

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ТИХООКЕАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Решения задач размещены
на сайте zadachi24.ru**

Кафедра двигателей внутреннего сгорания

Газотурбинные установки

методические указания и задания к выполнению контрольной работы
для студентов направления БНД
всех форм заочного обучения

Составитель: Тимошенко Д.В.

Хабаровск
ЦДОТ-ТОГУ
2018

СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполняемая контрольная работа направлена на формирование у студента предусмотренных компетенций для чего решаются следующие задачи:

1. Знакомство с принципами работы, основами устройства и конструкции ГТУ, применяемых в газотранспортной отрасли.
2. Твердое понимание термодинамических основ рабочего процесса ГТУ, рассматриваемых схем.
3. Расчет характерных точек теоретического и действительного термодинамических циклов ГТУ.
4. Расчет основных параметров, характеризующих эффективность циклов ГТУ.

Обратите внимание:

- в исходных данных и в расчетах все давления – абсолютные;
- используется абсолютная шкала температур и система единиц СИ:
 - давление p , МПа;
 - температура T , К;
 - плотность ρ , кг/м³;
 - удельный объем v , м³/кг.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Для определения исходных данных к контрольной работе используются две последних цифры номера зачетной книжки. Вариант задания выбираются из предложенной таблицы в следующей последовательности:

- по предпоследней цифре номера (0 и 1, 2 и 3, 4 и 5, 6 и 7, 8 и 9);
- по последней цифре номера (от 0 до 9).

Будьте внимательны! Если вариант задания определен неправильно, работа не рассматривается.

Контрольная работа

Расчет теоретического и действительного циклов ГТУ

Схема ГТУ и расчетный цикл. Выполняется расчет простого цикла ГТУ для условной двухвальной установки. Схема установки и теоретический цикл в координатах «давление p – удельный объем v » представлены на рис. 1.

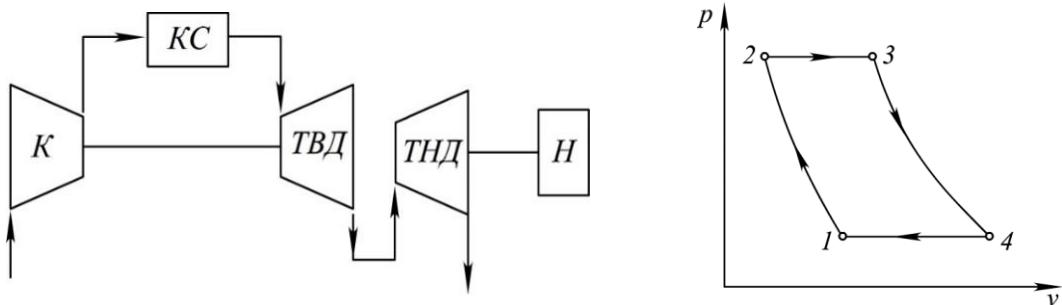


Рис. 1. Схема ГТУ и ее идеальный цикл:
 K – компрессор; $КС$ – камера сгорания; $ТВД$ – турбина высокого давления;
 $ТНД$ – турбина низкого давления; $Н$ – нагнетатель

Исходные данные.

- параметры окружающей среды $p_0 = 0,1$ МПа; $T_0 = 293$ К;
- степень повышения давления в компрессоре π_K ;
- степень повышения температуры в КС θ ;
- изоэнтропический (адиабатический) КПД компрессора η_K ;
- внутренний КПД турбины η_T .

Рабочее тело ГТУ. При расчете *теоретического цикла* (цикл Брайтона), состоящего из двух изобар и двух адиабат, полагаем, что рабочим телом на протяжении всего процесса является воздух, для которого:

- показатель адиабатного процесса $k = 1,4$;
- газовая постоянная $R = 287,4$ Дж/(кг·К);
- теплоемкость в изобарном процессе $c_p = \frac{kR}{k-1}$, Дж/(кг·К).

При расчете *действительного цикла* полагаем, что в компрессоре сжимается воздух (термодинамические параметры указаны выше), а в газовой турбине расширяется смесь продуктов сгорания органического топлива и воздуха, для которой:

- показатель адиабатного процесса $k_2 = 1,37$;
- газовая постоянная $R_2 = 285$ Дж/(кг·К);
- теплоемкость в изобарном процессе $c_{p_2} = \frac{k_2 R_2}{k_2 - 1}$, Дж/(кг·К).

При расчете циклов пренебрегаем влиянием температуры на термодинамические параметры рабочего тела.

Расчет характерных точек теоретического цикла. В характерных точках цикла необходимо рассчитать значения давления p , температуры T и удельного объема v . Процесс сжатия:

$$p_1 = p_0, \quad T_1 = T_0, \quad v_1 = \frac{1}{\rho_1} = \frac{RT_1}{p_1},$$

$$\pi_K = \frac{p_2}{p_1}, \quad p_2 = p_1 \pi_K, \quad T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}, \quad v_2 = \frac{1}{\rho_2} = \frac{RT_2}{p_2}.$$

Подвод тепла при $p = \text{const}$ (процесс сгорания):

$$p_3 = p_2, \quad \Theta = \frac{T_3}{T_2}, \quad T_3 = T_2 \Theta, \quad v_3 = \frac{1}{\rho_3} = \frac{RT_3}{p_3}.$$

Процесс расширения:

$$p_4 = p_0, \quad \pi_T = \frac{p_3}{p_4}, \quad \pi_T = \pi_K, \quad T_4 = T_3 \left(\frac{p_4}{p_3} \right)^{\frac{k-1}{k}}, \quad v_4 = \frac{1}{\rho_4} = \frac{RT_4}{p_4}.$$

Параметры теоретического цикла.

Работа компрессора (работа, потраченная на сжатие)

$$L_{Kad} = \frac{k}{k-1} R T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

Количество подведенного тепла

$$Q_1 = c_P (T_3 - T_2)$$

Работа турбины (работа, полученная в результате расширения)

$$L_{Tad} = c_P (T_3 - T_4)$$

Количество отведенного тепла

$$Q_2 = c_P (T_4 - T_1)$$

Полезная работа ГТУ (удельная)

$$L_{GTV} = L_{Tad} - L_{Kad}$$

Термический КПД цикла

$$\eta_t = \frac{L_{GTV}}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Расчет характерных точек действительного цикла.

Процесс сжатия:

$$p_1 = p_0, \quad T_1 = T_0, \quad v_1 = \frac{1}{\rho_1} = \frac{RT_1}{p_1},$$

$$p_2 = p_1 \pi_K, \quad T_{2a\delta} = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{k}}, \quad T_2 = T_1 + (T_{2a\delta} - T_1) \frac{1}{\eta_K}, \quad v_2 = \frac{1}{\rho_2} = \frac{RT_2}{p_2}.$$

Подвод тепла при $p = const$ (процесс сгорания):

$$p_3 = p_2 \sigma_{KC}, \quad T_3 = T_2 \Theta, \quad v_3 = \frac{1}{\rho_3} = \frac{R_e T_3}{p_3},$$

$\sigma_{KC} = 0,95 - 0,98$ – коэффициент, учитывающий сопротивление камеры сгорания.

Процесс расширения:

$$p_4 = p_0, \quad \pi_T = \frac{p_3}{p_4}, \quad T_{4a\delta} = T_3 \left(\frac{p_4}{p_3} \right)^{\frac{1}{k_e}}, \quad T_4 = T_3 - (T_3 - T_{4a\delta}) \eta_T, \quad v_4 = \frac{1}{\rho_4} = \frac{R_e T_4}{p_4}.$$

Параметры действительного цикла.

Работа компрессора

$$L_K = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{k}} - 1 \right] \frac{1}{\eta_K}$$

Количество подведенного тепла

$$Q_1 = c_{Pcp} (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} (c_p + c_{P_e}) (T_3 - T_2)$$

Работа турбины

$$L_T = c_{P_e} (T_3 - T_4)$$

Полезная работа ГТУ

$$L_{TV} = L_T - L_K$$

Внутренний КПД ГТУ (КПД действительного цикла)

$$\eta_i = \frac{L_{TV}}{Q_1}$$

Эффективный КПД ГТУ

$$\eta_e = \eta_i \eta_M,$$

$\eta_M = 0,98$ – механический КПД ГТУ.

Построение диаграммы циклов в координатах p - v . Диаграммы теоретического и действительного циклов строятся в одной системе координат. Построение выполняется от руки на координатно-масштабной бумаге («миллиметровке») формата А4. Масштаб по осям произвольный. На диаграмму наносятся рассчитанные характерные точки; линии процессов сжатия и расширения изображаются

условно произвольными кривыми (см. рис. 1); процессы подвода и отвода тепла – прямые линии.

Варианты заданий

Предпослед- ние цифры номера	Последние цифры номе- ра	π_K	Θ	η_K	η_T
0 и 1	0	14	2	0,86	0,86
	1	12	1,6	0,86	0,89
	2	13	1,7	0,87	0,88
	3	14	1,8	0,88	0,87
	4	15	1,9	0,89	0,86
	5	16	2	0,9	0,87
	6	17	1,6	0,89	0,88
	7	18	1,7	0,88	0,89
	8	12	1,8	0,87	0,88
	9	13	1,9	0,86	0,87
2 и 3	0	15	1,6	0,87	0,87
	1	16	1,7	0,88	0,88
	2	17	1,8	0,89	0,89
	3	18	1,9	0,9	0,88
	4	12	2	0,89	0,87
	5	13	1,6	0,88	0,86
	6	14	1,7	0,87	0,87
	7	15	1,8	0,86	0,88
	8	16	1,9	0,86	0,89
	9	17	2	0,87	0,88
4 и 5	0	18	1,6	0,88	0,87
	1	12	1,7	0,89	0,86
	2	13	1,8	0,9	0,87
	3	14	1,9	0,89	0,88
	4	15	2	0,88	0,89
	5	16	1,6	0,87	0,88
	6	17	1,7	0,86	0,87
	7	18	1,8	0,86	0,86
	8	12	1,9	0,87	0,87
	9	13	2	0,88	0,88
6 и 7	0	12	1,6	0,87	0,86
	1	13	1,6	0,88	0,89
	2	14	1,7	0,89	0,88
	3	15	1,7	0,9	0,87
	4	15	1,8	0,89	0,86
	5	16	1,8	0,88	0,87

	6	16	1,9	0,87	0,88
	7	17	1,9	0,86	0,89
	8	17	2	0,86	0,88
	9	18	2	0,87	0,87
8 и 9	0	18	2	0,9	0,89
	1	18	2	0,89	0,89
	2	17	1,9	0,89	0,88
	3	16	1,9	0,88	0,88
	4	15	1,8	0,88	0,88
	5	14	1,8	0,88	0,88
	6	13	1,7	0,87	0,87
	7	13	1,7	0,87	0,87
	8	12	1,6	0,86	0,87
	9	12	1,6	0,86	0,86