

**КУРСОВАЯ РАБОТА
ПО
ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКЕ
Методическая разработка
для студентов второго курса
по образовательной программе
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Составитель:
БОРИСОВ Борис Владимирович**

ТПУ, Томск, 2016 г.

Методическая разработка составлена в соответствии с программой и учебным планом дисциплины "Техническая термодинамика" и содержит задания по термодинамическому анализу наиболее характерных процессов и циклов.

Приводится список рекомендуемой литературы.

Предназначена для студентов 2 курса академического бакалавриата по образовательной программе 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ВВЕДЕНИЕ

Для поддержания и развития положительных тенденций в развитии экономики нашей страны необходимо широкое обновление средств и методов производства, использование высокопроизводительных энерго- и ресурсоэффективных технологий и оборудования. Такое оборудование и технологии отличаются широким применением приемов регенерации и утилизации тепла, эффективной трансформацией различных видов энергии друг в друга.

Теплота используется для выработки различного вида энергий и для интенсификации технологических процессов.

Энергетическая эффективность и степень совершенства теплотехнического оборудования во многом определяется тем, насколько глубоко и правильно был проведен термодинамический анализ еще на этапе их проектирования. Для термодинамического анализа процессов трансформации различных видов энергии зачастую используется метод циклов, сущность которого состоит в том, что путем некоторого упрощения и идеализации реальных процессов рабочий процесс устройства описывают рядом последовательных термодинамических процессов, в результате которых рабочее тело (обычно газ или пар) приходит в первоначальное состояние. Такие круговые процессы или циклы могут повторяться неограниченное число раз, каждый раз сопровождаясь определенной трансформацией и перераспределением подводимой извне энергии.

Выполнение настоящей курсовой работы (КР) будет способствовать более глубокому пониманию процессов трансформации энергии с помощью теплоты и работы в реальных теплоэнергетических установках.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Работа включает решение отдельных индивидуальных задач (ИДЗ) в течение всего учебного семестра. Задачи размещаются на индивидуальной странице преподавателя портала ТПУ. Все выполненные в течение семестра ИДЗ оформляются в виде единого документа – пояснительной записки о выполнении КР. Выполнение КР является обязательным условием положительной аттестации студента.

Код варианта выполнения индивидуального задания определяется каждому студенту в начале семестра.

При выполнении КР необходимо:

1. внимательно ознакомиться с содержанием задач;
2. по материалам лекций изучить теоретический материал соответствующих тем, обращая особое внимание на методики практических расчетов;
3. отдельные темы изучить по учебникам рекомендованной литературы;
4. подробно ознакомиться с описанием цикла или процесса, предложенного для анализа;
5. провести расчет задач с помощью калькулятора и таблиц;
6. проверить правильность своих расчетов (если это необходимо используя $h-s$ диаграммы);
7. оформить отчет (пояснительную записку) о курсовой работе, соблюдая все требования к оформлению подобных отчетов согласно стандарта печатных и рукописных работ [1], разработанного и утвержденного ТПУ;
8. защитить работу перед комиссией из двух-трех преподавателей выпускающей кафедры;
9. если при подготовительной работе или в процессе расчетов возникают вопросы или неясности, студенту необходимо обращаться к преподавателю за консультациями, которые организуются кафедрой.

Краткий перечень основных требований к оформлению отчета, вытекающих из [1]:

1. Отчет должен начинаться титульным листом, включать «Реферат», "Содержание", а завершаться списком использованной литературы.
2. Каждая ИДЗ должна включаться в отчет в виде отдельного раздела.
3. Отчет должен быть напечатан написан черными (синими) чернилами (пастой) аккуратным, разборчивым почерком (или напечатан на принтере) на листах формата А4 (209 × 297, допускается на обеих сторонах листов с небольшими отклонениями по размерам).
4. Графический материал (эскизы, диаграммы, графики) можно рисовать мягким карандашом на небольших листках миллиметровой бумаги, наклеивая их на страницы отчета. Каждый рисунок должен сопровождаться развернутой подписью.
5. Все расчеты оформляются в развернутом виде: сначала записывается формула, далее знак равенства и численные значения всех входящих в формулу параметров в той же последовательности, как они стоят в формуле, далее знак равенства и результат вычисления и его размерность, если это размерная величина.
6. Все расчеты проводятся в международной системе измерения физических величин (система СИ).
7. Справочные данные из устаревших учебников или справочников выписываются так, как они приведены в первоисточнике и сразу же переводятся в систему СИ.
8. Расчетные формулы обязательно должны сопровождаться лаконичными пояснениями, включающими и полную расшифровку всех принятых условных обозначений.
9. Все справочные величины и отдельные важнейшие теоретические положения должны сопровождаться ссылками на использованные литературные источники.

ОСНОВНОЕ (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ) ИДЗ

Расчет цикла паросиловой установки (ПСУ)

Рассматривается регенеративный цикл паросиловой установки с промежуточным перегревом и тремя отборами пара после промежуточного перегрева (Рис. 1).

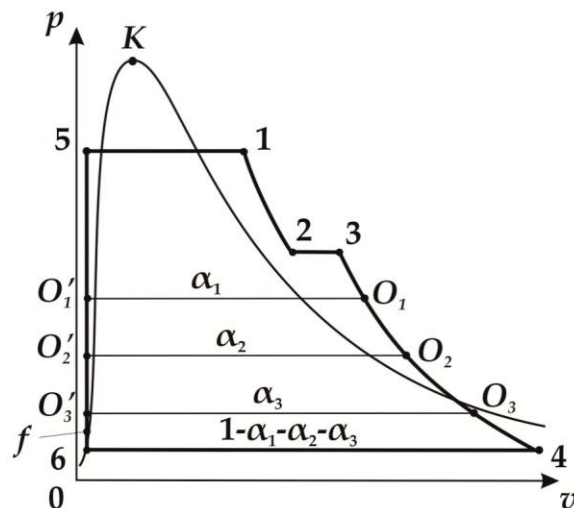


Рисунок 1. Диаграмма цикла ПСУ

Пар отборов используется для регенерации теплоты. Варианты схем подключения регенеративных подогревателей питательной воды (РППВ) представлены на рисунке 2. Промежуточный перегрев осуществляется до достижения температурой пара значения температуры перед входом в турбину: $t_3 = t_1$. Значения параметров пара перед входом в турбину (p_1, t_1), давление промежуточного перегрева (p_2) и давления отборов (p_{o1}, p_{o2}, p_{o3}) по вариантам представлены в таблице 1.

Значения давления в конденсаторе (p_4), внутреннего относительного КПД турбины (η_{oi}), механического КПД (η_M), КПД генератора электрического тока (η_{Γ}) и КПД котельной установки ($\eta_{ку}$) по вариантам приведены в таблице 2.

Представить:

- схему ПСУ с соответствующим варианту и указаниям преподавателя расположением пароперегревателей, РППВ, ступеней турбины, насосов и паровых магистралей;

- T - s и h - s диаграммы цикла с реальным (соответствующим варианту и указаниям преподавателя) положением контурных точек внутри или вне области насыщения.

Определить следующие удельные величины:

- параметры (p, t, h, s) всех (1, 2, 3, 4, 5, 6, $O_1, O_1', O_2, O_2', O_3, O_3'$) контурных точек цикла;
- доли пара, направляемые в отборы ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$);
- там, где это необходимо, энтальпию конденсата после смешения его с дренажем отборов (h_f);
- термический КПД цикла (η_t);
- теплоту, полученную при сгорании топлива (q'), необходимую для этого массу топлива m' (при теплоте сгорания $Q_H^p = 30 \text{ МДж/кг}$) и количество полученной электроэнергии (l_3).

Работой насосов и недогревом питательной воды до температуры греющего пара в поверхностных подогревателях пренебречь.

По требованию преподавателя при построении диаграмм и в расчетах необходимо учитывать реальное положение точек (O_1', O_2', O_3') в области недогретой, а не на линии кипящей воды.

Результаты расчета представить в виде таблиц 3, 4.

Определить КПД обратимого цикла Карно, соответствующего данному циклу ($\eta_t^{\text{оцк}}$). Провести сравнительный анализ η_t и $\eta_t^{\text{оцк}}$. Объяснить причины расхождений. Привести анализ возможности применения цикла Карно в реальных ПСУ.

Код варианта расчета ПСУ составляется в соответствии со следующим соотношением: код варианта схемы подключения РППВ из Рис. 2 _ код варианта задания параметров пара для расчета из табл. 1 _ код варианта задания параметров ПСУ для расчета из табл. 2.

Например, A08_11_07 означает, что выбирается восьмая схема из столбца «А», одиннадцатый вариант задания параметров пара и седьмой вариант задания параметров ПСУ.

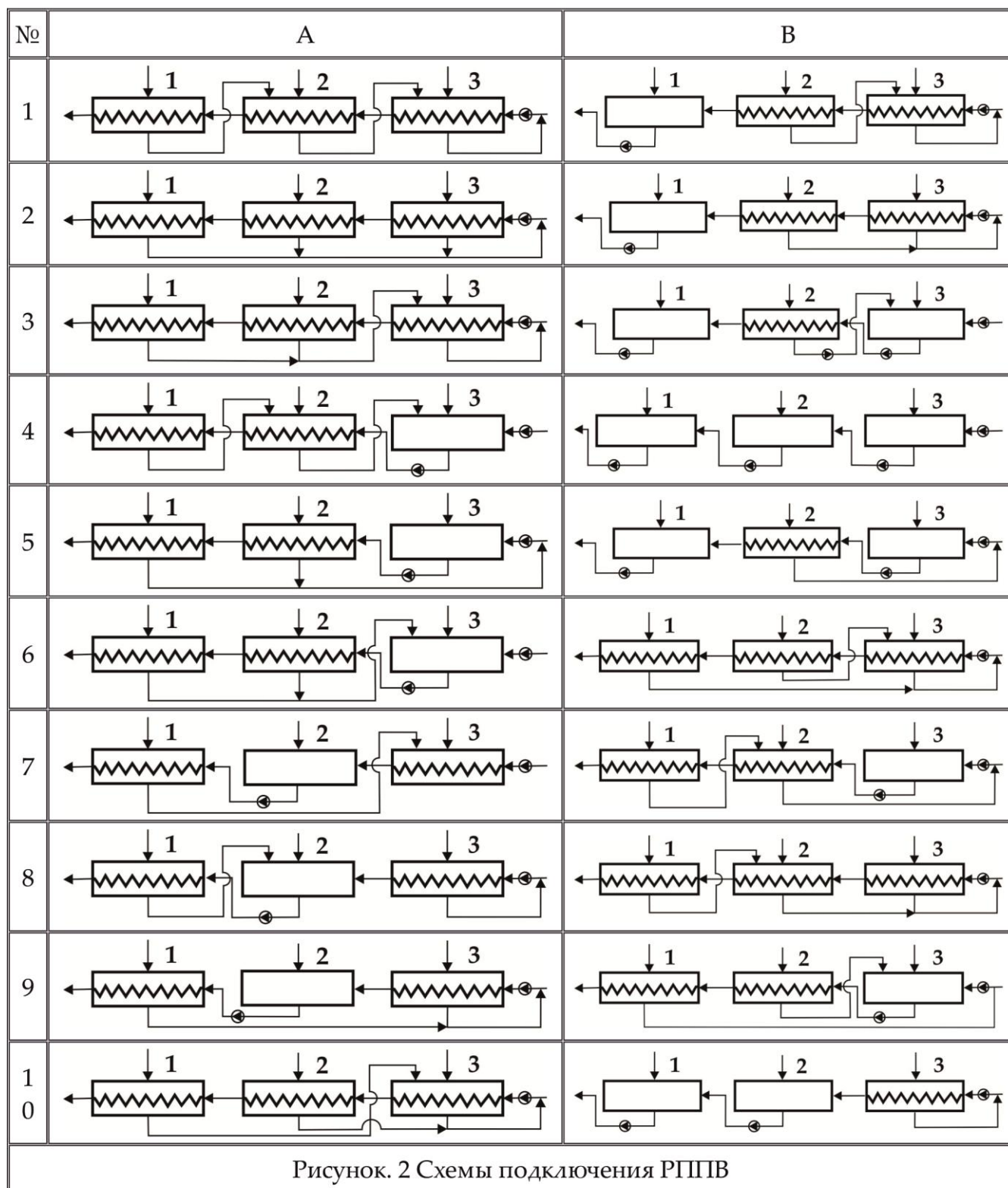


Таблица 1. Варианты задания параметров пара для расчета

№	p_1 бар	t_1 °C	p_2 бар	p_{o1} бар	p_{o2} бар	p_{o3} бар	№
1	150	450	40	15	10	5	1
2						2	2
3						1	3
4				20	15	5	4
5						1	5
6		500	50	40	20	5	6
7						2	7
8						1	8
9					10	5	9
10						1	10
11	180	500	50	40	20	10	11
12						5	12
13						2	13
14					15	5	14
15						1	15
16	200	500	50	30	20	10	16
17						5	17
18						1	18
19					15	5	19
20						1	20
21		550	60	40	20	10	21
22						5	22
23						1	23
24					15	5	24
25						1	25
26		580	70	50	20	10	26
27						5	27
28						1	28
29					30	10	29
30						5	30

Таблица 2. Варианты задания параметров ПСУ для расчета

№	p_4 , бар	η_{0i}	η_{Γ}	η_M	$\eta_{\text{КУ}}$
1	0.02	0.76	0.98	0.96	0.86
2	0.02	0.78	0.97	0.95	0.87
3	0.02	0.79	0.96	0.94	0.88
4	0.03	0.80	0.98	0.92	0.87
5	0.03	0.76	0.97	0.96	0.86
6	0.03	0.78	0.96	0.95	0.87
7	0.04	0.79	0.98	0.94	0.88
8	0.04	0.80	0.97	0.92	0.87
9	0.04	0.76	0.96	0.96	0.86
10	0.04	0.79	0.98	0.95	0.88

Таблица 3. Параметры контурных точек цикла

$N_{\text{точки}}$	p	t	h	s
	бар	°C	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
1				
2				
...				
O_3'				

Таблица 4. Результаты расчета

α_1	α_2	α_3	h_f	η_t	q'	m'	l_{Σ}
-	-	-	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	-	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Рекомендуемая литература

Основная

1. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления. СТО ТПУ 2.5.01-2006. От 12.04.06 № 22/од.
2. Кириллин, Владимир Алексеевич. Техническая термодинамика : учебник для вузов / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. — 495 с.: ил
3. Александров, Алексей Александрович. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. — 2-е изд., стер. — Москва: Изд-во МЭИ, 2006. — 168 с.
4. Сборник задач по технической термодинамике : учебное пособие для вузов / Т. Н. Андрианова [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Изд-во МЭИ, 2000. — 356 с.: ил
5. Голдаев, Сергей Васильевич Основы технической термодинамики : учебное пособие для вузов / С. В. Голдаев, Ю. А. Загромов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 224 с.: ил..
6. Зубарев, Владимир Николаевич Практикум по технической термодинамике : учебное пособие / В. Н. Зубарев, А. А. Александров, В. С. Охотин. — 3-е изд., перераб.. — Москва: Энергоатомиздат, 1986. — 303 с.
7. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 2-е изд.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше..

Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2407.pdf>

Дополнительная

1. Техническая термодинамика: учебное пособие / под ред. В. И. Крутова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Высшая школа, 1991. — 382 с
2. Вукалович, Михаил Петрович Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / М. П. Вукалович, С. Л. Ривкин, А. А. Александров. — Москва: Изд-во стандартов, 1969. — 408 с..

1. Теплотехника : учебник для вузов / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. — 7-е изд., испр.. — Москва: Высшая школа, 2009. — 671 с.: ил.
2. Коновалова, Лидия Степановна Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика : учебное пособие / Л. С. Коновалова, Ю. А. Загоров; Томский политехнический университет; Институт дистанционного образования. — 3-е изд., стер.. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 136 с.: ил..
3. Борисов, Борис Владимирович Практикум по технической термодинамике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. В. Борисов, А. В. Крайнов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра теоретической и промышленной теплотехники (ТПТ). — 1 компьютерный файл (pdf; 4.1 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..

Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m410.pdf>