$).

Наибольший КПД имеет цикл Отто в 1-ом случае ($\eta^0 = 0,69$), и во 2-ом случае цикл Отто ($\eta^0 = 0,51$).

Использованная литература:

1. Рудопашта С. П. Теплотехника: учебник для вузов Москва : КолосС., 2010. 452 с.
2. Теплотехника. Под ред. Баскакова А.П. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 344 с.
3. Болотов А.К., Лопарев А.В. Сборник задач по теплотехнике и применению тепла в сельском хозяйстве. Киров, 2001. – 288 с.
4. Казаков Ю.Ф. Теплофизика: Методические указания и задания по выполнению курсовой работы. Чебоксары : Чувашский ГАУ, 2020. – 28 с.
5. Лопарев А.А., Лиханов В.А., Вылегжанин П.Н. Теплотехника и применение теплоты в автомобильном хозяйстве: сборник задач / Вятская ГСХА [под ред. Лиханова В.А.].- Киров : Вятская ГСХА, 2009.- 294 с.