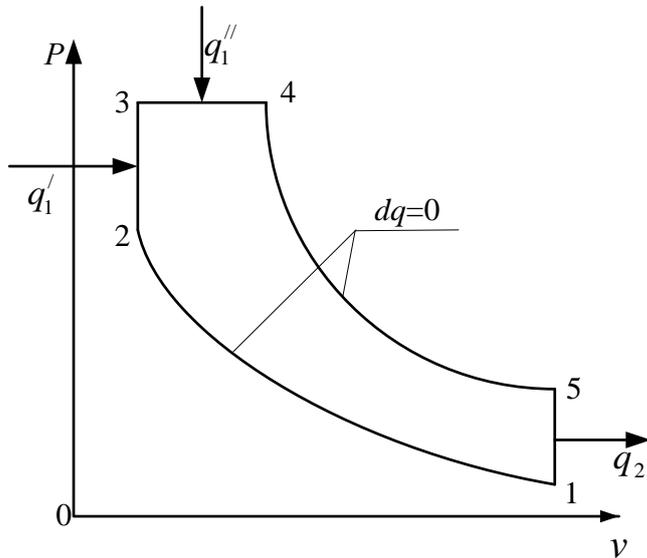


**Задания и методические указания
для выполнения расчетно-графической работы**
Тема: Расчет циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

I. Выполнить расчет идеального цикла ДВС со смешанным (изохорно-изобарным) подводом тепла (цикла Тринклера).



Исходные данные выбрать из таблиц 1, 2 и 3 по двум последним цифрам шифра и начальной букве фамилии студента.

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

3. На миллиметровой бумаге в масштабе расставить положения узловых точек в

Рисунок 1 – Идеальный цикл ДВС со смешанным подводом тепла

P - v координатах. Адиабаты 1-2 (процесса сжатия) и 4-5 (процесса расширения) построить, предварительно определив положения 5...6 промежуточных точек по каждому процессу.

4. Изобразить характерные точки на диаграмме в T - S координатах масштабе. При построении процессов в TS координатах рассчитать положения 5-6 промежуточных точек для каждого процесса (начальную точку нужно взять на оси ординат).

5. Расчеты выполнить в развернутом виде с соответствующими пояснениями.

6. 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).

9. Сформулировать выводы по приведенным циклам.

Исходные данные для выполнения:

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	0,9	1,05	0,95	1,1	0,9	1	0,95	0,85	1
$t_1, ^\circ\text{C}$	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	0
ε - степень сжатия	16,7	17	18	16,4	17,5	16,5	17,5	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	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	1,98	2,01

Таблица 3

Степень предварительного расширения

Начальная буква фамилии	Параметры													
	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
ρ - степень предварительного расширения	1,18	1,15	1,2	1,25	1,3	1,18	1,15	1,2	1,25	1,3	1,21	1,18	1,15	1,2

II. Методические указания по выполнению расчетов

Рассматриваемые циклы являются идеальными, при их рассмотрении приняты допущения:

1. Циклы замкнуты и в них рассматриваются только основные процессы, определяющие цикл.
2. Рабочим телом считается 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.

С учетом приведенных допущений необходимо рассчитать цикл ДВС со смешанным подводом тепла (цикл Тринклера), для чего нужно определить параметры рабочего тела в характерных точках.

Газовая постоянная воздуха определяется:

$$R = (\mu R) / \mu = 8314,9 / 29 = 286,8 \text{ [Дж/кгК]},$$

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:

$$v_2 = v_1 / \varepsilon, \text{ [м}^3/\text{кг]} \quad P_1 v_1^k = P_2 v_2^k \quad P_2 = P_1 \cdot \varepsilon^k, \text{ МПа} \quad T_2 = (P_2 v_2) / R, \text{ К};$$

где ε - степень сжатия, $k = 1,40$ - показатель адиабаты для воздуха как для двухатомного газа.

Определим параметры точки 3: $v_2 = v_3$ - из графика цикла;

$$P_3 = P_2 \cdot \lambda, \text{ МПа} \quad T_3 = T_2 \cdot \lambda, \text{ К}; \text{ где } \lambda - \text{ степень повышения давления.}$$

Определим параметры точки 4: $P_3 = P_4$; $T_4 = T_3 \rho$;

$$v_4 = v_3 \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{кг}. \text{ Здесь } \rho - \text{ степень предварительного расширения.}$$

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

$$P_5 = P_4 (v_4 / v_5)^k, \text{ МПа}; \quad T_5 = (P_5 v_5) / R, \text{ К}$$

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

$$\text{удельные объемы в данных точках: } v_i = v_1 \sqrt[k]{\frac{P_1}{P_i}}, \text{ м}^3/\text{кг}$$

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:

$$C_p - C_v = R, \text{ Дж/кгК} \quad \text{и} \quad C_p / C_v = k.$$

Отведенное тепло будет равно: $q_2 = C_v(T_5 - T_1)$, Дж/кг

Работа цикла будет: $l_y = q_1 - q_2$, Дж/кг

Тогда КПД цикла будет: $\eta_t = (q_1 - q_2) / q_1$.

Термический КПД можно также определить из выражения:

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

Для построения диаграммы цикла в T - S координатах воспользуемся выражениями $\Delta S_{1-2} = 0$ и $\Delta S_{4-5} = 0$. Эти процессы адиабатные, то есть, изоэнтропные.

Для изохорных процессов 2-3 и 5-1: $\Delta S_{2-3} = C_v \ln(T_3/T_2)$, $\Delta S_{5-1} = C_v \ln(T_5/T_1)$,

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 значения изменения 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.

Сравнение циклов ДВС осуществить для двух случаев:

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

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

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

$$q_1^O = C_v(T_{4O} - T_2) \quad q_1^D = C_p(T_{4D} - T_2)$$

Определим значения температур T_{4o} и $T_{4д}$: $T_{4o} = \frac{q_1^T}{C_V} + T_2$; $T_{4д} = \frac{q_1^T}{C_P} + T_2$.

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

Значения температур T_{5o} , и $T_{5д}$ для циклов Отто и Дизеля можно также определить из соотношений: $\Delta S_{2-4o} = \Delta S_{5o-1}$, $\Delta S_{2-4д} = \Delta S_{5д-1}$ или

$$C_V \ln(T_{4o}/T_2) = C_V \ln(T_{5o}/T_1) \qquad C_P \ln(T_{4д}/T_2) = C_V \ln(T_{5д}/T_1)$$

$$C_P \ln(T_{4д}/T_2) = C_V \ln(T_{5д}/T_1)$$

Положения точек $T_{5д}$ 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 $q_{2o} = c_v(T_{5o} - T_1)$, $q_{2д} = c_v(T_{5д} - T_1)$.

$$\text{КПД определяется по формулам: } \eta_D = 1 - \frac{q_2^D}{q_1} \qquad \eta_O = 1 - \frac{q_2^O}{q_1}$$

2. *Второй случай сравнения.* Производится для случая, когда максимальная температура и максимальное давление одинаковы для всех трех циклов. При этом точки 4,5 и 1 общие для всех трех заданных циклов, то есть, количество отводимого тепла во всех случаях одинаковое. Из точки 4 нужно построить изохорный процесс до точки 2_o и изобарный процесс до точки 2_д, для этого воспользуемся зависимостями:

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

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

Используя равенство $\Delta S_{2д-4} = \Delta S_{5-1} = \Delta S_{2o-4}$, определим значения температур T_{2o} и $T_{2д}$. Для нахождения положения промежуточных точек выбираем произвольно температуры T_a , T_b , T_c между температурами точек 3_o - 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

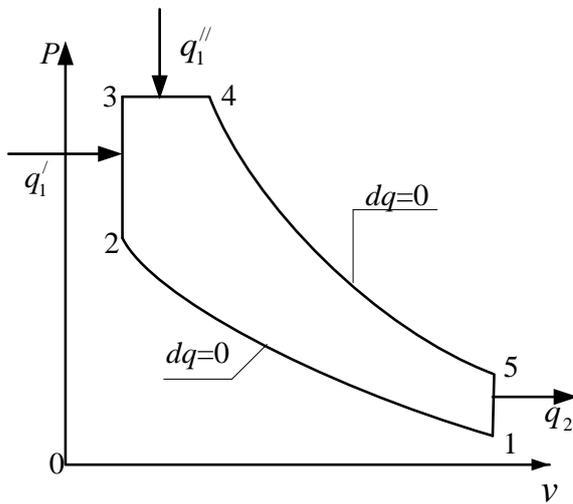
чего определить $q_1^o = C_v(T_4^T - T_2^o)$ $q_1^D = C_p(T_4^T - T_2^D)$

В этом случае расчет КПД производится так: $\eta_D = 1 - \frac{q_2^T}{q_1^D}$; $\eta_o = 1 - \frac{q_2^T}{q_1^o}$.

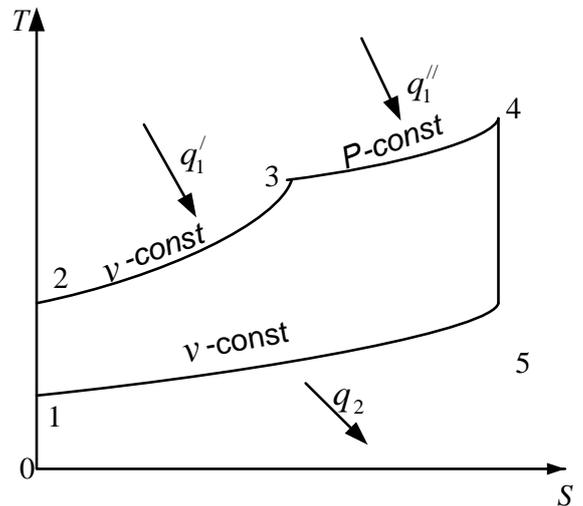
III. Методические указания для выполнения графической части

На листах графической части необходимо привести угловые штампы. Величины давления, объемов, температур и изменения энтропии нужно изобразить в масштабе. Привести таблицу 4.

Сформулировать выводы по приведенным циклам.

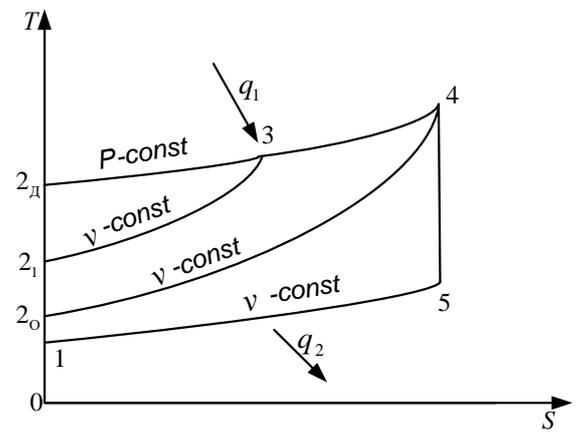
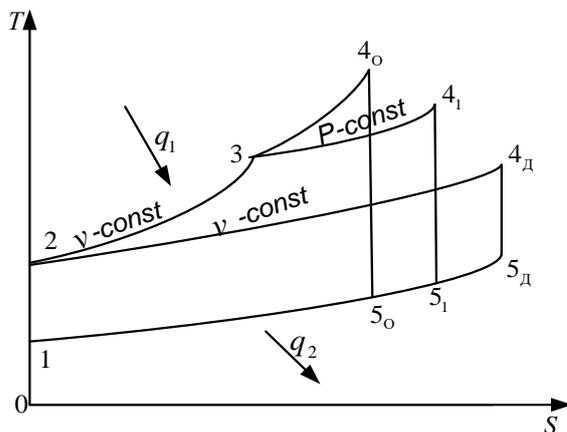


а) лист 1



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

Графическую часть рекомендуется выполнить на миллиметровой бумаге формата А2 . Привести список использованной литературы. Работу следует подписать.