



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»

Э. М. КОСМАЧЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Методическое пособие
по выполнению курсового проекта
«Энергогенерирующая установка
и ее технико-экономические показатели»**

**Минск
БНТУ
2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»

Э. М. КОСМАЧЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методическое пособие по выполнению курсового проекта
«Энергогенерирующая установка и ее технико-экономические показатели»
для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация
производства» направления 1-27 01 01-10
«Экономика и организация производства (энергетика)»

Минск
БНТУ
2012

УДК 620.9:658:378.147.091.313(075.8)

ББК 31.27я7

К71

Рецензенты :

д-р техн. наук, профессор Н. Б. Карницкий

канд. техн. наук, доцент Ф. И. Молочко

Космачева, Э. М.

К71 Технология энергетического производства : методическое пособие по выполнению курсового проекта «Энергогенерирующая установка и ее технико-экономические показатели» для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства» направления 1-27 01 01-10 «Экономика и организация производства» (энергетика) / Э. М. Космачева. – Минск : БНТУ, 2012. – 23 с.

ISBN 978-985-525-868-2.

Приведены схемы основных электрогенерирующих установок, применяемых в энергетике, методики расчета термодинамических циклов и основных технико-экономических показателей установок, позволяющих оценить их эффективность. Указанные схемы и методики расчета могут активно использоваться студентами в ходе курсового проектирования по дисциплине «Технология энергетического производства».

УДК 620.9:658:378.147.091.313(075.8)

ББК 31.27я7

ISBN 978-985-525-868-2

© Космачева Э. М., 2012

© Белорусский национальный
технический университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1	Расчет цикла газотурбинной установки	6
2	Расчет цикла паротурбинной установки	9
3	Определение технико-экономических показателей паротурбинной установки	11
4	Расчет цикла парогазовой установки	13
5	Определение технико-экономических показателей газотурбинной установки	15
6	Определение технико-экономических показателей парогазовой установки	16
7	Требования по оформлению курсового проекта	18
	Литература	20
	Приложения	21
	Приложение А	21
	Приложение Б	22
	Приложение В	23

ВВЕДЕНИЕ

В условиях острого дефицита собственных энергоресурсов в Республике Беларусь и систематического повышения цены на топливо задача совершенствования технологии выработки электрической и тепловой энергии остается весьма актуальной.

Долгие годы традиционным типом энергогенерирующих установок были паротурбинные (ПТУ). Однако, даже при высоких, оптимальных с технико-экономической точки зрения, начальных параметрах рабочего тела, КПД конденсационного цикла ПТУ по выработке только электроэнергии находится в пределах 35...40%. Примерно такой же уровень КПД имеют газотурбинные установки (ГТУ).

Значительного повышения КПД энергетических установок можно достигнуть совмещением газового и парового циклов в комбинированный парогазовый, где теплота отработавших в ГТУ газов с температурой 500...600 °С далее используется в паровой части схемы. В парогазовой установке (ПГУ) можно достичь КПД конденсационного цикла 55...58%, т.е. существенно уменьшить удельный (на 1 кВт·ч выработанной электрической энергии) расход теплоты, а значит топлива по сравнению с отдельно взятой ГТУ или ПТУ, работающих при тех же параметрах, что в составе ПГУ.

Студентам специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»; направление 1-27 01 01-10 «Экономика и организация производства (энергетика)» предлагается следующая тема курсового проекта: «Энергогенерирующая установка и ее технико-экономические показатели».

Задачей курсового проекта является определение и сопоставление основных показателей эффективности выработки электроэнергии (термический и абсолютный электрический КПД, удельные расходы натурального и условного топлива) тремя типами установок: ГТУ, ПТУ и ПГУ.

Необходимо составить принципиальные схемы и определить основные технико-экономические показатели следующих энергогенерирующих установок:

- паротурбинная (ПТУ), работающая в конденсационном режиме;
- газотурбинная (ГТУ);

- парогазовая (ПГУ) со сбросом выхлопных газов ГТУ в котле-утилизатор паротурбинного блока.

Осуществить сравнительный анализ результатов расчета.

Параметры работы установок:

- электрическая мощность ПТУ $M_{ПТУ}$, МВт;
- давление свежего пара p_0 , МПа;
- температура свежего пара t_0 , °С;
- давление отработавшего пара p_k , кПа;
- ПТУ имеет два регенеративных отбора, давление пара в которых $p_{отб1}$ и $p_{отб2}$, кПа;
- температура газов перед турбиной ГТУ t_3 , °С;
- температура газов после турбины ГТУ t_4 , °С;
- рабочее тело ГТУ обладает свойствами воздуха, его теплоемкость принять постоянной;
- параметры атмосферного воздуха: давление $p_1 = 0,1$ МПа, температура t_1 , °С;
- параметры работы соответствующих турбин в ПГУ такие же, как в ПТУ и ГТУ;
- температура газов после котла-утилизатора t_{yx} , °С;
- внутренний относительный КПД двигателей η_{oi} ;
- электромеханический КПД $\eta_{эм}$;
- КПД парогенератора $\eta_{пг}$;
- коэффициент сохранения теплоты в котле-утилизаторе ϕ ;
- КПД камеры сгорания $\eta_{кс}$;

Все энергогенерирующие установки в качестве топлива используют природный газ заданного состава.

Для удобства расчетов можно принять индексацию соответствующих точек в циклах для всех установок одинаковой.

Рекомендуется следующее содержание расчетно-пояснительной записки курсового проекта:

Введение.

1. Общая характеристика парогазовых установок (информационный обзор).
2. Выбор схемы ПГУ и ее описание.
3. Цикл ПГУ в T, s – диаграмме и его описание.
4. Термодинамический расчет цикла газотурбинной установки.
5. Расчет цикла паротурбинной установки.

6. Определение технико-экономических показателей ПГУ.
7. Расчет цикла ПГУ.
8. Определение электрической мощности ГТУ и ее технико-экономические показатели.
9. Технико-экономические характеристики ПГУ.
10. Сводная таблица результатов расчета по трем видам энергогенерирующих установок. Анализ результатов расчета.

Список использованной литературы.

Графическая часть проекта должна быть представлена двумя листами следующего содержания:

1. Принципиальная схема ПГУ с основными параметрами (заданными и определенными в ходе расчета).
2. Основные технико-экономические показатели энергогенерирующих установок (электрическая мощность, часовой расход натурального и условного топлива, удельный расход натурального и условного топлива на 1 кВт·ч выработанной электроэнергии, термический и абсолютный электрический КПД).

1 РАСЧЕТ ЦИКЛА ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

1.1 Определение параметров в характерных точках цикла газотурбинной установки (ГТУ) (рисунок 1).

(Основными термодинамическими параметрами являются: давление [Па], температура [К] и удельный объем [м³/кг]).

Точка 1

Давление p_1 и температура t_1 атмосферного воздуха – заданы.

Удельный объем v_1 , м³/кг, из уравнения состояния идеального газа

$$v_1 = \frac{R T_1}{\rho_1}, \quad (1.1)$$

где R – газовая постоянная воздуха

$$R = \frac{8314}{\mu_{\text{air}}} = \frac{8314}{28,9} = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad (1.2)$$

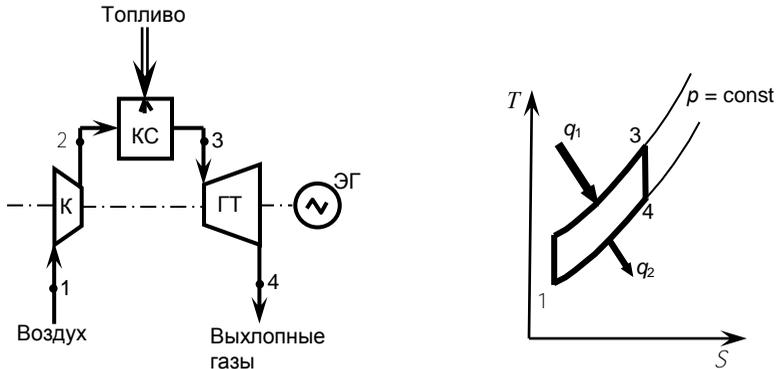


Рисунок 1 - Принципиальная схема и цикл ГТУ
 К – компрессор; КС – камера сгорания;
 ГТ – газовая турбина; ЭГ – электрогенератор

T_1 – абсолютная температура воздуха; $T_1 = t_1 + 273$, К.

Точка 4

t_4 – задана, $T_4 = t_4 + 273$, К.

4-1 – изобарный процесс отвода теплоты, $\rightarrow p_4 = p_1 = 0,1 \text{ МПа} = 0,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Соотношение параметров в изобарном процессе

$$\frac{\dot{O}_4}{\dot{O}_1} = \frac{v_4}{v_1} \Rightarrow v_4 = v_1 \frac{\dot{O}_4}{\dot{O}_1}. \quad (1.3)$$

Точка 3

t_3 – задана. 3-4 – адиабатное расширение рабочего тела в газовой турбине ГТУ.

Соотношение параметров в адиабатном процессе

$$\frac{D_3}{D_4} = \left(\frac{\dot{O}_3}{\dot{O}_4} \right)^{\frac{\dot{e}}{\dot{e}-1}} \Rightarrow D_3 = D_4 \left(\frac{\dot{O}_3}{\dot{O}_4} \right)^{\frac{\dot{e}}{\dot{e}-1}}, \quad (1.4)$$

где κ – показатель адиабаты, для двухатомных газов (в том числе воздуха) $\kappa = 1,4$.

Удельный объем v_3 найти из уравнения состояния идеального газа в точке 3.

Точка 2

2-3 – изобарный процесс подвода теплоты в камере сгорания ГТУ $\rightarrow p_2 = p_3$.

1-2 – адиабатное сжатие воздуха в компрессоре ГТУ. Соотношение параметров в адиабатном процессе

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}, \quad (1.5)$$

$$t_2 = T_2 - 273, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Удельный объем v_2 найти из уравнения состояния идеального газа в точке 2.

1.2 Определение энергетических характеристик цикла ГТУ.

Количество теплоты, подведенной к 1 кг рабочего тела в ГТУ

$$q_1 = q_{2-3} = c_p (T_3 - T_2), \quad (1.6)$$

где c_p – массовая теплоемкость рабочего тела при постоянном давлении (изобарная теплоемкость). По молекулярно-кинетической

теории $\bar{n}_D = \frac{i+2}{2} R$, где i – число степеней свободы молекулы (для двухатомного газа $i = 5$); R – газовая постоянная воздуха (см. п. 1.1).

Количество теплоты, отведенной от 1 кг рабочего тела в ГТУ

$$q_2 = q_{4-1} = c_p (T_4 - T_1). \quad (1.7)$$

Теоретическая работа 1 кг рабочего тела в ГТУ

$$\ell_o^{\text{ГТУ}} = q_1 - q_2. \quad (1.8)$$

Термический КПД цикла ГТУ

$$\eta_t^{\text{ГТУ}} = \frac{\ell_o^{\text{ГТУ}}}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}. \quad (1.9)$$

Абсолютный электрический КПД ГТУ

$$\eta_{\text{э}}^{\text{ГТУ}} = \eta_t^{\text{ГТУ}} \eta_{oi} \eta_{\text{эм}}, \quad (1.10)$$

где η_{oi} и $\eta_{\text{эм}}$ – внутренний относительный и электромеханический КПД газотурбинного двигателя (заданы).

2 РАСЧЕТ ЦИКЛА ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Схема конденсационной паротурбинной установки (ПТУ) с двумя регенеративными отборами и ее цикл в T, S – координатах представлены на рисунке 2.

Построить в h, S -диаграмме процесс расширения пара в турбине (рисунок 3) и определить значения энтальпий пара $h_o, h_{\text{отб1}}, h_{\text{отб2}}, h_k$ – свежего, в регенеративных отборах и отработавшего, соответственно.

Термический КПД регенеративного цикла с двумя отборами

$$\eta_t^{\text{ПТУ}} = \frac{h_o - h_k - \alpha_1 (h_{\text{отб1}} - h_k) - \alpha_2 (h_{\text{отб2}} - h_k)}{h_o - h_{\text{отб1}}}, \quad (2.1)$$

где α_1 и α_2 – доля пара в соответствующем отборе; определяется из уравнения теплового баланса регенеративного подогревателя (принимаем смесительные подогреватели)

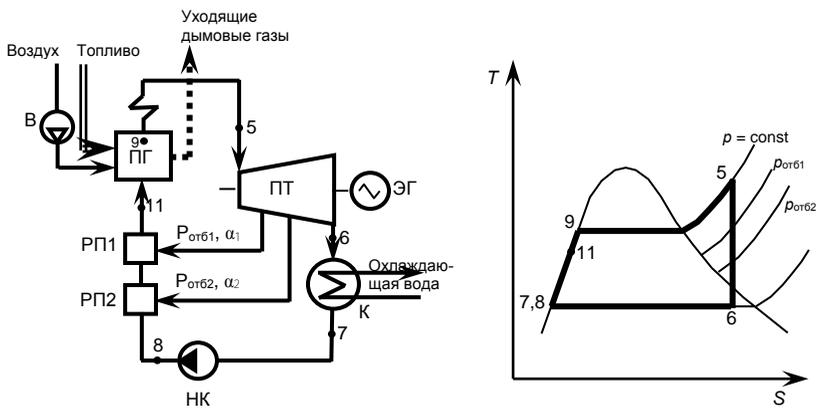


Рисунок 2 – Принципиальная схема и цикл ПТУ с двумя регенеративными отборами пара
 ПГ – парогенератор; ПТ – паровая турбина; ЭГ – электрогенератор; К – конденсатор; НК – насос конденсатный; РП1 и РП2 – регенеративные подогреватели; В - вентилятор

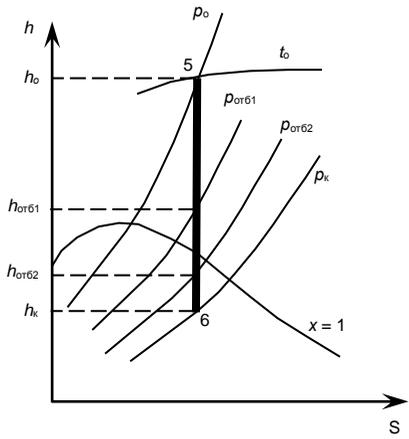


Рисунок 3 – Процесс расширения пара в турбине
 p_0 и t_0 – давление и температура острого (свежего) пара перед турбиной; p_k – давление отработавшего пара в конденсаторе; $p_{отб1}$ и $p_{отб2}$ – давление пара в регенеративных отборах турбины

$$\alpha_1 = \frac{h'_{10a1} - h'_{10a2}}{h_{10a1} - h'_{10a2}}, \quad (2.2)$$

$$\alpha_2 = \frac{(1 - \alpha_1)(h'_{10a2} - h'_e)}{h_{10a2} - h'_e} \quad (2.3)$$

где $h_{отб1}$ и $h_{отб2}$ – энтальпия пара в первом и во втором отборе; $h'_{отб1}$ и $h'_{отб2}$ – энтальпия конденсата при давлении пара первого и второго отбора; $h'_к$ – энтальпия конденсата при конечном давлении пара. $h'_{отб1}$, $h'_{отб2}$ и $h'_к$ определяются, соответственно, по давлению $p_{отб1}$, $p_{отб2}$ и $p_к$ из таблиц состояния насыщения воды и водяного пара [4].

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Абсолютный электрический КПД паротурбинной установки

$$\eta_{\text{э}}^{\text{абс}} = \eta_t^{\text{абс}} \eta_{oi} \eta_{yi}, \quad (3.1)$$

где η_{oi} – внутренний относительный КПД паровой турбины; $\eta_{эм}$ – электромеханический КПД паротурбинного двигателя (заданы).

Удельный расход пара в регенеративном цикле идеальной ПТУ

$$d_0^{\text{ид}} = \frac{3600}{h_1 - h'_e - \alpha_1(h_{10a1} - h'_e) - \alpha_2(h_{10a2} - h'_e)}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} \quad (3.2)$$

Удельный расход пара реальной ПТУ

$$d_{\text{ид}}^{\text{ре}} = \frac{d_0^{\text{ид}}}{\eta_{oi} \eta_{yi}}. \quad (3.3)$$

Часовой расход пара паровой турбиной

$$D_{\text{ГО}} = N_{\text{ГО}} d_{\text{ГО}}, \quad \frac{\hat{e}\bar{a}}{\div} \Rightarrow \frac{\hat{o}}{\div}. \quad (3.4)$$

Расход натурального топлива (природного газа) в парогенераторе для выработки найденного расхода пара

$$\hat{A}_{\text{ГО}} = \frac{D_{\text{ГО}} (h_{\text{г}} - h_{\text{г.в.}})}{Q_{\text{г}}^{\text{п}} \eta_{\text{г}}}, \quad \frac{\hat{i}^3}{\div}, \quad (3.5)$$

где $h_{\text{п.в.}}$ – энтальпия питательной воды (точка 11, рисунок 2) равна $h'_{\text{отб1}}$; $Q_{\text{г}}^{\text{п}}$ – теплота сгорания топлива, кДж/м³ [5]; $\eta_{\text{г}}$ – КПД парогенератора (задан).

Расход условного топлива

$$\hat{A}_{\text{ГО}}^{\text{он}} = \hat{A}_{\text{ГО}} \frac{Q_{\text{г}}^{\text{п}}}{29330}, \quad \frac{\hat{e}\bar{a}}{\div} \Rightarrow \frac{\hat{o}}{\div}. \quad (3.6)$$

Удельный (на 1 кВт·ч выработанной электроэнергии) расход натурального топлива

$$b_{\text{ГО}} = \frac{\hat{A}_{\text{ГО}}}{N_{\text{ГО}}}, \quad \frac{\hat{i}^3}{\hat{e}\bar{a} \cdot \div}. \quad (3.7)$$

Удельный расход условного топлива

$$b_{\text{ГО}}^{\text{он}} = \frac{\hat{A}_{\text{ГО}}^{\text{он}}}{N_{\text{ГО}}}, \quad \frac{\hat{e}\bar{a}}{\hat{e}\bar{a} \cdot \div}. \quad (3.8)$$

4 РАСЧЕТ ЦИКЛА ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

В энергетике реализован ряд тепловых схем ПГУ, имеющих свои особенности и различия в технологическом процессе. Наибольшее распространение получили ПГУ с котлом-утилизатором (рисунок 4). В них выхлопные газы ГТУ направляются в котел-утилизатор (КУ), где значительная часть энергии в виде теплового потока передается пароводяному рабочему телу и генерируется перегретый пар, который поступает в паровую турбину.

Для исключения дополнительных факторов, определяющих экономичность электрогенерирующей установки, принимаем параметры работы соответствующих турбин парогазовой установки (ПГУ) такими же, как в ГТУ и ПТУ (по заданию).

Уравнение теплового баланса котла-утилизатора:

$$G_a(h_4 - h_{10})\varphi = G_{i.a.}(h_1 - h_{i\dot{a}}), \quad (4.1)$$

где G_g и $G_{п.в.}$ – расход газов и питательной воды через КУ.

Расход питательной воды равен расходу пара на паровую турбину ПГУ $G_{п.в.} = D_{пгу}$, кг/с.

Заданную электрическую мощность парового турбогенератора $N_{п} = N_{пту}$ в установке без паровой регенерации можно обеспечить меньшим расходом пара:

$$d_{0\bar{A}\bar{O}}^{\bar{i}\bar{A}\bar{O}} = \frac{3600}{h_1 - h_e}; \quad \frac{\bar{e}\bar{a}}{\bar{e}\bar{A}\bar{O} \cdot \bar{\div}}; \quad (4.2)$$

$$d_{1\bar{A}\bar{O}}^{\bar{i}\bar{A}\bar{O}} = \frac{d_{1\bar{A}\bar{O}}^{\bar{i}\bar{A}\bar{O}}}{\eta_{oi} \eta_{y1}}; \quad \frac{\bar{e}\bar{a}}{\bar{e}\bar{A}\bar{O} \cdot \bar{\div}} \quad (4.3)$$

$$D_{1\bar{A}\bar{O}} = N_{\bar{i}} d_{1\bar{A}\bar{O}}^{\bar{i}\bar{A}\bar{O}}, \quad \frac{\bar{e}\bar{a}}{\bar{\div}} \Rightarrow \frac{\bar{o}}{\bar{\div}}. \quad (4.4)$$

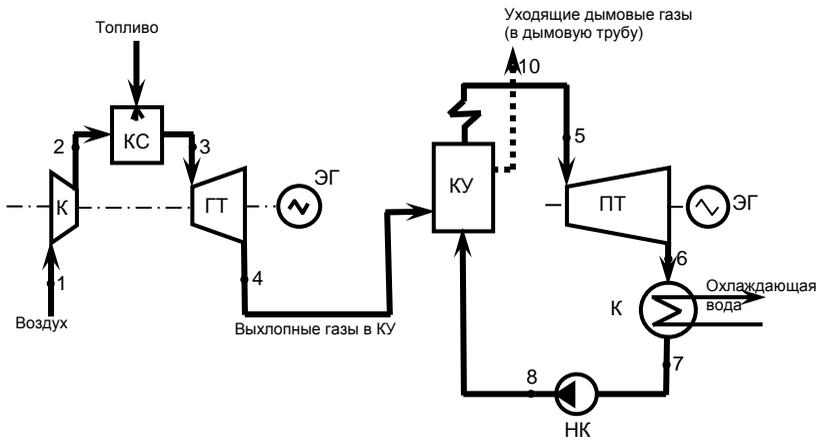


Рисунок 4 - Принципиальная схема ПГУ
КУ – котел-утилизатор

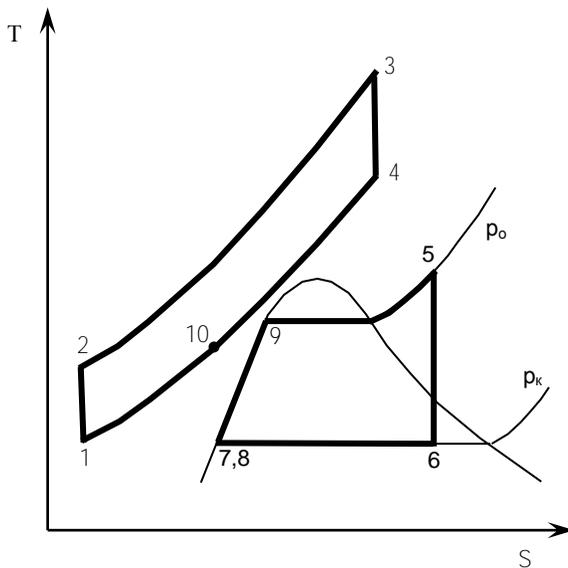


Рисунок 5 - Комбинированный цикл парогазовой установки

В уравнении теплового баланса (4.1):

$h_4 - h_{10} = c_p (t_4 - t_{10})$, где c_p – массовая изобарная теплоемкость выхлопных газов (см. п.п. 1.2); t_4 и t_{10} – температура выхлопных газов ГТ и газов уходящих из КУ ($t_{10} = t_{yx}$) (заданы); h_0 – энтальпия свежего пара (см. п. 2); $h_{пв}$ – энтальпия питательной воды (для данной схемы энтальпия конденсата), $h_{пв} = h'_к$ (см. п. 2); ϕ – коэффициент сохранения теплоты в котле-утилизаторе (задан).

Из уравнения теплового баланса (4.1) расход газов через КУ:

$$G_{\bar{a}} = \frac{G_{i.\bar{a}} (h_{\bar{1}} - h_{i\bar{a}})}{(h_4 - h_{10})\phi} = \frac{G_{i.\bar{a}} (h_{\bar{1}} - h'_{\bar{e}})}{c_p (t_4 - t_{10})\phi}, \quad \frac{\bar{e}\bar{a}}{\bar{n}}. \quad (4.5)$$

Электрическая мощность газогенератора (одинаковая для ГТУ и ПГУ):

$$N_{\bar{A}\bar{O}\bar{O}} = N_{\bar{a}} = G_{\bar{a}} \ell_{\bar{O}}^{\bar{A}\bar{O}\bar{O}} \eta_{oi} \eta_{yi}, \quad (4.6)$$

где $\ell_{\bar{O}}^{\bar{A}\bar{O}\bar{O}}$ – теоретическая работа 1 кг рабочего тела в ГТУ;

η_{oi} и $\eta_{эм}$ – внутренний относительный и электромеханический КПД газотурбинного двигателя (заданы).

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ

Использование выхлопа газовой турбины в КУ для выработки рабочего тела паровой части схемы не влияет на характеристики цикла ГТУ.

Расход натурального топлива (природного газа) в камере сгорания

$$\bar{A}_{\bar{A}\bar{O}\bar{O}} = \frac{G_{\bar{a}} q_1}{Q_1^{\bar{O}} \eta_{\bar{e}\bar{n}}}, \quad (5.1)$$

где $\eta_{\text{кс}}$ – КПД камеры сгорания (задан).

Расход условного топлива

$$\bar{A}_{\text{АОО}}^{\text{оñë}} = \bar{A}_{\text{АОО}} \frac{Q_1^{\text{о}}}{29330}, \quad \frac{\bar{e}\bar{a}}{\div} \Rightarrow \frac{\dot{0}}{\div} \quad (5.2)$$

Удельный (на 1 кВт·ч выработанной электроэнергии) расход натурального топлива

$$b_{\text{АОО}} = \frac{\bar{A}_{\text{АОО}}}{N_{\text{АОО}}}, \quad \frac{i^3}{\bar{e}\bar{a}\dot{0}\div} \quad (5.3)$$

Удельный расход условного топлива

$$b_{\text{АОО}}^{\text{оñë}} = \frac{\bar{A}_{\text{АОО}}^{\text{оñë}}}{N_{\text{АОО}}}, \quad \frac{\bar{e}\bar{a}}{\bar{e}\bar{a}\dot{0}\div} \quad (5.4)$$

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРОВАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Термический КПД парового цикла

$$\eta_t^{\text{АО}} = \frac{G_{\bar{a}} \ell_i^{\text{АОО}} + D_{\text{АО}} (h_i - h_{\bar{e}})}{G_{\bar{a}} q_1} \quad (6.1)$$

Абсолютный электрический КПД

$$\eta_y^{\text{АО}} = \eta_t^{\text{АО}} \eta_{oi} \eta_{yi} \quad (6.2)$$

В паровой установке топливо расходуется только в камере сгорания газовой части схемы, т.е. расход натурального топлива на ПГУ

$$\hat{A}_{i\bar{A}\bar{O}} = \hat{A}_{\bar{A}\bar{O}\bar{O}} \quad (6.3)$$

Расход условного топлива на ПГУ

$$\hat{A}_{i\bar{A}\bar{O}}^{\acute{o}\grave{n}\grave{e}} = \hat{A}_{i\bar{A}\bar{O}} \frac{Q_i^{\acute{o}}}{29330}, \quad \frac{\acute{e}\grave{a}}{\div} \quad (6.4)$$

Общая электрическая мощность ПГУ

$$N_{i\bar{A}\bar{O}} = N_{\bar{A}\bar{O}\bar{O}} + N_{i\bar{O}\bar{O}} = N_{\bar{A}\bar{O}\bar{O}} + N_i \quad (6.5)$$

Удельный (на 1 кВт·ч выработанной электроэнергии) расход натурального топлива

$$b_{i\bar{A}\bar{O}} = \frac{\hat{A}_{i\bar{A}\bar{O}}}{N_{i\bar{A}\bar{O}}}, \quad \frac{i^3}{\acute{e}\hat{A}\bar{O} \cdot \div} \quad (6.6)$$

Удельный расход условного топлива

$$b_{i\bar{A}\bar{O}}^{\acute{o}\grave{n}\grave{e}} = \frac{\hat{A}_{i\bar{A}\bar{O}}^{\acute{o}\grave{n}\grave{e}}}{N_{i\bar{A}\bar{O}}}, \quad \frac{\acute{e}\grave{a}}{\acute{e}\hat{A}\bar{O} \cdot \div} \quad (6.7)$$

Основные технико-экономические показатели по трем видам установок (ГТУ, ПТУ и ПГУ) свести в таблицу и представить в графической части проекта. Осуществить сравнительный анализ полученных показателей.

7 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка курсового проекта должна быть выполнена на стандартной белой бумаге формата А4 с одной стороны листа одним из следующих способов:

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ шрифтом Times New Roman Cyr черного цвета с высотой 14 пт, через полтора интервала;
- рукописным, четким почерком черными или фиолетовыми чернилами (пастой, тушью).

При выполнении пояснительной записки должны быть установлены стандартные поля: левое – 30 мм; правое – не менее 8 мм; верхнее и нижнее – не менее 20 мм.

Разделы нумеруются арабскими цифрами без точки и записываются с абзацного отступа. Подразделы имеют нумерацию в пределах соответствующего раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой (например: 1.1). В конце номера подраздела точка не ставится.

Заголовки разделов следует писать прописными буквами с абзацного отступа, подразделов – начиная с прописной, строчными буквами. Точка в конце заголовка раздела и подраздела не ставится, название не подчеркивается.

Текст от заголовка отделяется одним междустрочным интервалом (Enter).

Формулы выравниваются по центру и отделяются от предыдущего и последующего текста одним междустрочным интервалом. Формулы нумеруются сквозной нумерацией или по разделам (например: 4.8).

Рисунки размещаются по тексту сразу после ссылки. Номер рисунка и название располагаются под рисунком (пример оформления смотри по тексту данного методического пособия).

Нумерация страниц сквозная, первой страницей является титульный лист. Образцы оформления обложки курсового проекта и титульного листа приведены в приложениях А и Б. Номера страниц на титульном листе и задании на курсовое проектирование не ста-

вятся, но включаются в общую нумерацию, выполняемую арабскими цифрами, располагаемыми в правом верхнем углу страницы.

В состав пояснительной записки входит структурный элемент «Содержание», которое включает введение, номера и наименование разделов и подразделов, заключение, список использованных источников с указанием номеров страниц.

Ссылки на использованные литературные или электронные источники должны нумероваться арабскими цифрами, соответствующими порядковому номеру по списку литературы, заключенными в квадратные скобки.

Список использованных источников может выполняться в алфавитном порядке или в порядке упоминания источника в тексте.

Пояснительная записка должна быть подшита в картонную или пластиковую папку.

Графическая часть курсового проекта выполняется вручную или на компьютерной технике с использованием редакторов AutoCAD, Visio или Microsoft PowerPoint на листах стандартного формата (ГОСТ 2.301) с рамкой, отстоящей от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева – на 30 мм.

В правом нижнем углу рабочего поля чертежа (схемы) должна размещаться основная надпись по ГОСТ 2.104. Пример заполнения основной надписи приведен в приложении В. Шифр курсового проекта состоит из буквенного обозначения (КП – курсовой проект), номера зачетной книжки студента, формы обучения (ДО – дневное, ЗО – заочное обучение) и года выполнения курсового проекта, разделенных дефисами. Например: КП-306619/425-ЗО-2012.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цанев, С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.

2. Сазанов, Б.В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / Б.В. Сазанов, В.И. Ситас – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 303 с.

3. Промышленные тепловые электростанции: учебник для вузов / М.И. Баженов [и др.]; под общ. ред. Е.Я. Соколова. – М.: Энергия, 1979. – 296 с.

4. Ривкин, С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.

Роддатис, К.Ф., Справочник по котельным установкам малой производительности / К.Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Образец оформления обложки курсового проекта

Белорусский национальный технический университет

Факультет _____

Кафедра _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине _____

Тема: _____

Исполнитель: студент (факультет, курс, группа)

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель проекта _____

(ученое звание, ученая степень, должность)

(фамилия, имя, отчество)

Минск 201_

Приложение Б

Образец оформления титульного листа курсового проекта

Белорусский национальный технический университет
Кафедра _____

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к курсовому проекту

по дисциплине _____
Тема: _____

Исполнитель: _____ (Фамилия, инициалы)
(подпись)
студент (факультет, курс, группа)

Руководитель: _____ (Фамилия, инициалы)
(подпись)

Минск 201_

Приложение В
*Образец заполнения основной надписи
на графической части курсового проекта*

					КП-306619/425-30-2012			
Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата	Тема курсового проекта	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						у		
Проб.					Название чертежа	Лист		Листов
Т.контр.						1-27 01 01 г.Минск		
Н.контр.								
Утв.								

Учебное издание

КОСМАЧЕВА Элеонора Михайловна

ТЕХНОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методическое пособие по выполнению курсового проекта
«Энергогенерирующая установка и ее технико-экономические показатели»
для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»
направления 1-27 01 01-10
«Экономика и организация производства (энергетика)»

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 24.08.2012. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 100. Заказ 170.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.