

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»  
Высшая школа технологии и энергетики  
Кафедра теплосиловых установок и тепловых двигателей**

# **ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

## **Выполнение курсовой работы**

Методические указания для студентов очной и заочной форм  
обучения по направлению подготовки  
13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника

Составители:  
В. Г. Злобин  
А. Е. Калинин  
А. Н. Кондратенко

Санкт-Петербург  
2024

Утверждено  
на заседании кафедры ТСУиТД  
24.10.2023г., протокол № 2

Рецензент С. Н. Смородин

Методические указания соответствуют программам и учебным планам дисциплины «Техническая термодинамика» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

В методических указаниях изложены основные аспекты термодинамического расчета различных циклов паротурбинных установок, в том числе с промежуточным перегревом пара, с отбором пара на регенерацию, с отбором пара на теплофикации.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД  
в качестве методических указаний

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 07.03.2024 г. Рег. № 5144/24

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ЦИКЛОВ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК.....	6
1.1. Цикл Ренкина на перегретом паре .....	6
1.2. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.....	9
1.3. Цикл Ренкина с регенеративным отбором пара .....	12
1.4. Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара и двумя отборами пара .....	14
1.5. Цикл ПТУ с регулируемым теплофикационным отбором пара.....	15
1.6. Цикл ПТУ с необратимыми потерями в турбине и насосе .....	18
2. СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	20
3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	20
4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	21
4.1. Оформление содержания .....	21
4.2. Оформление заголовков разделов и подразделов .....	21
4.3. Оформление перечислений (списков) .....	22
4.4. Оформление рисунков.....	22
4.5. Оформление формул и уравнений .....	23
4.6. Оформление таблиц.....	24
4.7. Оформление приложений .....	24
4.8. Оформление списка использованных источников.....	24
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	31
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	33
Приложение А. Справочные таблицы по свойствам воды и водяного пара ...	33
Приложение Б. Форма титульного листа .....	45
Приложение В. Задание на курсовую работу .....	46

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АЭС – атомная электростанция;  
К – конденсатор;  
ПГ – парогенератор;  
ПН – питательный насос;  
ПП – пароперегреватель;  
ППП – промежуточный пароперегреватель;  
ПТ – паровая турбина;  
ПТУ – паротурбинная установка;  
СП – сетевой подогреватель (бойлер);  
ТП – тепловые потребители;  
ТЭС – тепловая электростанция на органическом топливе;  
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;  
ЧВД – часть высокого давления турбины;  
ЧНД – часть низкого давления турбины;  
 $c$  – теплоемкость, кДж/(кг·К);  
 $h$  – энтальпия, кДж/кг;  
 $l$  – удельная работа, кДж/кг;  
 $p$  – давление, Па;  
 $q$  – удельное количество теплоты, кДж/кг;  
 $s$  – энтропия, кДж/(кг·К);  
 $t$  – температура, °С;  
 $v$  – удельный объем, м<sup>3</sup>/кг;  
 $x$  – степень сухости пара;  
 $V_t$  – расход топлива, кг/с;  
 $D$  – расход пара, кг/с;  
 $K$  – коэффициент;  
 $M_v$  – расход охлаждающей воды, кг/с;  
 $N$  – мощность, Вт;  
 $Q$  – полное количество теплоты, кДж;  
 $\alpha$  – доля отбора пара;  
 $\eta$  – коэффициент полезного действия (КПД).

## ВВЕДЕНИЕ

Существующие в настоящее время паровые турбины представляют собой наиболее широко распространенные двигатели, находящие применение на атомных и тепловых электростанциях, вырабатывая около 80 % в структуре электроэнергетики. При этом главной тенденцией их развития стало стремление конструкторов достичь максимальных экономических показателей работы данного оборудования, а также максимального роста единичной мощности энергетических турбин.

Сегодня как и для тепловых электростанций на органическом топливе (ТЭС), так и для атомных электростанций (АЭС), максимальная единичная мощность паровых турбин находится на уровне 1000-1200 МВт. Паровые турбины позволяют осуществлять совместную выработку тепловой и электрической энергии, что повышает эффективность их использования в составе паротурбинных установок (ПТУ). В свою очередь для достижения высокой экономичности и мощности ПТУ необходима организация ее оптимального цикла работы.

Термодинамическим циклом теплового двигателя называют круговой термодинамический процесс, в котором теплота превращается в работу. Все процессы термодинамического цикла, осуществляемого в реальном двигателе, в той или иной степени необратимы.

Необратимость процессов вызывается наличием трения в потоке рабочего тела, теплоотдачей от рабочего тела к стенке и снижает эффективность преобразования теплоты в работу. В анализе эффективности циклов решают две задачи:

- 1) определяют, от каких факторов зависит КПД обратимого термодинамического цикла и какими должны быть процессы цикла, чтобы его КПД имел наибольшее значение при заданных конкретных ограничительных условиях;
- 2) находят степень необратимости процессов действительного цикла и устанавливают, какие процессы целесообразно совершенствовать в целях уменьшения необратимых потерь и повышения КПД цикла.

В предлагаемых методических указаниях изложены основные аспекты термодинамического расчета различных циклов паротурбинных установок, в том числе с промежуточным перегревом пара, с отбором пара на регенерацию, с отбором пара на теплофикацию.

Методические указания подготовлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины «Техническая термодинамика» для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» профиль подготовки «Промышленная теплоэнергетика» и «Энергетика теплотехнологий».

Методические указания могут быть полезны для магистров направления 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» («Технология производства электрической и тепловой энергии»), а также для инженерно-технических работников предприятий теплоэнергетического комплекса.

# 1. ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ЦИКЛОВ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

## 1.1. Цикл Ренкина на перегретом паре

Цикл Ренкина на перегретом паре является наиболее широко используемым циклом, реализуемым на современных паротурбинных установках (ПТУ).

Цикл Ренкина формируется следующим образом (рисунок 1).

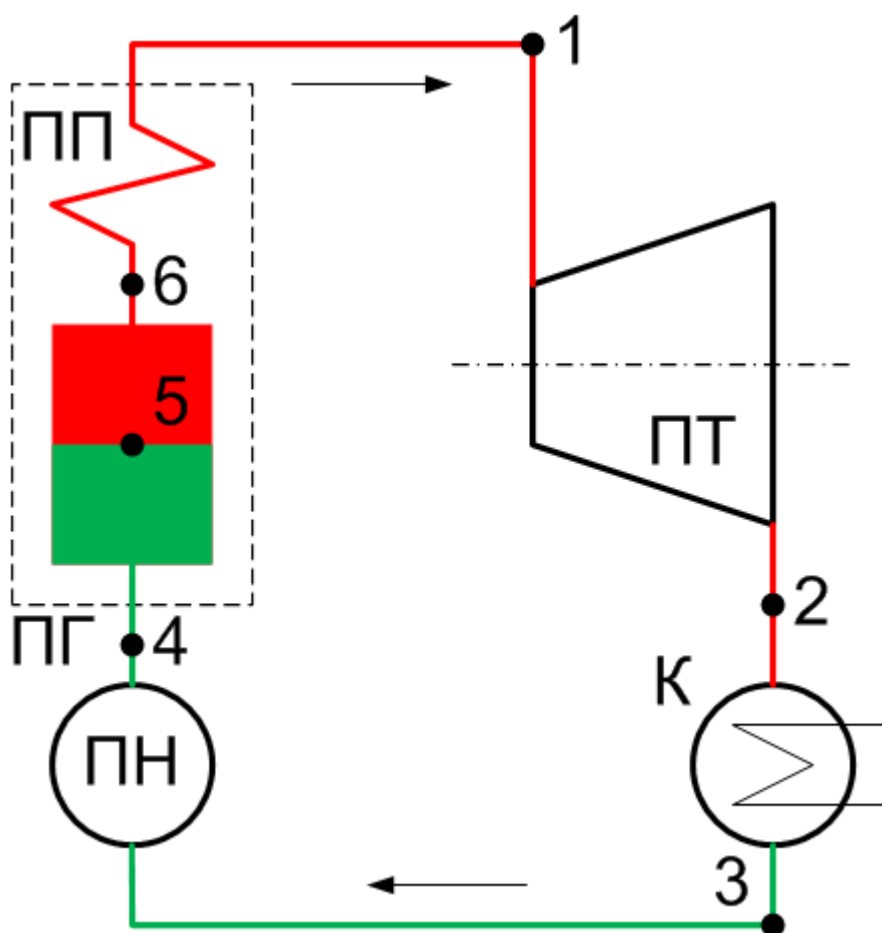


Рисунок 1 – Схема ПТУ, реализующей цикл Ренкина

Перегретый пар с давлением  $p_1$  и температурой  $t_1$  поступает в паровую турбину ПТ, где происходит его адиабатическое расширение, в ходе которого осуществляется полезная работа.

Выйдя из турбины, влажный пар с давлением  $p_2$  поступает в конденсатор К, где, отдавая теплоту охлаждающей воде, полностью конденсируется при сохранении  $p = \text{const}$  и  $t = \text{const}$ .

Полученный конденсат с помощью питательного насоса ПН, адиабатически вновь повышающего его давление до  $p_1$ , поступает в парогенератор ПГ, где ему передается теплота от продуктов сгорания топлива. В ходе нагрева при постоянном давлении  $p_1$  до температуры кипения,

конденсат испаряется, а полученный сухой насыщенный пар перегревается в пароперегревателе ПП до температуры  $t_1$ .

Реализуемый цикл, совершаемый в данной установке, представлен на рисунке 2.

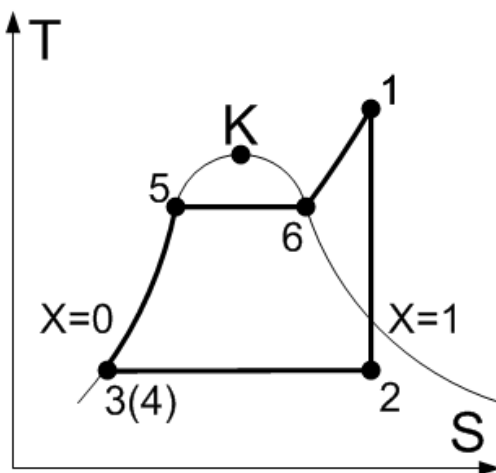


Рисунок 2 – Цикл Ренкина на перегретом паре:

1–2 – адиабатное расширение пара в ПТ; 2–3 – изобарно-изотермическая конденсация пара в К; 3–4 – адиабатно-изохорное повышение давления воды в ПН; 4–1 – изобарный подвод теплоты в ПГ с образованием перегретого пара

Удельные объемы подводимой в парогенераторе теплоты  $q_1$  и отводимой в конденсаторе теплоты  $q_2$  определяются по формулам:

$$q_1 = h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$q_2 = h_2 - h_3 \quad (2)$$

Полезная работа, осуществляемая в ходе выполнения цикла  $l_0$ , определяется в виде разности работы, вырабатываемой в турбине  $l_T$ , и работы, затрачиваемой в насосе  $l_H$ :

$$l_0 = l_T - l_H \quad (3)$$

Здесь:

$$l_T = h_1 - h_2 \quad (4)$$

$$l_H = h_4 - h_3 \quad (5)$$

Ввиду того, что работа, затрачиваемая в насосе  $l_H$ , значительно меньше работы  $l_T$ , получаемой в турбине, то в первом приближении допустимо полагать  $l_H \approx 0$ ,  $h_4 \approx h_3$ . Тогда соотношения (1–3) принимают следующий вид:

$$q_1 = h_1 - h_3 \quad (6)$$

$$q_2 = h_2 - h_3 \quad (7)$$

$$l_0 = l_T = h_1 - h_2 \quad (8)$$

Термический КПД цикла определяет долю подводимой теплоты, преобразованной в цикле в полезную работу:

$$\eta_t = \frac{l_0}{q_1} \quad (9)$$

Расход пара  $D$ , кг/с, будет равен:

$$D = \frac{N}{l_0}, \quad (10)$$

где  $N$  – мощность установки, кВт.

Расход топлива  $B_T$ , кг/с, сжигаемого в парогенераторе:

$$B_T = \frac{q_1 D}{Q_H^p \eta_{пг}} \quad (11)$$

Здесь:

$Q_H^p$  – теплотворная способность топлива, кДж/кг;

$\eta_{пг}$  – КПД парогенератора.

Для конденсации пара в конденсаторе используется холодная вода, расход которой  $M_B$ , кг/с, определяется по формуле (12):

$$M_B = \frac{q_2 D}{c_B \Delta t_B}, \quad (12)$$

где  $c_B$  – теплоемкость воды, 4,19 кДж/(кг\*К);

$\Delta t_B$  – разность температур охлаждающей воды на входе и выходе из конденсатора.

Параметры и функции в характерных точках цикла определяются по таблицам термодинамических свойств воды и водяного пара, представленные в Приложении А. По начальным параметрам перегретого пара перед турбиной  $p_1$  и  $t_1$  находятся: энтальпия  $h_1$ , энтропия  $s_1$  и удельный объем  $v_1$ . При необходимости используется метод линейной интерполяции.

Ввиду того, что реализуется адиабатный процесс расширения пара в турбине, то энтропия  $s_2 = s_1$ . По давлению  $p_2$  и энтропии  $s_2$  находится состояние пара (как правило, пар в точке 2 влажный). Тогда вычисляется степень сухости пара из соотношения для расчета энтропии влажного пара, где:

$$s_2 = s'(1 - x) + s''x \quad (13)$$

Здесь  $s'$  и  $s''$  – параметры насыщения при заданном давлении.

Энтальпия и удельный объем влажного пара определяются по соотношениям:

$$h_2 = h'(1 - x) + h''x \quad (14)$$

$$v_2 = v'(1 - x) + v''x \quad (15)$$

Здесь  $h'$  и  $v'$  – параметры кипящей воды;

$h''$  и  $v''$  – параметры сухого насыщенного пара при давлении влажного пара  $p_2$ .

Температура влажного пара равна температуре насыщения при данном давлении.

Процесс конденсации пара 2–3 (рисунок 2) проходит при постоянных давлении и температуре, т. е.  $p_3 = p_2$ ,  $t_3 = t_2$ . Параметры и функции кипящей воды (точка 3 на диаграмме) выписываются из таблицы.

Процесс повышения давления в питательном насосе считается адиабатным, следовательно,  $s_4 = s_3$ . Тогда по давлению  $p_4 = p_1$  и энтропии  $s_4$  с помощью линейной интерполяции находится температура и энтальпия воды в точке 4.

Найденные параметры и функции сводятся в итоговую таблицу (форма табл. 1).



Таблица 1 – Термодинамические параметры по характерным точкам цикла

Состояние	Параметры					
	$p$ , бар	$t$ , °C	$h$ , кДж/кг	$s$ , кДж/(кг*К)	$v$ , м <sup>3</sup> /кг	$x$
1						
2						

Выполняется анализ данных, сведенных в таблицу 1.

## 1.2. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара

С целью повышения уровня сухости рабочего тела в последних ступенях турбины, а кроме того и с целью увеличения КПД рабочего цикла (при правильном выборе давления и температуры перегрева) используется технологический прием промежуточного перегрева пара.

Для этого пар, после того как он адиабатно расширился в части высокого давления турбины до давления  $p_a$ , повторно направляется в паровой котел, где в промежуточном пароперегревателе (ППП) дополнительно нагревается при постоянном давлении до температуры  $t_b$ , близкой к начальной температуре пара  $t_1$ .

После этого полученный перегретый пар с параметрами  $p_b = p_a$ ,  $t_b$  направляется в часть низкого давления турбины (ЧНД), где адиабатно расширяется до давления в конденсаторе  $p_2$ .

Далее движение рабочего тела соответствует обычному циклу Ренкина на перегретом паре (см. пп. 1.1).

Для реализации цикла Ренкина с промежуточным перегревом пара используется схема ПТУ, представленная на рисунке 3.

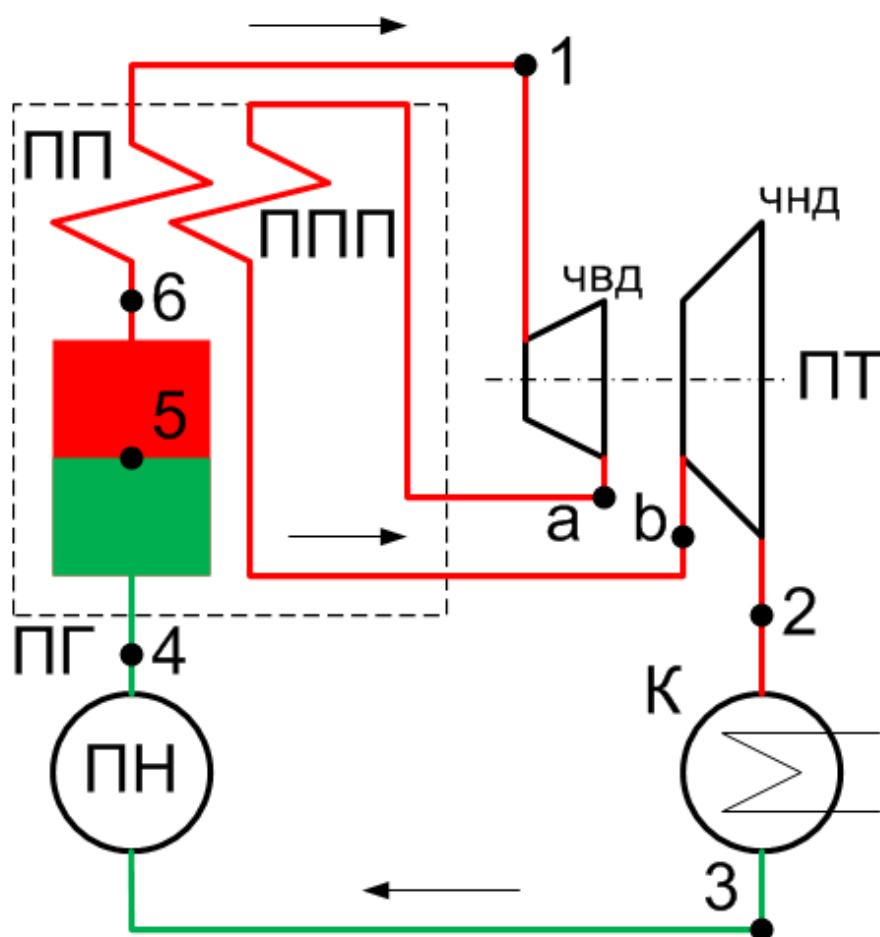


Рисунок 3 – Схема ПТУ с промежуточным перегревом пара

Определение параметров и функций перегретого пара перед турбиной описано выше.

Так как процесс расширения пара в ЧВД адиабатный, то  $s_a = s_1$ .

Тогда по давлению  $p_a$  и энтропии  $s_a$  по таблице термодинамических свойств воды и перегретого пара (см. приложение А) с применением способа линейной интерполяции находят параметры рабочего тела (пара) на входе в промежуточный пароперегреватель в точке а.

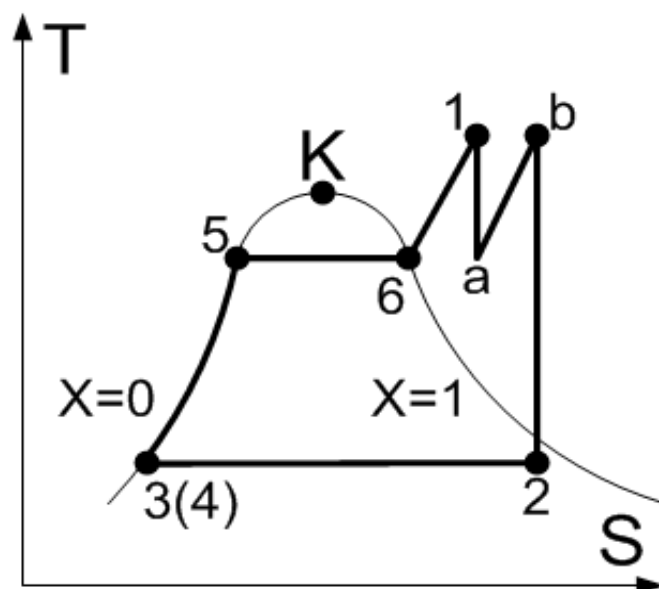


Рисунок 4 – Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара:  
 $1-a$  – адиабатное расширение пара в ЧВД;  $a-b$  – изобарный перегрев пара в ППП;  $b-2$  – адиабатное расширение пара в ЧНД

Параметры и функции перегретого пара перед ЧНД (в точке  $b$ ) определяются по давлению  $p_b = p_a$  и температуре  $t_b = t_1$ .

Так как процесс расширения пара в ЧНД адиабатный, то  $s_2 = s_b$ , и по давлению  $p_2$  и энтропии  $s_2$  рассчитываются для данного рабочего тела степень сухости пара, энтальпия и удельный объем.

Параметры кипящей воды в точке 3 не изменяются, так как давление в конденсаторе остается прежним.

Найденные параметры и функции сводятся в таблицу (форма табл. 2).

Таблица 2 – Термодинамические параметры по характерным точкам цикла

Состояние	Параметры					
	$p$ , бар	$t$ , °C	$h$ , кДж/кг	$s$ , кДж/(кг*К)	$v$ , м <sup>3</sup> /кг	$x$
1						
2						

Выполняется анализ данных, сведенных в таблицу 2.

### 1.3. Цикл Ренкина с регенеративным отбором пара

Для увеличения термического КПД в рабочих циклах ПТУ применяется т. н. регенерация теплоты. Для ее реализации питательная вода до поступления в котел изначально подогревается в теплообменнике. Подогрев осуществляется за счет теплоты пара, отбираемого из турбины при давлении  $p_o$ , до температуры насыщения соответствующей давлению отбора. Отобранный из турбины пар конденсируется в теплообменнике при  $p = \text{const}$ , отдавая теплоту воде, и смешивается с основным потоком пара из конденсатора. Схема и цикл ПТУ с одним регенеративным отбором в теплообменный аппарат смешивающего типа представлены на рисунках 5 и 6.

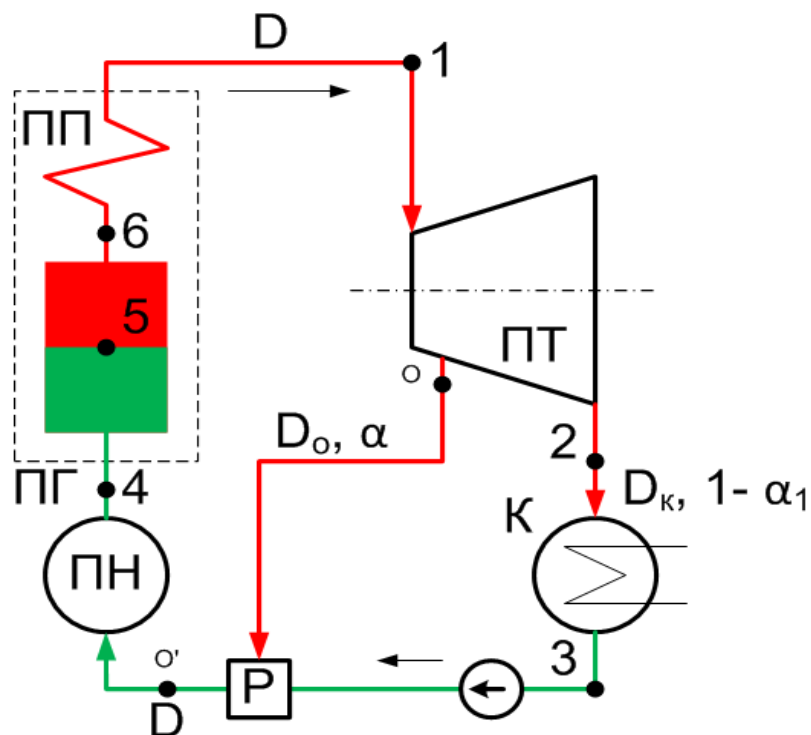


Рисунок 5 – Схема ПТУ с регенеративным отбором пара

Доля отбора пара  $\alpha = D_o/D$ , направляемого из турбины в подогреватель, определяется из теплового баланса теплообменника:

$$D_o h_o + D_k h_3 = D h'_o \quad (16)$$

Или после деления этого левой и правой части на  $D$ :

$$\alpha h_o + (1 - \alpha) h_3 = h'_o \quad (17)$$

Удельные количества подводимой и отводимой в цикле теплоты, а также удельная полезная работа цикла определяются по формуле:

$$q_1 = h_1 - h'_o \quad (18)$$

$$q_2 = (h_2 - h_3)(1 - \alpha) \quad (19)$$

$$l_0 = l_T = \alpha(h_1 - h_o) + (1 - \alpha)(h_1 - h_2) \quad (20)$$

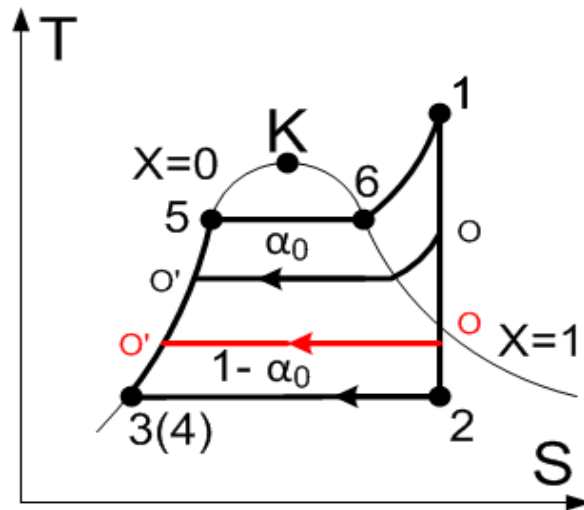


Рисунок 6 – Цикл ПТУ с регенеративным отбором пара

Параметры и функции пара в точках 1, 2, 3 (см. рисунок 6) находятся аналогично схемы, предложенной в пп. 1.1.

Ввиду того, что процесс расширения пара в турбине 1–o–2 адиабатный, то  $s_0 = s_1$ . По давлению и энтропии определяется состояние пара (влажный или перегретый). Если пар в точке отбора является перегретым (соответствует линии черного цвета O–O' на рисунке 6), то его температура, энтальпия и удельный объем определяются по таблицам термодинамических свойств воды и перегретого пара (см. приложение А) путем линейного интерполирования. Если пар в точке отбора является влажным (соответствует линии красного цвета O–O' на рисунке 6), то степень сухости пара определяется по формуле 21:

$$x = \frac{s_0 - s'}{s'' - s'}, \quad (21)$$

а на следующем шаге по определенной ранее степени сухости определяются энтальпия и удельный объем влажного пара:

$$h_0 = h'(1 - x) + h''x \quad (22)$$

$$v_0 = v'(1 - x) + v''x \quad (23)$$

Здесь  $s'$ ,  $h'$ ,  $v'$  – характеристики кипящей воды;

$s''$ ,  $h''$ ,  $v''$  – характеристики сухого насыщенного пара при  $p$  влажного пара.

Процесс o–o' является изобарным, поэтому  $p_0 = p_{o'}$ . Пар в регенераторе отдает теплоту нагреваемой питательной воде, в результате этого он охлаждается и конденсируется до состояния кипящей воды, параметры и функции которой в точке o' находятся по таблицам по соответствующим давлениям.

Температура в точке o' равна температуре насыщения при давлении в отборе:

$$t'_o = t_s(p_0) \quad (24)$$

Найденные параметры и функции сводятся в таблицу (см. табл. 3).

Таблица 3 – Термодинамические параметры по характерным точкам цикла

Состояние	Параметры					
	p, бар	t, °C	h, кДж/кг	s, кДж/(кг*К)	v, м <sup>3</sup> /кг	x
1						
2						

Выполняется анализ данных, сведенных в таблицу 3.

#### 1.4. Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара и двумя отборами пара

В большинстве случаев паровая турбина имеет 1-2 промежуточных перегрева пара и до 8-10 регенеративных отборов.

Здесь предлагается схема ПТУ с одним промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными отборами пара в теплообменники смешивающего типа (рисунок 7).

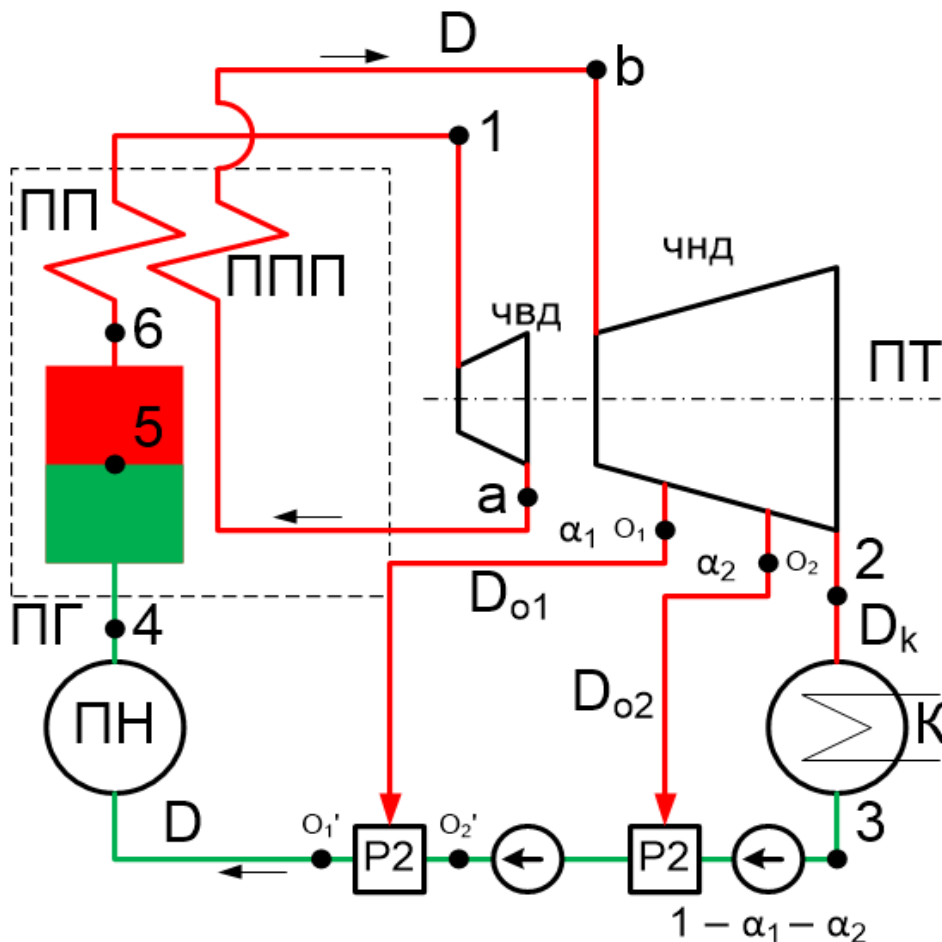


Рисунок 7 – Схема ПТУ с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными отборами

Параметры в характерных точках цикла находятся аналогично пп. 2 и 3.  
Доли отбора пара:

$$\alpha_1 = D_{o1}/D \quad (25)$$

$$\alpha_2 = D_{o2}/D, \quad (26)$$

направляемого из турбины в подогреватели, определяются из теплового баланса теплообменников  $P_1$  и  $P_2$ .

Найденные параметры и функции сводятся в таблицу (форма табл. 4).

Таблица 4 – Термодинамические параметры по характерным точкам цикла

Состояние	Параметры					
	p, бар	t, °C	h, кДж/кг	s, кДж/(кг*К)	v, м <sup>3</sup> /кг	x
1						
2						

Выполняется анализ данных, сведенных в таблицу 4.

### 1.5. Цикл ПТУ с регулируемым теплофикационным отбором пара

Теплофикация – это совместная выработка электроэнергии и теплоты для отопления или производственных нужд.

Обычно применяются две схемы теплофикационных циклов – с отбором пара на теплофикацию и с противодавлением.

При использовании турбин с регулируемым отбором пара (см. рисунки 8 и 9) пар в количестве  $D_o$  при давлении  $p_o$  отбирается из турбины и направляется в сетевой подогреватель СП (бойлер), предназначенный для нагрева воды, циркулирующей в отопительной сети тепловых потребителей (ТП), или на нужды непосредственного производства.

Конденсат пара теплофикационного отбора возвращается в схему и в дальнейшем смешивается с основным потоком конденсата, поступающего из конденсатора, в сборном баке (СБ).

Доля пара, отбираемого из турбины на теплофикацию:

$$\alpha_o = \frac{D_o}{D}, \quad (27)$$

где  $D_o$  определяется тепловой нагрузкой потребителя.

Методика определения доли пара, направляемого в теплофикационный отбор, отличается от расчета подобной величины в регенеративном цикле (п. 3), так как заранее известен расход пара, направляемого в отбор.

Долю пара, отбираемого на теплофикацию, можно найти из совместного решения уравнений для мощности установки  $N = D l_0 = D_o \alpha_o l_o$  и полезной работы цикла:

$$l_0 = l_T = \alpha(h_1 - h_o) + (1 - \alpha)(h_1 - h_2) \quad (28)$$

Удельные количества подводимой и отводимой теплоты определяются по следующим соотношениям:

$$q_1 = h_1 - h_{\text{пв}} \quad (29)$$

$$q_2 = q_k + q_T, \quad (30)$$

где  $q_k$  – удельное количество теплоты, отводимое в конденсаторе.

$$q_k = (1 - \alpha_0)(h_2 - h_3) \quad (31)$$

$$q_T = \alpha_0(h_o - h_{o'}), \quad (32)$$

где  $q_T$  – удельное количество теплоты, отданной тепловому потребителю.

Энтальпия питательной воды  $h_{\text{пв}}$ , подаваемой в парогенератор, определяется из теплового баланса смешения потоков получаемого конденсата из отбора и конденсатора.

Полный расход пара в единицу времени  $D$  будет складываться из расхода пара, идущего в конденсатор  $D_k$  и к потребителям  $D_o$ :

$$D = D_k + D_o \quad (33)$$

$$D_k = D(1 - \alpha_0) \quad (34)$$

Методика определения параметров и функций в характерных точках цикла (точки 1, 2, 3, о и о') описана в пп. 1.1 и 1.3. Найденные параметры сводятся в таблицу (табл. 1).

Количество теплоты  $Q_T$ , отданной тепловому потребителю, составит:

$$Q_T = D_o(h_o - h_{o'}) \quad (35)$$

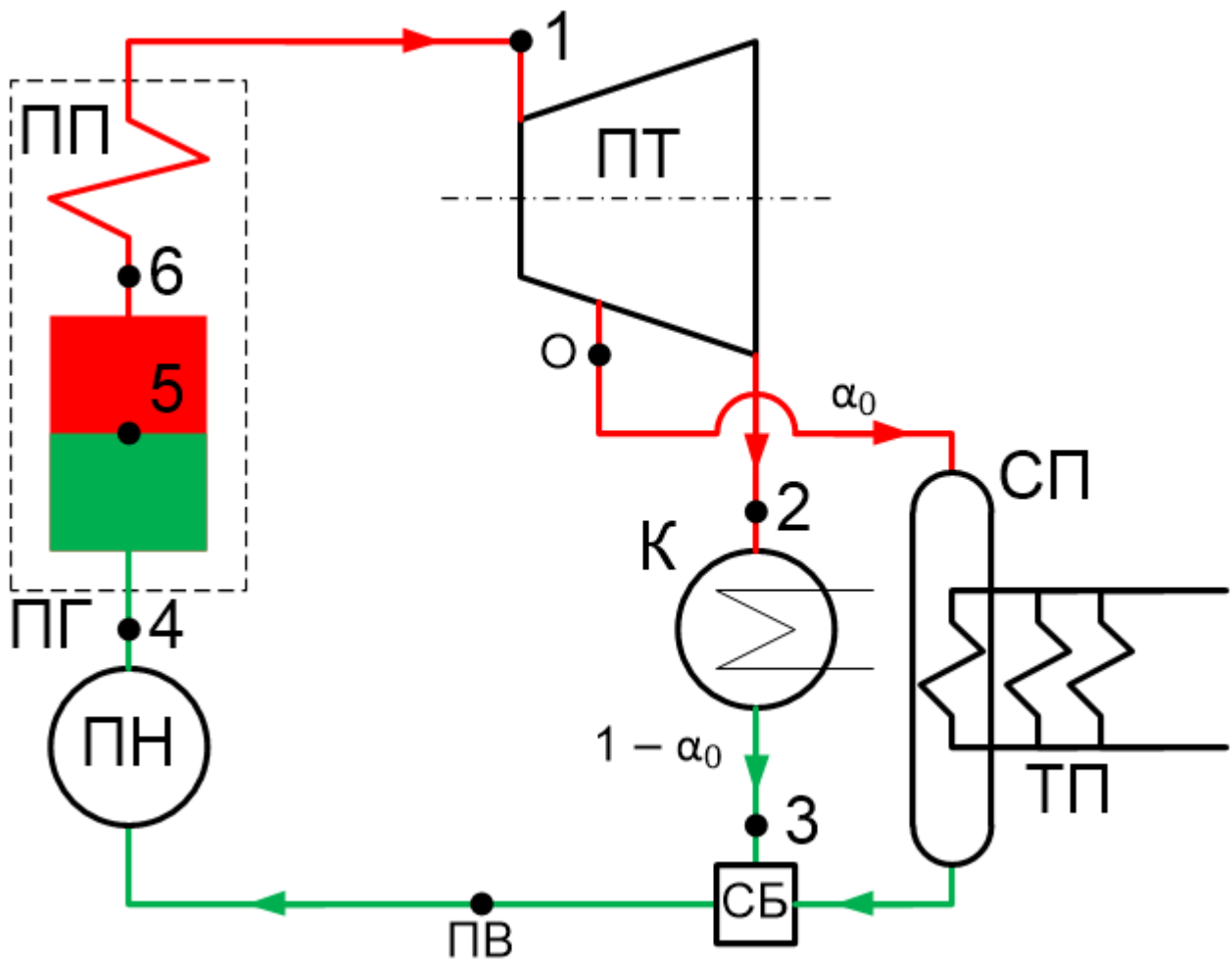


Рисунок 8 – Схема ПТУ с теплофикационным отбором пара



Параметры в характерных точках цикла находятся аналогично характеристикам, найденным в пп. 1.2 и 1.3.

Эффективность комбинированной выработки электроэнергии и теплоты оценивается с помощью коэффициентов использования теплоты пара и топлива  $K_{тп}$  и  $K_{тг}$ , а также с помощью коэффициента теплофикации  $K_{тф}$ :

$$K_{тп} = \frac{N+Q_{т}}{Q_1} \quad (36)$$

$$K_{тг} = \frac{N+Q_{т}}{Q_{пг}} = K_{тп} \eta_{пг} \quad (37)$$

$$K_{тф} = \frac{Q_{т}}{N}, \quad (38)$$

где  $Q_{пг}$  – тепловая мощность парогенератора с учетом потерь.

Для сравнения отдельной и комбинированной выработки электрической и тепловой энергии найдем расход топлива на выработку теплоты в котельной низкого давления, приняв рассчитываемый КПД котельной таким же, как и определяемый КПД парогенератора:

$$B_{т}^{т/э} = \frac{(h_o - h_o') D_o}{Q_H^p \eta_{кот}}$$

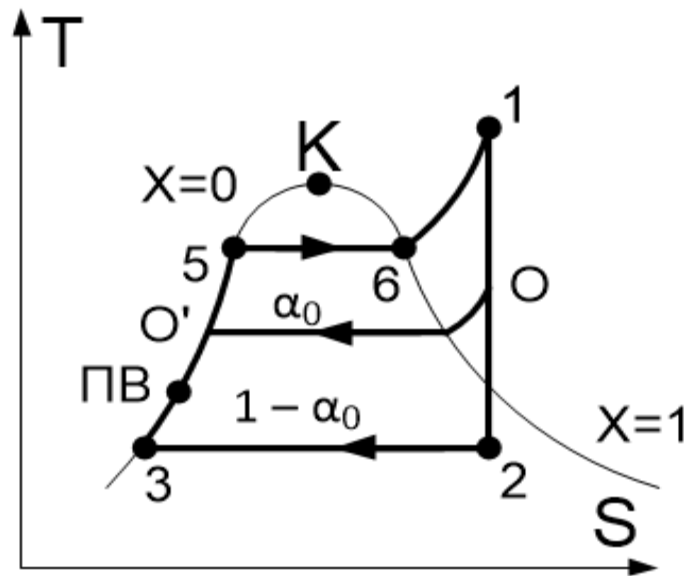


Рисунок 9 – Цикл ПТУ с теплофикационным отбором пара

Расход топлива на выработку электричества в конденсационном цикле Ренкина  $B_{т}^{э/э}$  был рассчитан при определении характеристик цикла ПТУ на перегретом паре.

Тогда суммарный расход топлива при отдельном способе получения тепловой и электрической энергии:

$$B_{т}^{разд} = B_{т}^{э/э} + B_{т}^{т/э} \quad (39)$$

Экономия топлива при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии на ТЭЦ по сравнению с их отдельной выработкой определяется по соотношению (40) и составляет:

$$\Delta B = \frac{|B_T^{\text{разд}} - B_T^{\text{комб}}|}{B_T^{\text{разд}}} * 100\%, \quad (40)$$

где  $B_T^{\text{комб}}$  – расход топлива при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в теплофикационном цикле.

Найденные параметры и функции сводятся в таблицу (форма табл. 5).

Таблица 5 – Термодинамические параметры по характерным точкам цикла

Состояние	Параметры					
	p, бар	t, °C	h, кДж/кг	s, кДж/(кг*К)	v, м³/кг	x
1						
2						

Выполняется анализ данных, сведенных в таблицу 5.

### 1.6. Цикл ПТУ с необратимыми потерями в турбине и насосе

Реальные (действительные) процессы в турбине и насосе являются необратимыми и, в соответствии со вторым законом термодинамики, идут с возрастанием энтропии. Действительный цикл паротурбинной установки с учетом потерь в турбине и насосе изображен на рисунке 10.

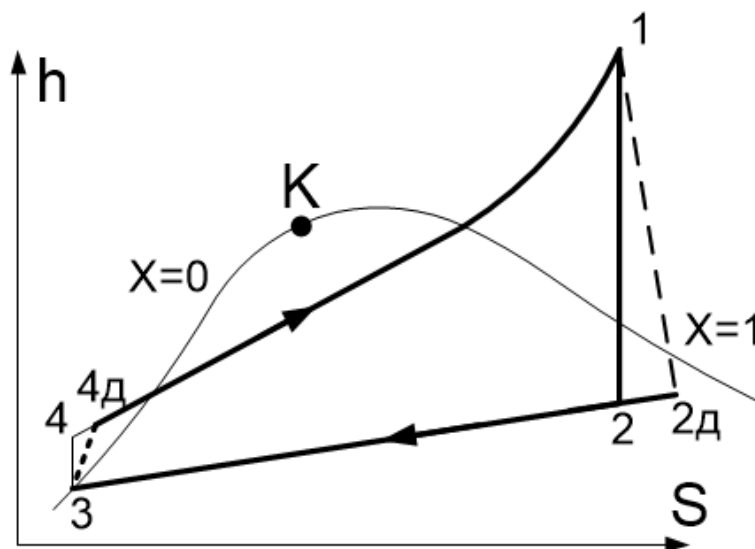


Рисунок 10 – Действительный цикл Ренкина

Потери из-за необратимости процессов повышения давления в насосе и расширения в турбине оцениваются значениями внутренних относительных КПД насоса:

$$\eta_{oi}^n = \frac{l_n}{l_{нд}} = \frac{h_4 - h_3}{h_4 - h_{3д}} \quad (41)$$

Из этих выражений можно найти значения действительных энтальпий в точках 2 и 4. Удельные количества действительной подведенной и отведенной теплоты, действительная работа цикла и внутренний КПД установки будут определяться по тем же формулам, с заменой теоретических значений на действительные. Внутренний КПД установки:

$$\eta_i = \frac{l_d}{q_{1d}} \quad (42)$$

Для сравнения термических КПД, степени сухости пара после турбины, расходов пара, топлива и охлаждающей воды в рассчитанных циклах результаты расчета заносятся по форме, представленной в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчетов циклов ПТУ

Величина	Цикл на перегретом паре (без учета работы насоса)	Цикл с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными отборами	Цикл с теплофикационным отбором пара	Цикл с необратимыми потерями в турбине и насосе
$\eta_i$ ( $\eta_i$ )				
$x_2$				
$B_T$ , кг/с				
$D$ , кг/с				
$M_B$ , кг/с				

По результатам расчетов необходимо сделать выводы.

## **2. СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Структурными элементами курсовой работы / курсового проекта являются:

- Титульный лист. Обязательный элемент, шаблоны представлены в *приложениях Б*.
- Содержание. Обязательный элемент.
- Введение. Обязательный элемент.
- Основная часть. Обязательный элемент.
- Заключение. Обязательный элемент.
- Список использованных источников. Обязательный элемент.
- Приложения. Необязательный элемент.

Каждый структурный элемент должен начинаться с нового листа. Отдельные элементы по требованию кафедры могут быть оформлены в рамке по ГОСТ Р 2.105–2019.

## **3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Шрифт: Times New Roman, обычный (прямой), цвет: черный, размер: 14 пт. Выравнивание текста – по ширине.

Межстрочный интервал – полуторный (допускается одинарный). Красная строка (абзацный отступ) – 1,25 см.

Отступы и интервалы в тексте – 0 см.

Размеры полей: левое – 3,0 см, правое – 1,5 см, верхнее и нижнее – 2,0 см.

Номера страниц – арабскими цифрами, внизу по центру тем же шрифтом и размером, что и основной текст.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

## 4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 4.1. Оформление содержания

При оформлении содержания структурные элементы **СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ** (или **ПРИЛОЖЕНИЕ А, ПРИЛОЖЕНИЕ Б** и т. д.) НЕ нумеруются и пишутся прописными (заглавными буквами).

Каждую запись содержания оформляют как отдельный абзац, выровненный влево. Номера страниц указывают выровненными по правому краю поля и соединяют с наименованием структурного элемента работы посредством отточия.

*Пример оформления содержания:*

1 НАЗВАНИЕ РАЗДЕЛА .....	10
1.1 Подраздел.....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	15
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	20

### 4.2. Оформление заголовков разделов и подразделов

Заголовки разделов пишутся с абзацным отступом (как и основной текст), в конце цифр и текста заголовка точки НЕ ставятся. Для выделения заголовков используется полужирный шрифт, а также прописное и строчное написание. Заголовки первого уровня выполняются прописными буквами и выравниваются по центру страницы. Заголовки второго уровня выполняются строчными буквами и выравниваются по центру страницы. Заголовки третьего и последующих уровней выполняются строчными буквами с абзаца. До и после заголовка и подзаголовка оставляется одна пустая строка.

Названия разделов **СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ** всегда начинаются с новой страницы, пишутся заглавными буквами по середине строки.

*Пример оформления заголовков:*

## 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА

### 1.1 Анализ предметной области

#### 1.1.1 Необходимость web-сайта для компании

Внутренний туризм – временный выезд граждан конкретной страны с постоянного места жительства в пределах национальных границ той же страны

для отдыха, удовлетворения познавательных интересов, занятий спортом и в других туристических целях. Внутренний туризм не представляет собой отдельную сферу, а связан со всеми другими секторами национальной жизни [2].

### 4.3. Оформление перечислений (списков)

Перед каждой позицией перечисления следует ставить тире или, если есть необходимость делать в тексте документа ссылки на одно из перечислений – списки маркируются строчными буквами, начиная с буквы «а» (за исключением – г, з, й, о, ь, ы, ь), после которой ставится скобка.

НЕ допускается использование данной точки «•».

При наличии конкретного числа перечислений допускается использовать арабские цифры со скобками.

*Пример оформления маркированного списка:*

Можно выделить следующие задачи, которые должен разрешить сайт:

- облегчение получения пользователем информации;
- повышение скорости обратной связи;
- облегчение поиска пользователем организации на карте.

*Пример оформления нумерованного списка (использования букв и цифр в перечислениях):*

Разрабатываемое сверхмощное устройство можно будет применить в различных отраслях реального сектора экономики:

а) в машиностроении:

- 1) для очистки отливок от формовочной смеси;
- 2) для холодной штамповки из листа;

б) в ремонте техники:

- 1) устранение наслоений во внутренних стенках труб;
- 2) очистка каналов от грязи.

### 4.4. Оформление рисунков

Перед вставкой рисунка обязательно должна быть ссылка на него в тексте, под рисунком должна быть полная подпись, до рисунка и после подписи под рисунком – пустая строка.

НЕ допускается сокращение типа «Рис. 5». В тексте обязательно полное написание – рисунок 5. Если рисунок всего один, то он обозначается «Рисунок 1».

Допускается нумерация рисунков в пределах раздела, например, «Рисунок 2.1 – Название рисунка». Для названий рисунков используется шрифт

основного текста. Выравнивание рисунка и подписи – по центру.

Если название рисунка состоит из нескольких строк, то его записывают через один межстрочный интервал. Точка в конце названия не ставится.

*Пример оформления рисунка:*

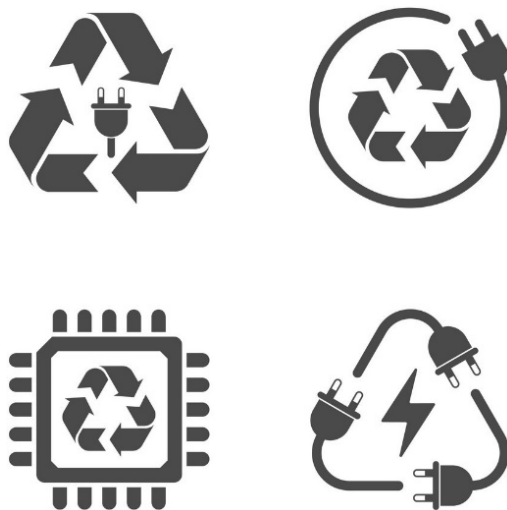


Рисунок 1 – Название рисунка

#### 4.5. Оформление формул и уравнений

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки (в случае если подряд приводится больше двух формул и уравнений, то свободные строки между формулами оставлять не нужно). Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «x».

Ссылки в тексте на порядковые номера формул указывают в скобках, например, «...в формуле (1)».

Формула должна быть выровнена по центру, а номер формулы – выровнен по правому краю.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него с абзаца.

*Пример оформления формулы:*

$$A = b - c, \tag{1}$$

где  $b$  –

$c$  –

## 4.6. Оформление таблиц

Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией; название таблицы следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например, «Таблица 1 – Название» (в конце точка не ставится; шрифт 14, светлый, прямой).

Как и у рисунка, до вставки таблицы необходимо сделать на нее ссылку в тексте.

Таблицы слева, справа и снизу ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

В приложениях таблицы нумеруются в соответствии с номером (буквенным обозначением) приложения и обозначаются: Таблица А.1 – Исходные данные.

Если таблица занимает больше двух страниц, то после первого переноса таблицы пишут «Продолжение таблицы 1», а на самом последнем листе: «Окончание таблицы 1».

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием.

*Пример оформления таблицы:*

Таблица 1 – Название таблицы

Номер эксперимента	Параметр	Значение параметра
Эксперимент 1	Параметр	Значение параметра
Эксперимент 2	Параметр	Значение параметра

## 4.7. Оформление приложений

В приложения можно вынести рисунки, объемные таблицы и т. д. В приложения в обязательном порядке выносятся таблицы объемом более двух страниц и чертежи. Приложения НЕ нумеруются числами, а обозначаются русскими буквами. Если приложение одно, то оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Каждое приложение начинается с новой страницы. На все приложения, также, как и на рисунки, в работе должны быть даны ссылки.

## 4.8. Оформление списка использованных источников

Необходимо, чтобы на каждый пункт списка использованных источников обязательно в тексте были ссылки (в квадратных скобках с номером источника).



*Пример оформления ссылки на источник в тексте:*

Первой игрой был тетрис, появившийся на телефоне для детского производства – Nagenuk MT-2000 [1].

Источники в списке следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте КР, нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа, как и обычный текст.

Список использованных источников оформляется по ГОСТ 7.0.100–2018.

*Пример оформления списка используемых источников:*

## **ОДНОТОМНЫЕ (ОДНОЧАСТНЫЕ) РЕСУРСЫ**

### **1) Книга под фамилией автора**

#### **КНИГА С ОДНИМ АВТОРОМ**

*Учебник, учебное пособие*

1 Азаров, В. И. Химия древесины и синтетических полимеров : учебник для вузов / В. И. Азаров. – СПб. : СПбЛТА, 2010. – 629 с. – ISBN978-5-8114-1061-3. – Текст : непосредственный.

2 Любецкий, В. В. Сборник задач по экономической теории : учебное пособие / В. В. Любецкий. – Саратов: Вузовское образование, 2014. – 71 с. – ISBN2227-8397. – Текст: непосредственный.

*Монография*

3 Вайсман, Я. И. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона : монография / Я. И. Вайсманидр. ; под ред. Я. И. Вайсмана. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. Политехн. ун-та, 2012. – 244 с. – ISBN978-5-398-00852-4. – Текст : непосредственный.

#### **КНИГА С ДВУМЯ ИЛИ ТРЕМЯ АВТОРАМИ**

*Учебник, учебное пособие*

1 Головатенко-Абрамова, М. П. Задачи по электронике / М. П. Головатенко-Абрамова, А. М. Лapidес. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 112 с. – ISBN5283016056. – Текст : непосредственный.

2 Казаков, В. Г. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок : учебное пособие / В. Г. Казаков, П. В. Луканин, О. С. Смирнова. – СПб. : СПбГТУРП, 2013. – 96 с. – ISBN978-5-91646-051-3. – Текст : непосредственный.

*Монография*

3 Кожевников, С. А. Эффективность государственного управления: проблемы и методы повышения : монография / С. А. Кожевников, Е. Д. Копытова ; под ред. В. А. Ильина, Т. В. Усковой ; ФГБУН «Вологодский научный центр РАН». – Вологда : ФГБУН ВолНЦ РАН, 2018. – 208 с. – ISBN978-5-93299-402-3. – Текст : непосредственный.

4 Абдрахимов, В. З. Экологические и практические аспекты использования отходов цветной металлургии в производстве кислотоупоров и

плиток для полов : монография / В. З. Абдрахимов, А. К. Кайракбаев, Е. С. Абдрахимова. – Актобе: РИО Учреждения Актюбинский университет им. Академика С. Баишева, 2018. – 200 с. – ISBN978-601-7566-37-1. – Текст : непосредственный.

**2) Книга под заглавием (книга, написанная более чем тремя авторами)**

#### КНИГА С ЧЕТЫРЬМЯ АВТОРАМИ

##### *Учебник, учебное пособие*

1 Теплотехника целлюлозно-бумажного производства. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / Л. М. Бойков, Н. С. Нечаев, Д. А. Прохоров, Е. Н. Ионин ; под ред. д-ра технических наук Л. М. Бойкова. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. – 383 с. – ISBN978-5-91646-101-5. – Текст : непосредственный.

2 Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / А. Г. Костюк, В. В. Фролов, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний ; под ред. А. Г. Костюка. – М : Издательский дом МЭИ, 2016. – 557 с. – ISBN 978-5-383-01025-9. – Текст : непосредственный.

##### *Монография*

3 Управленческий учет и контроль строительных материалов и конструкций : монография / В. В. Говдя, Ж. В. Дегальцева, С. В. Чужинов, С. А. Шулепина ; под общ. ред. В. В. Говдя ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 149 с. – ISBN978-5-9500276-6-6. – Текст : непосредственный.

##### *Материалы конференции*

4 «Энергетика и автоматизация в современном обществе», международная научная конференция : материалы V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей, СПб, 20 мая 2022 г. – СПб : ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 224 с. – ISBN978-5-91646-307-1. – Текст : непосредственный.

#### КНИГА С ПЯТЬЮ И БОЛЕЕ АВТОРАМИ

##### *Учебник, учебное пособие*

1 Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС : учебное пособие / Суслов В. А., Белоусов В. Н., Антуфьев С. В. [и др.]. – СПб. : СПбГТУРП, 2015. – 123 с. – ISBN978-5-91646-087-2. – Текст : непосредственный.

##### *Монография*

2 Распределенные интеллектуальные информационные системы и среды : монография / А. Н. Швецов, А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин [и др.]. – Курск : Университетская книга, 2017. – 196 с. : ил. – ISBN 978-5-9909988-3-4. – Текст : непосредственный.

#### **3) ГОСТы, стандарты**

1 ГОСТР57647–2017. Лекарственные средства для медицинского применения. Фармакогеномика. Биомаркеры = Medicines for medical applications. Pharmacogenomics. Biomarkers : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 сентября 2017 г. № 1042-ст : введен впервые : дата введения 2018-07-01 / подготовлен Первым Московским государственным медицинским университетом имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 29 с. – Текст : непосредственный.

2 Патент № 2637215 Российская Федерация, МПК В02С 19/16 (2006.01), В02С17/00(2006.01). Вибрационная мельница : № 2017105030 : заявл. 15.02.2017 : опубл. 01.12.2017 / Артеменко К. И., Богданов Н. Э. ; заявитель БГТУ. – 4 с. : ил. – Текст : непосредственный.

#### **4) Законодательные материалы**

1 Российская Федерация. Законы. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации : Федеральный закон № 131-ФЗ : [принят Государственной думой 16 сентября 2003 года : одобрен Советом Федерации 24 сентября 2003 года]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2017. – 158 с. ; 20 см. – 1000 экз. – ISBN 978-5-392-26365-3. – Текст : непосредственный.

2 Российская Федерация. Законы. Уголовный кодекс Российской Федерации : УК : текст с изменениями и дополнениями на 1 августа 2017 года : [принят Государственной думой 24 мая 1996 года : одобрен Советом Федерации 5 июня 1996 года]. – Москва : Эксмо, 2017. – 350 с. – (Актуальное законодательство). – ISBN 978-5-04-004029-2. – Текст : непосредственный.

#### **5) Депонированные научные работы**

1 Лабынцев, Н. Т. Профессионально-общественная аккредитация и независимая оценка квалификаций в области подготовки кадров и осуществления бухгалтерской деятельности / Н. Т. Лабынцев, Е. А. Шароватова; Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону, 2017. – 305 с. – Библиогр.: 21 назв. – Деп. в ВИНТИ РАН 10.01.2017 №1-В2017. – Текст : непосредственный.

#### **б) Диссертация и автореферат диссертации**

1 Аврамова, Е. В. Публичная библиотека в системе непрерывного библиотечно-информационного образования : специальность 05.25.03

«Библиотековедение, библиографоведение и книговедение» : диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Аврамова Елена Викторовна; Санкт-Петербургский государственный институт культуры.– Санкт-Петербург, 2017. – 361 с. – Библиогр. : с. 296–335. – Текст : непосредственный.

2 Величковский, Б. Б. Функциональная организация рабочей памяти : специальность 19.00.01 «Общая психология, психология личности, история психологии» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора психологических наук / Величковский Борис Борисович ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. – Москва, 2017. – 44 с. – Библиогр. : с. 37-44. – Местозащиты : Ин-т психологии РАН. – Текст : непосредственный.

## МНОГОТОМНЫЕ (МНОГОЧАСТНЫЕ) РЕСУРСЫ

### 1) Многотомное издание целиком

1 Агапов, А. Б. Административное право : в 2 т. : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Б. Агапов. – 11-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 471 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-09985-0. – Текст : непосредственный.

### 2) Отдельный том многотомного издания

1 Васильева, Е. А. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами. Учебное пособие. В 2 частях. Часть 2 / Е. А. Васильева. – СПб : ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-91646-264-7. – Текст : непосредственный.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

### 1) Электронные издания

#### *Учебник, учебное пособие*

1 Агапов, А. Б. Административное право : в 2 т. Т. 1. Общая часть : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Б. Агапов. – 11-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 471 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-09985-0. – URL: <https://biblio-online.ru/bcode/429093> (дата обращения: 05.08.2019). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт. – Текст: электронный.

2 Бозров, В. М. Актуальные проблемы деятельности судов общей юрисдикции РФ : учебник / В. М. Бозров. – Москва : Юстиция, 2019. – 568 с. – (Для специалитета и магистратуры). – ISBN 978-5-4365-2792-5. – URL: <https://www.book.ru/book/930405> (дата обращения: 26.06.2019). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система Book.ru. – Текст: электронный.

#### *Монография*

3 Российские регионы в условиях санкций : возможности опережающие развития экономики на основе инноваций : монография / под общ. ред. Г. А. Хмелевой. – Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2019. – 446 с. – ISBN 978-5-94622-873-2. – URL: <http://lib1.sseu.ru/MegaPro> (дата обращения: 09.08.2019). – Режим доступа: Автоматизированная интегрированная библиотечная система «МегаПро» ; для зарегистрир. пользователей СГЭУ. – Текст: электронный.

#### *Материалы конференции*

4 Актуальные проблемы менеджмента, экономики и экономической безопасности : сборник материалов Международной научной конференции (Костанай, 27-29 мая 2019 г.) / редкол. : О. И. Маляренко, Т. К. Жапаров, О. И. Маер, С. И. Лилимберг. – Чебоксары : ИД «Среда», 2019. – 344 с. – ISBN 978-5-6042955-4-0. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_38235557\\_92826974.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_38235557_92826974.pdf) (дата обращения: 27.06.2019). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. – Текст: электронный.

### *Сборник*

5 Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленным предприятием : межвузовский сборник научных трудов / редкол. : Н. В. Никитина, отв. ред. А. А. Чудаева – Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2019. – 178 с. – ISBN 978-5-94622-896-1. – URL: <http://lib1.sseu.ru/MegaPro> (дата обращения: 21.06.2019). – Режим доступа: Автоматизированная интегрированная библиотечная система (АИБС) «МегаПро» ; для зарегистрир. пользователей СГЭУ. – Текст: электронный.

### *Статья из журнала*

6 Янина, О. Н. Особенности функционирования и развития рынка акций в России и за рубежом / О. Н. Янина, А. А. Федосеева // Социальные науки: social-economic sciences. – 2018. – № 1. – (Актуальные тенденции экономических исследований). – URL: [http://academymanag.ru/journal/Yanina\\_Fedoseeva\\_2.pdf](http://academymanag.ru/journal/Yanina_Fedoseeva_2.pdf) (дата обращения: 04.06.2018). – Текст: электронный.

### *Официальный сайт*

7 Правительство Российской Федерации : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 19.02.2018). – Текст: электронный.

### *Электронный журнал*

1 Теория и практика каталогизации и поиска библиотечных ресурсов : электронный журнал. – URL: <http://www.nilc.ru/journal/>. – Дата публикации: 21 апреля 2017. – Текст: электронный.

### *Сайт, портал*

1 Autodesk Tinkercad : [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.tinkercad.com> (дата обращения 06.09.2022). – Текст: электронный.

## **СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ (СТАТЬИ, ГЛАВЫ) РЕСУРСОВ**

### **1) Статья, раздел из монографического издания**

*Из учебника / учебного пособия / монографии:*

1 Янушкина, Ю. В. Исторические предпосылки формирования архитектурного образа советского города 1930–1950-х гг. / Ю. В. Янушкина // Архитектура Сталинграда 1925–1961 гг. Образ города в культуре и его воплощение : учебное пособие / Ю. В. Янушкина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. – Волгоград : ВолГАСУ, 2014. – ISBN 978-5-982766-693-9. – Раздел 1. – С. 8–61. – Текст: непосредственный.

*Из материалов конференции:*

2 Кеутаева, А. Н. Оценка возможности использования древесных отходов в аддитивных технологиях / А. Н. Кеутаева, Н. В. Евдокимов // XV международная научно-практическая конференция на английском языке

«Диалог культур» : материалы конференции / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – Текст: непосредственный.

## **2) Статья, раздел из сериального издания**

1 Евдокимов, Н. В. Оценка использования древесных отходов в аддитивных технологиях / Н. В. Евдокимов, А. Н. Кеутаева // Вестник СПбГУПТД. Сер. 4, Промышленные технологии. – 2022. – № 1. – С. 103–109. – Текст: непосредственный.

2 Ставропольские ведомости : еженедельная газета здравого смысла / учредитель ООО «Ведомости». – 2015, 14 окт. – . – Ставрополь, 2015 – . – 16–20 полос. – 2015, № 1–12. – 7 173 экз. ; 2016, № 1 (13) – 41 (53). – 5 293 экз. – Текст: непосредственный.

## **3) Статья, раздел с сайта в сети Интернет**

1 Обратный инжиниринг // DFM Технологии : [сайт]. – 2022. – URL: <https://dfmplastic.ru/revers-inzhiniring> (дата обращения: 06.09.2022). – Текст: электронный.

2 3D-сканеры в нефтегазовой отрасли // GLOBATEK 3D : [сайт]. – 2022. – URL: <https://3d.globatek.ru/3d-scanners/scan-neft/> (дата обращения: 06.09.2022). – Текст: электронный.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 3618-2016 Турбины паровые стационарные для привода турбогенераторов. Типы и основные размеры. – М.: Стандартинформ, 2017 – 10 с. – Текст: непосредственный.
2. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – М.: Стандартинформ, 2009 – 13 с. – Текст: непосредственный.
3. ВНТП-80. Нормы технологического проектирования атомных электрических станций. – М.: Минэнерго СССР, 1981. – 141 с. – Текст: непосредственный.
4. ВНТП-81. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций. – М.: Минэнерго СССР, 1981. – 71 с. – Текст: непосредственный.
5. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. – М.: МЭИ, 1999. – 168 с. – Текст: непосредственный.
6. Андрианова, Т. Н. Сборник задач по технической термодинамике / Т. Н. Андрианова, Б. В. Дзампов, В. Н. Зубарев, С. А. Ремизов. – М.: МЭИ, 2000. – 356 с. – Текст: непосредственный.
7. Беляев, Л. А. Турбины тепловых и атомных электрических станций / Л. А. Беляев. – Томск: ТПУ, 2009. – 142 с.
8. Злобин, В. Г. Техническая термодинамика. Часть 1. Основные законы термодинамики. Циклы тепловых двигателей: учебное пособие. – 2 изд., испр. и перераб. / В. Г. Злобин, С. В. Горбай, Т. Ю. Короткова; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2016. – 146 с. – Текст: непосредственный.
9. Злобин, В. Г. Техническая термодинамика. Часть 2. Водяной пар. Циклы теплосиловых установок: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и перераб. / В. Г. Злобин, С. В. Горбай, Т. Ю. Короткова; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2016. – 91 с. – Текст: непосредственный.
10. Злобин, В. Г. Исследование термодинамических процессов : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая термодинамика» для студентов институтов энергетики и автоматизации и безотрывных форм обучения / В. Г. Злобин, С. В. Горбай, Э. Р. Алиев. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2016. – 24 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd//2.pdf>. – Текст: электронный.
11. Злобин, В. Г. Определение отношения теплоемкостей воздуха  $C_p/C_v$ : методические указания к лабораторным работам по курсу «Техническая термодинамика» для студентов дневного и вечернего отделения / В. Г. Злобин, С. В. Горбай, Т. Ю. Короткова, Э. Р. Алиев. – СПб.: ГОУВПО СПбГТУРП, 2010. – 14 с. – Текст: непосредственный.
12. Злобин, В. Г. Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Часть 1. Тепловые схемы. Конструкция: учебное пособие / В. Г. Злобин. – ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 136 с. – Текст: непосредственный.

13. Култышев, А. Ю. Парогазовые установки и особенности паровых турбин для ПГУ: учеб. пособие / А. Ю. Култышев, В. Н. Голошумова, А. С. Алешина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 163 с. – Текст: непосредственный.

14. Островская, А. В. Термодинамический расчет циклов паротурбинных установок (ПТУ) / А. В. Островская. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ. 2018. – 40 с. – Текст: непосредственный.

15. Трояновский, Б. М. Энергетические паровые турбины / Б. М. Трояновский. – Текст: непосредственный // Теплоэнергетика. – 1991. – № 11. – С. 2-16.

16. Оформление текстовой части курсовой работы и курсового проекта. Краткая выписка из ГОСТ 7.32-2017 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»: методические рекомендации для студентов и преподавателей / сост.: М. Д. Баранова, А. Ю. Котова; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологии и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. – 20 с. – URL: <http://nizrp.narod.ru/recomedation.pdf>. – Текст : электронный.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А. Справочные таблицы по свойствам воды и водяного пара

$p$ , бар	0,01 ( $t_s = 6,9^{\circ}\text{C}$ )			0,02 ( $t_s = 17,5^{\circ}\text{C}$ )			0,03 ( $t_s = 24,1^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
$t_s$	0,001 130	29,3 2513	0,105 8,98	0,001 67,0	73,5 2533	0,261 8,72	0,001 45,7	101 2545	0,355 8,58
50	150	2594	9,24	74,8	2594	8,92	49,8	2594	8,73
100	173	2688	9,51	86,3	2688	9,19	57,5	2688	9,0
150	196	2783	9,75	97,9	2783	9,43	65,2	2783	9,24
200	220	2880	9,96	109	2880	9,64	72,9	2880	9,45
250	243	2977	10,2	121	2977	9,84	80,6	2977	9,65
300	266	3077	10,3	133	3077	10,0	88,3	3077	9,83
350	290	3177	10,5	144	3177	10,2	96,0	3177	10,0
400	313	3280	10,6	156	3280	10,3	104	3280	10,2
450	336	3384	10,8	167	3384	10,5	111	3384	10,3
500	359	3490	11,0	179	3490	10,6	119	3490	10,4
550	382	3598	11,1	190	3598	10,8	127	3598	10,6
600	406	3707	11,2	202	3707	10,9	134	3707	10,7
650	429	3818	11,3	214	3818	11,0	142	3818	10,8
700	452	3931	11,5	225	3931	11,1	150	3931	11,0

$p$ , бар	0,04 ( $t_s = 29,0^{\circ}\text{C}$ )			0,05 ( $t_s = 32,8^{\circ}\text{C}$ )			0,06 ( $t_s = 36,2^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
$t_s$	0,001 34,8	121 2554	0,422 8,47	0,001 28,2	138 2561	0,476 8,39	0,001 23,7	151 2567	0,521 8,33
50	37,3	2593	8,60	29,8	2593	8,49	24,8	2593	8,41
100	43,1	2688	8,87	34,4	2688	8,76	28,7	2688	8,68
150	48,8	2783	9,10	39,1	2783	9,00	32,5	2783	8,92
200	54,6	2880	9,32	43,7	2880	9,22	36,4	2880	9,13
250	60,4	2977	9,52	48,3	2977	9,41	40,2	2977	9,33
300	66,2	3077	9,70	52,9	3077	9,60	44,1	3077	9,51
350	72,0	3177	9,87	57,5	3177	9,76	47,9	3177	9,68
400	77,7	3280	10,0	62,2	3280	9,92	51,8	3280	9,84
450	83,5	3384	10,1	66,8	3384	10,1	55,6	3384	9,99
500	89,3	3490	10,3	71,4	3490	10,2	59,5	3490	10,1
550	95,1	3598	10,5	76,0	3598	10,4	63,3	3598	10,3
600	101	3707	10,6	80,6	3707	10,5	67,2	3707	10,4
650	107	3818	10,7	85,3	3818	10,6	71,0	3818	10,5
700	112	3931	10,8	89,9	3931	10,7	74,9	3931	10,6

$p$ , бар	0,08 ( $t_s = 41,5^{\circ}\text{C}$ )			0,1 ( $t_s = 45,8^{\circ}\text{C}$ )			0,12 ( $t_s = 49,5^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
$t_s$	0,001 18,1	174 2576	0,593 8,23	0,001 14,7	192 2584	0,649 8,15	0,001 12,4	207 2591	0,697 8,09
50	18,61	2593	8,27	15,0	2592	8,17	12,4	2592	8,09
100	21,5	2688	8,55	17,2	2688	8,44	14,3	2687	8,36
150	24,4	2783	8,79	19,5	2783	8,68	16,3	2783	8,60
200	27,3	2880	9,00	21,8	2879	8,90	18,2	2879	8,81
250	30,2	2977	9,20	24,1	2977	9,13	20,1	2977	9,01
300	33,1	3077	9,37	26,5	3077	9,27	22,0	3077	9,19
350	35,9	3177	9,55	28,8	3177	9,44	24,0	3177	9,36
400	38,8	3280	9,70	31,1	3280	9,60	25,9	3280	9,52
450	41,7	3384	9,85	33,4	3384	9,75	27,8	3384	9,67
500	44,6	3490	10,0	35,7	3490	9,90	27,7	3490	9,81
550	47,5	3598	10,1	38,0	3598	10,0	31,7	3598	9,95
600	50,4	3707	10,3	40,3	3707	10,2	33,6	3707	10,1
650	53,3	3818	10,4	42,6	3818	10,3	35,5	3818	10,2
700	56,2	3931	10,5	44,9	3931	10,4	37,4	3931	10,3

$p$ , бар	0,14 ( $t_s = 52,6^{\circ}\text{C}$ )			0,16 ( $t_s = 55,3^{\circ}\text{C}$ )			0,18 ( $t_s = 57,8^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
50	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703
$t_s$	0,001 12,4	220 2595	0,737 8,03	0,001 9,42	232 2601	0,772 7,98	0,001 8,44	242 2605	0,804 7,94
100	12,3	2687	8,29	10,7	2687	8,22	9,54	2687	8,17
150	13,9	2782	8,53	12,2	2782	8,46	10,8	2782	8,41
200	15,6	2879	8,74	13,6	2879	8,68	12,1	2879	8,63
250	17,2	2977	8,94	15,1	2977	8,88	13,4	2976	8,82
300	18,9	3077	9,12	16,5	3077	9,06	14,7	3077	9,00
350	20,5	3177	9,29	18,0	3177	9,23	16,0	3177	9,17
400	22,2	3280	9,45	19,4	3280	9,38	17,3	3280	9,33
450	23,8	3384	9,60	20,8	3384	9,53	18,5	3384	9,48
500	25,5	3490	9,74	22,3	3490	9,68	19,8	3490	9,62
550	27,1	3598	9,88	23,7	3598	9,82	21,1	3598	9,76
600	28,8	3707	10,0	25,2	3707	9,94	22,4	3707	9,89
650	30,4	3818	10,1	26,6	3818	10,1	23,7	3818	10,0
700	32,1	3931	10,3	28,1	3931	10,2	25,0	3931	10,1

$p$ , бар	0,2 ( $t_s = 60,1^{\circ}C$ )			0,24 ( $t_s = 64,1^{\circ}C$ )			0,28 ( $t_s = 67,6^{\circ}C$ )		
$t$ , $^{\circ}C$	$v$ , $\frac{m^3}{кг}$	$h$ , $\frac{кДж}{кг}$	$s$ , $\frac{кДж}{кг \cdot K}$	$v$ , $\frac{m^3}{кг}$	$h$ , $\frac{кДж}{кг}$	$s$ , $\frac{кДж}{кг \cdot K}$	$v$ , $\frac{m^3}{кг}$	$h$ , $\frac{кДж}{кг}$	$s$ , $\frac{кДж}{кг \cdot K}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
50	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703
$t_s$	0,001 7,65	251 2609	0,832 7,91	0,001 6,45	268 2616	0,882 7,84	0,001 5,58	283 2623	0,925 7,79
100	8,58	2687	8,12	7,15	2686	8,04	6,12	2686	7,96
150	9,74	2782	8,36	8,12	2782	8,28	6,95	2782	8,21
200	10,9	2879	8,58	9,08	2879	8,49	7,78	2878	8,42
250	12,1	2976	8,77	10,1	2976	8,69	8,61	2976	8,62
300	13,2	3077	8,95	11,0	3076	8,87	9,44	3076	8,80
350	14,4	3177	9,12	12,0	3177	9,04	10,3	3177	8,99
400	15,5	3280	9,28	12,9	3280	9,20	11,1	3280	9,13
450	16,7	3384	9,43	13,9	3384	9,35	11,9	3384	9,28
500	17,8	3490	9,58	14,9	3490	9,49	12,7	3490	9,42
550	19,0	3598	9,71	15,8	3598	9,63	13,6	3598	9,56
600	20,2	3707	9,84	16,8	3707	9,76	14,4	3707	9,69
650	21,3	3818	9,97	17,8	3818	9,88	15,2	3818	9,81
700	22,5	3931	10,1	18,7	3931	10,0	16,0	3931	9,92

$p$ , бар	0,32 ( $t_s = 70,6^{\circ}C$ )			0,36 ( $t_s = 73,4^{\circ}C$ )			0,4 ( $t_s = 75,9^{\circ}C$ )		
$t$ , $^{\circ}C$	$v$ , $\frac{m^3}{кг}$	$h$ , $\frac{кДж}{кг}$	$s$ , $\frac{кДж}{кг \cdot K}$	$v$ , $\frac{m^3}{кг}$	$h$ , $\frac{кДж}{кг}$	$s$ , $\frac{кДж}{кг \cdot K}$	$v$ , $\frac{m^3}{кг}$	$h$ , $\frac{кДж}{кг}$	$s$ , $\frac{кДж}{кг \cdot K}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
50	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703
$t_s$	0,001 4,92	296 2627	0,963 7,75	0,001 4,41	307 2632	0,996 7,71	0,001 3,99	318 2636	1,03 7,67
100	5,35	2685	7,90	4,76	2685	7,85	4,28	2684	7,80
150	6,08	2871	8,14	5,41	2781	8,09	4,87	2781	8,04
200	6,81	2878	8,36	6,05	2878	8,30	5,45	2878	8,26
250	7,53	2976	8,56	6,70	2976	8,50	6,03	2976	8,45
300	8,26	3076	8,74	7,34	3076	8,68	6,61	3076	8,64
350	8,98	3177	8,91	7,98	3177	8,85	7,19	3177	8,80
400	9,70	3280	9,06	8,62	3279	9,01	7,77	3279	8,96
450	10,4	3384	9,21	9,27	3383	9,16	8,34	3383	9,11
500	11,1	3490	9,36	9,91	3490	9,30	8,92	3490	9,26
550	11,7	3597	9,50	10,6	3597	9,44	9,50	3597	9,39
600	12,6	3707	9,63	11,2	3707	9,57	10,1	3707	9,52
650	13,3	3818	9,75	11,8	3818	9,70	10,7	3818	9,65
700	14,0	3930	9,87	12,5	3930	9,81	11,2	3931	9,77



$p$ , бар	0,6 ( $t_s = 86,0^\circ\text{C}$ )			0,8 ( $t_s = 93,5^\circ\text{C}$ )			1,0 ( $t_s = 99,6^\circ\text{C}$ )		
$t$ , $^\circ\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0
50	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703
$t_s$	0,001 2,73	360 2653	1,14 7,53	0,001 2,09	392 2665	1,23 7,43	0,001 1,69	417 2675	1,31 7,36
100	2,85	2681	7,60	2,13	2679	7,47	1,70	2676	7,36
150	3,24	2780	7,85	2,42	2778	7,72	1,94	2778	7,61
200	3,63	2877	8,07	2,72	2876	7,93	2,12	2875	7,83
250	4,02	2975	8,26	3,01	2974	8,13	2,40	2974	8,03
300	4,40	3075	8,45	3,30	3075	8,31	2,64	3074	8,21
350	4,79	3176	8,62	3,59	3176	8,48	2,87	3175	8,38
400	5,18	3279	8,77	3,88	3279	8,64	3,10	3278	8,54
450	5,56	3383	8,92	4,17	3383	8,79	3,33	3382	8,69
500	5,95	3489	9,07	4,46	3489	8,93	3,56	3488	8,83
550	6,33	3597	9,20	4,75	3597	9,07	3,80	3596	8,97
600	6,71	3707	9,34	5,04	3707	9,20	4,03	3706	9,10
650	7,01	3818	9,46	5,32	3818	9,33	4,26	3817	9,22
700	7,48	3930	9,58	5,61	3930	9,45	4,49	3929	9,34

$p$ , бар	1,2 ( $t_s = 104,8^\circ\text{C}$ )			1,5 ( $t_s = 111,4^\circ\text{C}$ )			2,0 ( $t_s = 120,2^\circ\text{C}$ )		
$t$ , $^\circ\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0,1	0	0,001	0,1	0	0,001	0,1	0
50	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703	0,001	209	0,703
100	0,001	419	1,307	0,001	419	1,307	0,001	419	1,307
$t_s$	0,001 1,43	439 2683	1,36 7,30	0,001 1,16	467 2693	1,43 7,22	0,0011 0,885	505 2707	1,53 7,13
150	1,61	2775	7,52	1,29	2773	7,42	0,960	2769	7,28
200	1,81	2874	7,74	1,44	2872	7,64	1,08	2870	7,50
250	2,00	2973	7,94	1,60	2972	7,84	1,20	2970	7,70
300	2,20	3073	8,13	1,76	3072	8,02	1,32	3071	7,89
350	2,39	3174	8,30	1,91	3174	8,19	1,43	3173	8,06
400	2,58	3278	8,46	2,07	3277	8,35	1,55	3276	8,22
450	2,78	3382	8,61	2,22	3381	8,50	1,66	3381	8,37
500	2,97	3488	8,75	2,38	3488	8,64	1,78	3487	8,51
550	3,16	3596	8,89	2,53	3596	8,78	1,90	3595	8,65
600	3,36	3705	9,01	2,68	3705	8,91	2,01	3705	8,78
650	3,55	3816	9,14	2,84	3816	9,03	2,13	3816	8,90
700	3,74	3928	9,26	2,99	3928	9,16	2,24	3928	9,02

$p$ , бар	2,5 ( $t_s = 127,4^{\circ}\text{C}$ )			3,0 ( $t_s = 133,5^{\circ}\text{C}$ )			4,0 ( $t_s = 143,6^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,001	0,2	0	0,001	0,3	0	0,001	0,5	0
50	0,001	209	0,703	0,001	210	0,703	0,001	210	0,703
100	0,001	419	1,307	0,001	419	1,307	0,001	419	1,306
$t_s$	0,001 0,718	535 2717	1,61 7,05	0,0011 0,606	561 2725	1,67 6,99	0,0011 0,462	605 2738	1,78 6,90
150	0,765	2766	7,17	0,634	2762	7,08	0,471	2754	6,93
200	0,862	2867	7,40	0,716	2864	7,31	0,534	2859	7,17
250	0,957	2968	7,60	0,796	2966	7,51	0,595	2962	7,37
300	1,05	3069	7,78	0,875	3068	7,70	0,655	3065	7,56
350	1,14	3172	7,95	0,953	3171	7,87	0,714	3169	7,73
400	1,24	3276	8,12	1,03	3275	8,03	0,772	3273	7,90
450	1,33	3381	8,27	1,11	3380	8,18	0,831	3379	8,05
500	1,42	3487	8,41	1,19	3486	8,32	0,889	3485	8,19
550	1,52	3594	8,55	1,26	3594	8,46	0,947	3593	8,33
600	1,59	3704	8,67	1,34	3704	8,59	1,00	3703	8,45
650	1,70	3815	8,80	1,42	3815	8,72	1,06	3814	8,58
700	1,80	3927	8,92	1,50	3928	8,83	1,12	3926	8,70

$p$ , бар	5,0 ( $t_s = 151,8^{\circ}\text{C}$ )			6,0 ( $t_s = 158,8^{\circ}\text{C}$ )			8,0 ( $t_s = 170,4^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	0,6	0	0,0010	0,7	0	0,0010	0,9	0
50	0,0010	210	0,703	0,0010	210	0,703	0,0010	210	0,703
100	0,0010	419	1,306	0,0010	419	1,306	0,0010	419	1,306
150	0,0011	632	1,840	0,0011	632	1,840	0,0011	632	1,840
$t_s$	0,0011 0,375	640 2749	1,86 6,82	0,0011 0,316	670 2757	1,93 6,76	0,0011 0,240	721 2769	2,05 6,66
200	0,425	2854	7,06	0,352	2849	6,96	0,261	2839	6,81
250	0,474	2958	7,26	0,394	2954	7,18	0,293	2947	7,03
300	0,522	3062	7,45	0,434	3059	7,37	0,324	3054	7,23
350	0,570	3167	7,63	0,474	3164	7,54	0,354	3160	7,40
400	0,617	3272	7,79	0,514	3270	7,70	0,384	3267	7,57
450	0,664	3377	7,94	0,553	3376	7,86	0,414	3373	7,72
500	0,711	3484	8,09	0,592	3483	8,00	0,443	3481	7,86
550	0,758	3592	8,22	0,630	3592	8,14	0,472	3590	8,00
600	0,804	3702	8,35	0,670	3701	8,27	0,502	3699	8,13
650	0,851	3813	8,49	0,709	3812	8,39	0,531	3810	8,26
700	0,897	3925	8,60	0,747	3925	8,51	0,560	3924	8,38

$p$ , бар	10,0 ( $t_s = 179,9^\circ\text{C}$ )			12,0 ( $t_s = 188,0^\circ\text{C}$ )			15,0 ( $t_s = 198,3^\circ\text{C}$ )		
$t$ , $^\circ\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0	1,1	0	0	1,3	0	0,0010	1,6	0
50	0,0010	210	0,703	0,0010	210	0,702	0,0010	210	0,702
100	0,0010	419	1,306	0,0010	419	1,306	0,0010	420	1,305
150	0,0011	632	1,840	0,0011	632	1,839	0,0011	632	1,839
$t_s$	0,0011	763	2,14	0,0011	798	2,22	0,0012	845	2,31
	0,195	2778	6,59	0,163	2785	6,52	0,132	2792	6,44
200	0,206	2827	6,69	0,169	2816	6,59	0,132	2796	6,46
250	0,233	2940	6,92	0,192	2933	6,82	0,152	2921	6,70
300	0,258	3048	7,12	0,214	3042	7,02	0,170	3033	6,91
350	0,282	3156	7,30	0,234	3151	7,21	0,186	3145	7,10
400	0,306	3263	7,46	0,255	3260	7,37	0,203	3255	7,26
450	0,330	3370	7,62	0,275	3368	7,53	0,219	3364	7,42
500	0,354	3479	7,76	0,294	3477	7,67	0,235	3473	7,57
550	0,378	3588	7,90	0,314	3586	7,81	0,251	3583	7,71
600	0,401	3698	8,03	0,334	3696	7,94	0,267	3694	7,84
650	0,425	3809	8,16	0,353	3808	8,07	0,282	3805	7,97
700	0,448	3923	8,28	0,373	3921	8,19	0,298	3920	8,09

$p$ , бар	18,0 ( $t_s = 207,1^\circ\text{C}$ )			20,0 ( $t_s = 212,4^\circ\text{C}$ )			22,0 ( $t_s = 217,2^\circ\text{C}$ )		
$t$ , $^\circ\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	1,9	0	0,0010	2,1	0	0,0010	2,3	0
50	0,0010	211	0,702	0,0010	211	0,702	0,0010	211	0,702
100	0,0010	420	1,305	0,0010	420	1,305	0,0010	420	1,305
150	0,0011	633	1,839	0,0011	633	1,838	0,0011	633	1,838
200	0,0012	852	2,329	0,0012	852	2,328	0,0012	852	2,328
$t_s$	0,0012	884	2,40	0,0012	908	2,45	0,012	931	2,49
	0,1100	2769	6,38	0,100	2799	6,34	0,0907	2801	6,30
250	0,125	2908	6,60	0,111	2900	6,54	0,100	2891	6,48
300	0,140	3025	6,81	0,126	3019	6,76	0,113	3013	6,70
350	0,154	3138	7,00	0,138	3134	6,95	0,125	3129	6,90
400	0,168	3249	7,18	0,151	3246	7,12	0,137	3243	7,08
450	0,182	3360	7,33	0,163	3357	7,28	0,148	3354	7,24
500	0,195	3470	7,48	0,176	3468	7,43	0,159	3465	7,38
550	0,209	3580	7,62	0,188	3578	7,57	0,170	3576	7,52
600	0,222	3691	7,75	0,200	3690	7,70	0,181	3688	7,66
650	0,235	3803	7,88	0,212	3802	7,83	0,192	3801	7,78
700	0,248	3917	7,99	0,223	3917	7,95	0,203	3915	7,90



$p$ , бар	25,0 ( $t_s = 223,9^{\circ}\text{C}$ )			30,0 ( $t_s = 233,8^{\circ}\text{C}$ )			35,0 ( $t_s = 242,5^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	2,6	0	0,0010	3,1	0	0,0010	3,7	0
50	0,0010	211	0,702	0,0010	212	0,702	0,0010	212	0,702
100	0,0010	420	1,304	0,0010	421	1,304	0,0010	421	1,303
150	0,0011	633	1,838	0,0011	633	1,837	0,0011	634	1,837
200	0,0012	852	2,327	0,0012	853	2,326	0,0012	853	2,325
$t_s$	0,0012	962	2,55	0,0012	1008	2,65	0,0012	1050	2,72
	0,0799	2802	6,26	0,0666	2804	6,19	0,0570	2803	6,12
250	0,0871	2878	6,40	0,0707	2853	6,28	0,0588	2828	6,17
300	0,0989	3004	6,64	0,0812	2988	6,53	0,0685	2972	6,44
350	0,110	3123	6,83	0,0905	3111	6,74	0,0767	3100	6,65
400	0,120	3238	7,01	0,0993	3229	7,01	0,0863	3220	6,84
450	0,130	3350	7,17	0,108	3343	7,08	0,0919	3336	7,00
500	0,140	3462	7,32	0,116	3456	7,23	0,0991	3451	7,16
550	0,150	3574	7,46	0,124	3569	7,38	0,106	3564	7,30
600	0,159	3686	7,59	0,132	3682	7,51	0,113	3678	7,43
650	0,169	3799	7,72	0,141	3796	7,64	0,120	3793	7,56
700	0,178	3914	7,85	0,148	3911	7,76	0,127	3908	7,69

$p$ , бар	40,0 ( $t_s = 250,3^{\circ}\text{C}$ )			45,0 ( $t_s = 257,4^{\circ}\text{C}$ )			50,0 ( $t_s = 263,9^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	4,2	0	0,0010	4,7	0	0,0010	5,2	0
50	0,0010	213	0,70	0,0010	213	0,701	0,0010	214	0,700
100	0,0010	422	1,30	0,0010	422	1,302	0,0010	423	1,302
150	0,0011	634	1,84	0,0011	634	1,836	0,0011	635	1,835
200	0,0012	853	2,32	0,0012	853	2,323	0,0012	854	2,322
250	0,0012	1086	2,79	0,0012	1086	2,790	0,0012	1086	2,789
$t_s$	0,0013	1088	2,80	0,0013	1122	2,86	0,0013	1154	2,92
	0,0498	2801	6,07	0,0440	2798	6,02	0,0394	2794	5,97
300	0,0589	2955	6,35	0,0544	2938	6,27	0,0454	2920	6,20
350	0,0604	3087	6,57	0,0584	3075	6,50	0,0520	3063	6,44
400	0,0734	3211	6,76	0,0647	3202	6,70	0,0578	3193	6,64
450	0,0800	3329	6,93	0,0707	3322	6,87	0,0633	3315	6,82
500	0,0864	3445	7,09	0,0765	3439	7,03	0,0686	3433	6,97
550	0,0927	3560	7,23	0,0822	3555	7,17	0,0737	3550	7,12
600	0,0988	3674	7,37	0,0877	3670	7,31	0,0787	3666	7,26
650	0,1049	3789	7,49	0,0931	3785	7,44	0,0836	3782	7,39
700	0,1110	3905	7,62	0,0984	3902	7,56	0,0884	3899	7,51

$p$ , бар	55,0 ( $t_s = 269,9^{\circ}\text{C}$ )			60,0 ( $t_s = 275,6^{\circ}\text{C}$ )			65,0 ( $t_s = 280,8^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	5,7	0	0,0010	6,2	0	0,0010	6,7	0
50	0,0010	214	0,700	0,0010	214	0,700	0,0010	215	0,700
100	0,0010	423	1,302	0,0010	423	1,301	0,0010	424	1,301
150	0,0011	635	1,835	0,0011	635	1,834	0,0011	636	1,830
200	0,0012	854	2,321	0,0012	854	2,320	0,0012	854	2,320
250	0,0012	1086	2,787	0,0012	1086	2,786	0,0012	1086	2,784
$t_s$	0,0013	1185	2,98	0,0013	1214	3,03	0,0013	1241	3,08
	0,0356	2790	5,93	0,0324	2785	5,89	0,0297	2778	5,85
300	0,0404	2900	6,13	0,0362	2880	6,06	0,0326	2859	5,99
350	0,0467	3050	6,38	0,0423	3039	6,33	0,0385	3026	6,27
400	0,0521	3183	6,59	0,0474	3174	6,54	0,0434	3165	6,49
450	0,0572	3307	6,76	0,0522	3299	6,72	0,0480	3292	6,67
500	0,0621	3428	6,92	0,0567	3421	6,88	0,0521	3416	6,83
550	0,0668	3545	7,07	0,0610	3540	7,03	0,0562	3535	6,98
600	0,0714	3662	7,23	0,0652	3658	7,16	0,0562	3535	7,13
650	0,0759	3779	7,34	0,0694	3775	7,30	0,0639	3771	7,26
700	0,0804	3898	7,47	0,0735	3893	7,42	0,0678	3889	7,39

$p$ , бар	70,0 ( $t_s = 285,8^{\circ}\text{C}$ )			75,0 ( $t_s = 290,5^{\circ}\text{C}$ )			80,0 ( $t_s = 295,0^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	7,2	0	0,0010	7,7	0	0,0010	8,2	0
50	0,0010	215	0,70	0,0010	216	0,70	0,0010	216	0,70
100	0,0010	424	1,30	0,0010	424	1,30	0,0010	425	1,30
150	0,0011	636	1,83	0,0011	636	1,83	0,0011	637	1,83
200	0,0012	854	2,32	0,0012	855	2,32	0,0012	855	2,32
250	0,0012	1086	2,78	0,0012	1086	2,78	0,0012	1086	2,78
$t_s$	0,0014	1267	3,12	0,0014	1293	3,17	0,0014	1317	3,21
	0,0274	2772	5,18	0,0253	2766	5,78	0,0235	2758	5,74
300	0,0255	2835	5,92	0,0277	2810	5,85	0,0243	2784	5,79
350	0,0353	3012	6,22	0,0325	2998	6,17	0,0300	2985	6,13
400	0,0400	3155	6,44	0,0369	3145	6,40	0,0344	3135	6,36
450	0,0442	3285	6,63	0,0410	3278	6,59	0,0382	3270	6,55
500	0,0482	3409	6,80	0,0448	3403	6,76	0,0438	3397	6,72
550	0,0520	3530	6,95	0,0485	3525	6,91	0,0452	3520	6,88
600	0,0573	3651	7,10	0,0518	3645	7,05	0,0484	3640	7,02
650	0,0592	3768	7,22	0,0552	3766	7,19	0,0516	3760	7,16
700	0,0628	3887	7,35	0,0586	3885	7,31	0,0548	3881	7,28



$p$ , бар	85,0 ( $t_s = 299,2^\circ\text{C}$ )			90,0 ( $t_s = 303,3^\circ\text{C}$ )			95,0 ( $t_s = 307,2^\circ\text{C}$ )		
$t$ , $^\circ\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	8,7	0	0,0010	9,2	0	0,0010	9,7	0
50	0,0010	217	0,70	0,0010	217	0,70	0,0010	218	0,70
100	0,0010	425	1,30	0,0010	426	1,30	0,0010	426	1,30
150	0,0011	637	1,83	0,0011	637	1,83	0,0011	638	1,83
200	0,0012	855	2,32	0,0012	856	2,32	0,0012	856	2,32
250	0,0012	1086	2,78	0,0012	1086	2,78	0,0012	1086	2,78
300	0,0014	1344	3,25	0,0014	1344	3,25	0,0014	1344	3,25
$t_s$	0,0014 0,0219	1341 2751	3,25 5,71	0,0014 0,0205	1364 2743	3,29 5,68	0,0014 0,0192	1386 2734	3,32 5,65
300	0,0220	2754	5,72						
350	0,0278	2970	6,08	0,0259	2954	6,03	0,0241	2938	5,99
400	0,0320	3124	6,32	0,0300	3114	6,28	0,0282	3104	6,24
450	0,0357	3262	6,52	0,0335	3254	6,48	0,0316	3246	6,44
500	0,0391	3392	6,69	0,0368	3386	6,66	0,0347	3379	6,62
550	0,0423	3515	6,84	0,0399	3510	6,81	0,0376	3505	6,78
600	0,0459	3637	7,00	0,0428	3631	6,96	0,0405	3626	6,92
650	0,0485	3759	7,13	0,0458	3755	7,09	0,0433	3752	7,07
700	0,0515	3879	7,23	0,0486	3876	7,22	0,0460	3873	7,20

$p$ , бар	100 ( $t_s = 311,0^\circ\text{C}$ )			105 ( $t_s = 314,6^\circ\text{C}$ )			110 ( $t_s = 318,0^\circ\text{C}$ )		
$t$ , $^\circ\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	10,2	0	0,0010	10,7	0	0,0010	11,2	0
50	0,0010	218	0,70	0,0010	218	0,70	0,0010	219	0,70
100	0,0010	426	1,30	0,0010	427	1,30	0,0010	427	1,30
150	0,0011	638	1,83	0,0011	638	1,83	0,0011	639	1,83
200	0,0011	856	2,31	0,0011	856	2,31	0,0011	856	2,31
250	0,0012	1086	2,78	0,0012	1086	2,78	0,0012	1086	2,77
300	0,0014	1342	3,24	0,0014	1342	3,24	0,0014	1341	3,24
$t_s$	0,0015 0,0180	1408 2725	3,36 5,62	0,0015 0,0170	1429 2715	3,40 5,58	0,0015 0,0160	1450 2705	3,43 5,55
350	0,0225	2920	5,94	0,0210	2902	5,90	0,0197	2884	5,85
400	0,0265	3093	6,21	0,0250	3082	6,17	0,0236	3071	6,14
450	0,0298	3239	6,42	0,0282	3231	6,38	0,0267	3222	6,36
500	0,0328	3372	6,60	0,0311	3366	6,57	0,0295	3360	6,54
550	0,0357	3499	6,76	0,0338	3493	6,73	0,0322	3488	6,70
600	0,0384	3621	6,90	0,0364	3617	6,88	0,0347	3612	6,85
650	0,0410	3744	7,04	0,0389	3740	7,01	0,0371	3736	6,99
700	0,0435	3867	7,17	0,0414	3863	7,14	0,0395	3860	7,12

$p$ , бар	115 ( $t_s = 321,4^{\circ}\text{C}$ )			120 ( $t_s = 324,6^{\circ}\text{C}$ )			130 ( $t_s = 330,8^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	11,7	0	0,0010	12,2	0	0,0010	13,2	0
50	0,0010	219	0,70	0,0010	220	0,70	0,0010	221	0,70
100	0,0010	428	1,30	0,0010	428	1,30	0,0010	429	1,30
150	0,0011	639	1,83	0,0011	639	1,83	0,0011	640	1,83
200	0,0011	857	2,31	0,0011	857	2,31	0,0011	857	2,31
250	0,0012	1086	2,77	0,0012	1086	2,77	0,0012	1086	2,77
300	0,0014	1341	3,24	0,0014	1340	3,24	0,0014	1339	3,23
$t_s$	0,0015	1470	3,46	0,0015	1491	3,50	0,0016	1532	3,56
	0,0150	2695	5,52	0,0143	2685	5,49	0,0128	2662	5,43
350	0,0184	2864	5,80	0,0173	2844	5,76	0,0151	2799	5,66
400	0,0223	3060	6,10	0,0211	3049	6,07	0,0190	3026	6,01
450	0,0254	3214	6,33	0,0241	3206	6,30	0,0220	3189	6,24
500	0,0281	3353	6,51	0,0268	3347	6,49	0,0245	3334	6,44
550	0,0307	3483	6,68	0,0293	3478	6,65	0,0268	3467	6,61
600	0,0326	3608	6,83	0,0312	3603	6,80	0,0290	3594	6,76
650	0,0355	3732	6,97	0,0339	3728	6,94	0,0311	3721	6,90
700	0,0377	3856	7,09	0,0361	3853	7,08	0,0332	3847	7,03

$p$ , бар	140 ( $t_s = 336,6^{\circ}\text{C}$ )			150 ( $t_s = 342,1^{\circ}\text{C}$ )			160 ( $t_s = 347,3^{\circ}\text{C}$ )		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	14,2	0	0,0010	15,2	0	0,0010	16,2	0
50	0,0010	221	0,70	0,0010	222	0,70	0,0010	223	0,70
100	0,0010	430	1,30	0,0010	430	1,29	0,0010	431	1,29
150	0,0011	641	1,83	0,0011	641	1,82	0,0011	642	1,82
200	0,0011	858	2,31	0,0011	858	2,31	0,0011	859	2,30
250	0,0012	1086	2,77	0,0012	1086	2,76	0,0012	1086	2,76
300	0,0014	1338	3,23	0,0014	1337	3,22	0,0014	1336	3,22
$t_s$	0,0016	1571	3,62	0,0017	1610	3,68	0,0017	1650	3,75
	0,0015	2638	5,37	0,0104	2611	5,31	0,0093	2582	5,25
350	0,0132	2750	5,56	0,0115	2690	5,44	0,0098	2612	5,30
400	0,0173	3000	5,94	0,0157	2973	5,88	0,0143	2945	5,82
450	0,0201	3172	6,19	0,0185	3155	6,14	0,0170	3137	6,09
500	0,0225	3321	6,39	0,0208	3308	6,35	0,0193	3294	6,30
550	0,0247	3456	6,56	0,0229	3445	6,52	0,0213	3434	6,48
600	0,0268	3585	6,72	0,0249	3576	6,68	0,0213	3565	6,64
650	0,0288	3713	6,86	0,0268	3706	6,82	0,0250	3698	6,79
700	0,0307	3841	6,99	0,0286	3835	6,96	0,0267	3829	6,92

$p$ , бар	170 ( $t_s = 352,3^{\circ}\text{C}$ )			180 ( $t_s = 357,0^{\circ}\text{C}$ )			190 ( $t_s = 361,4^{\circ}\text{C}$ )		
	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	17,2	0	0,0010	18,2	0	0,0010	19,2	0
50	0,0010	224	0,69	0,0010	225	0,69	0,0010	226	0,69
100	0,0010	432	1,29	0,0010	433	1,29	0,0010	433	1,29
150	0,0011	643	1,82	0,0011	643	1,82	0,0011	644	1,82
200	0,0011	859	2,30	0,0011	860	2,30	0,0011	860	2,30
250	0,0012	1086	2,76	0,0012	1086	2,76	0,0012	1086	2,76
300	0,0014	1335	3,21	0,0014	1335	3,21	0,0014	1334	3,21
350	0,0017	1668	3,77	0,0017	1657	3,75	0,0017	1650	3,74
$t_s$	0,0018	1690	3,81	0,0018	1732	3,87	0,0019	1777	3,94
	0,0084	2548	5,18	0,0075	2510	5,11	0,0067	2465	5,02
400	0,0130	2915	5,75	0,0120	2884	5,69	0,0109	2851	5,62
450	0,0158	3118	6,04	0,0147	3100	6,00	0,0136	3080	5,95
500	0,0180	3281	6,26	0,0168	3267	6,22	0,0157	3253	6,18
550	0,0199	3423	6,44	0,0187	3412	6,41	0,0176	3401	6,37
600	0,0217	3558	6,60	0,0204	3549	6,57	0,0192	3540	6,54
650	0,0234	3691	6,75	0,0220	3683	6,72	0,0208	3675	6,69
700	0,0251	3822	6,89	0,0236	3815	6,86	0,0223	3809	6,83

$p$ , бар	200 ( $t_s = 365,8^{\circ}\text{C}$ )			210 ( $t_s = 369,8^{\circ}\text{C}$ )			220 ( $t_s = 373,7^{\circ}\text{C}$ )		
	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	20,0	0	0,0010	21,0	0	0,0010	22,0	0
50	0,0010	227	0,69	0,0010	227	0,69	0,0010	228	0,70
100	0,0010	434	1,29	0,0010	435	1,29	0,0010	436	1,29
150	0,0011	645	1,82	0,0011	645	1,82	0,0011	646	1,82
200	0,0011	860	2,30	0,0011	861	2,30	0,0011	861	2,30
250	0,0012	1087	2,76	0,0012	1087	2,76	0,0012	1087	2,75
300	0,0014	1334	3,21	0,0014	1334	3,20	0,0014	1333	3,20
350	0,0017	1644	3,73	0,0016	1641	3,72	0,0016	1636	3,71
$t_s$	0,0020	1827	4,02	0,0022	1889	4,11	0,0028	2022	4,31
	0,0059	2411	4,93	0,0050	2338	4,81	0,0036	2169	4,54
400	0,0100	2817	5,55	0,0091	2778	5,48	0,0083	2734	5,41
450	0,0127	3062	5,90	0,0119	3041	5,86	0,0111	3019	5,81
500	0,0148	3241	6,14	0,0139	3227	6,11	0,0131	3212	6,07
550	0,0166	3396	6,34	0,0157	3385	6,31	0,0148	3374	6,27
600	0,0182	3539	6,51	0,0172	3530	6,48	0,0164	3521	6,45
650	0,0197	3667	6,66	0,0187	3660	6,63	0,0177	3653	6,61
700	0,0211	3803	6,80	0,0200	3796	6,77	0,0191	3789	6,75



$p$ , бар	230			240			250		
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$v$ , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$h$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$s$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
0	0,0010	23,0	0	0,0010	24,0	0	0,0010	25,0	0
50	0,0010	229	0,69	0,0010	230	0,69	0,0010	231	0,69
100	0,0010	436	1,29	0,0010	437	1,29	0,0010	438	1,29
150	0,0011	646	1,82	0,0011	647	1,82	0,0011	648	1,82
200	0,0011	862	2,30	0,0011	862	2,30	0,0011	863	2,30
250	0,0012	1087	2,75	0,0012	1087	2,75	0,0012	1087	2,75
300	0,0014	1332	3,20	0,0013	1331	3,19	0,0013	1331	3,19
350	0,0016	1629	3,70	0,0016	1625	3,69	0,0016	1621	3,68
400	0,0075	2690	5,32	0,0067	2638	5,24	0,0060	2579	5,14
450	0,0104	2994	5,77	0,0098	2971	5,72	0,0092	2947	5,68
500	0,0124	3191	6,03	0,0118	3174	6,00	0,0111	3157	5,96
550	0,0141	3355	6,24	0,0134	3343	6,21	0,0127	3331	6,18
600	0,016	3502	6,42	0,0148	3493	6,39	0,0141	3483	6,36
650	0,0169	3645	6,58	0,0161	3637	6,55	0,0154	3629	6,52
700	0,0182	3789	6,72	0,0174	3776	6,69	0,0166	3770	6,76

## Приложение Б. Форма титульного листа

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

Институт энергетики и автоматизации  
Кафедра теплосиловых установок и тепловых двигателей

# КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Техническая термодинамика»

на тему:

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИКЛОВ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Выполнил студент учебной группы №

---

*(фамилия, имя, отчество)*

Проверил

---

*(должность, фамилия, имя, отчество)*

Санкт-Петербург  
2024

## Приложение В. Задание на курсовую работу

Исходные данные для курсовой работы:

- мощность паротурбинной установки,  $N$ ;
- давление пара на входе в турбину,  $p_1$ ;
- температура пара на входе в турбину,  $t_1$ ;
- давление в конденсаторе,  $p_2$ ;
- охлаждающая вода нагревается в конденсаторе на  $\Delta t$ ;
- используемое топливо имеет низшую теплоту сгорания  $Q_{н}^P$ ;
- КПД парогенератора  $\eta_{пг}$ ;
- внутренний относительный КПД турбины  $\eta_{oi}^T$ ;
- внутренний относительный КПД насоса  $\eta_{oi}^H$ ;

Задание – рассчитать циклы по указанию преподавателя.

Для каждого цикла необходимо:

1. Изобразить схемы установок и циклы в (p-v), (T-s), (h-s) диаграммах.

2. Определить:

- а) термодинамические параметры и функции в характерных точках цикла и свести их в таблицу;
- б) количество удельной подведенной и отведенной теплоты, удельную работу турбины, удельную полезную работу цикла, термический (или внутренний) КПД цикла;
- в) расходы пара, топлива и охлаждающей воды в конденсаторе.

В конце расчета сделать выводы, сравнив термические КПД, степени сухости пара после турбины, расходы пара, топлива и охлаждающей воды в рассчитанных циклах.

Данные для расчета задаются преподавателем индивидуально.