

Расчетное задание №2 «Расчет показателей работы АЭС»

Контрольная точка направлена на проверку знаний по теме "Оборудование ТЭС и АЭС. Преобразование энергии на АЭС ". Расчетное задание выполняется как домашнее задание

Методика и пример выполнения расчетного задания №2 «Расчет показателей работы АЭС»

Контрольное задание 1. Проведите сравнение показателей работы КЭС и АЭС с реакторами типа РБМК, вырабатывающих одинаковую электрическую мощность $N_э = 1000$ МВт. Исходные данные для решения задачи: 1) приведенный теплоперепад для: КЭС $H_{пр} = 1220$ кДж/кг, АЭС $H_{пр} = 715$ кДж/кг; абсолютный электрический КПД турбоагрегата для: КЭС $\eta_э^{т\у} = 0,426$, АЭС $\eta_э^{т\у} = 0,34$. КПД котла для КЭС: $\eta_к = 0,89$ (уголь), $\eta_к = 0,92$ (мазут) $\eta_к = 0,94$ (природный газ). КПД транспорта теплоты для КЭС и АЭС: $\eta_{тр} = 0,98$. КПД реакторной установки для АЭС: $\eta_{ру} = 0,99$. КПД механический для КЭС и АЭС: $\eta_м = 0,98$. КПД генератора для КЭС и АЭС: $\eta_г = 0,98$. Низшая теплота сгорания органического топлива для КЭС на органическом топливе: уголь $Q_н^p = 15300$ кДж/кг, мазут $Q_н^p = 40200$ кДж/кг, природный газ $Q_н^p = 45800$ кДж/кг. Число часов работы для КЭС и АЭС: $\tau = 6500$ ч/год.

Контрольное задание 2. Проведите сравнение показателей работы КЭС и АЭС с реакторами типа ВВЭР, вырабатывающих одинаковую электрическую мощность $N_э = 1000$ МВт. Исходные данные для решения задачи: 1) приведенный теплоперепад для: КЭС $H_{пр} = 1220$ кДж/кг, АЭС $H_{пр} = 510$ кДж/кг; абсолютный электрический КПД турбоагрегата для: КЭС $\eta_э^{т\у} = 0,426$, АЭС $\eta_э^{т\у} = 0,32$. КПД котла для КЭС: $\eta_к = 0,89$ (уголь), $\eta_к = 0,92$ (мазут), $\eta_к = 0,94$ (природный газ). КПД транспорта теплоты для КЭС и АЭС: $\eta_{тр} = 0,98$. КПД реакторной установки для АЭС: $\eta_{ру} = 0,99$. КПД парогенератора для АЭС: $\eta_{пг} = 0,99$. КПД механический для КЭС и АЭС: $\eta_м = 0,98$. КПД генератора для КЭС и АЭС: $\eta_г = 0,98$. Низшая теплота сгорания органического топлива для КЭС на органическом топливе: уголь $Q_н^p = 15300$ кДж/кг, мазут $Q_н^p = 40200$ кДж/кг, природный газ $Q_н^p = 45800$ кДж/кг. Число часов работы для КЭС и АЭС: $\tau = 6500$ ч/год.

Таблица 2.1–Исходные данные для проведения расчета показателей работы АЭС
(составлена по данным контрольных заданий 1 и 2)

№ п/п	Наименование и обозначение	Размерность	Тип станции		
			КЭС	1-контурная АЭС с реактором РБМК	2-контурная АЭС с реактором ВВЭР
1.	Электрическая мощность, $N_э$	МВт	1000	1000	1000
2.	Количество и тип турбин, ШТ/–	–	2×К-500-23,5	2×К-500/65/3000	К-1000-60/1500
3.	Приведенный теплоперепад в турбине, $H_{пр}$	кДж/кг	1220	715	510
4.	Абсолютный электрический КПД турбоагрегата (брутто), $\eta_э^{т\у}$	–	0,426	0,34	0,32
5.	КПД котла, $\eta_к$	–	0,89 0,94 0,92	–	–
5.1	- твердое топливо				
5.2	- газообразное топливо				
5.3	- жидкое топливо (мазут)				
6.	КПД транспорта теплоты, $\eta_{тр}$	–	0,98	0,98	
7.	Низшая теплота сгорания органического топлива, $Q_н^p$	кДж/кг	–		

7.1	- твердое топливо (уголь)		15300	-	-
7.2	- газообразное топливо		45800		
7.3	- жидкое топливо (мазут)		40200		
8.	КПД ядерного реактора, $\eta_{\text{ру}}$	-	-		0,99
9.	КПД парогенератора, $\eta_{\text{пг}}$	-	-		0,99
10.	КПД механический, $\eta_{\text{м}}$	-			0,98
11.	КПД генератора, $\eta_{\text{г}}$	-			0,98
12.	Число часов работы, τ	ч/год			6500

Методика проведения расчета.

Расход пара на паровые турбины КЭС и/или АЭС определяем $D_0 = N_{\text{э}} / (H_{\text{пр}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{г}})$ (2.1),

кг/с

где $N_{\text{э}}$ – электрическая мощность станции, кВт (п.1 табл.2.1);

$H_{\text{пр}}$ – приведенный теплоперепад, кДж/кг (п.2 табл. 2.2);

$\eta_{\text{м}}, \eta_{\text{г}}$ – КПД механический и электрического генератора; определяется по (п.п. 10 и 11 табл.2.1).

Абсолютный электрический КПД (брутто) паровых турбин КЭС на органическом топливе определяем

$$\eta_{\text{э}}^{\text{ту}} = N_{\text{э}} / Q_{\text{ту}} \quad (2.2),$$

где $Q_{\text{ту}}$ – расход тепла на паровые турбины станции, кВт (используется в ф-ле (2.6)).

Используя выражение (2.2) находим $Q_{\text{ту}}$.

КПД КЭС (брутто) на органическом топливе определяем $\eta_{\text{ст}} = \eta_{\text{э}}^{\text{ту}} \eta_{\text{к}} \eta_{\text{тр}}$ (2.3),

где $\eta_{\text{к}}$ – КПД котельного агрегата, зависит от вида используемого органического топлива (п.п.5.1÷5.3 табл.2.1); $\eta_{\text{тр}}$ – КПД транспорта теплоты для КЭС (п.6 табл.2.1).

КПД для 1-контурных АЭС с реакторами типа РБМК определяем

$$\eta_{\text{ст}}^{1\text{к}} = \eta_{\text{э}}^{\text{ту}} \eta_{\text{ру}} \eta_{\text{тр}1} \quad (2.4).$$

КПД для 2-контурных АЭС с реакторами типа ВВЭР определяем

$$\eta_{\text{ст}}^{2\text{к}} = \eta_{\text{э}}^{\text{ту}} \eta_{\text{ру}} \eta_{\text{тр}1} \eta_{\text{пг}} \eta_{\text{тр}2} \quad (2.5).$$

В формулах (2.4) и (2.5):

$\eta_{\text{э}}^{\text{ту}}$ – абсолютный электрический КПД (брутто) паровых турбин АЭС (п.4 табл 2.1);

$\eta_{\text{тр}1}, \eta_{\text{тр}2}$ – КПД трубопроводов для 1-контурных и 2-контурных АЭС (п.6 табл.2.1); $\eta_{\text{ру}}$ –

КПД ядерного реактора АЭС (п.8 табл.2.1). $\eta_{\text{пг}}$ – КПД парогенератора АЭС (п.9 табл.2.1).

Годовой расход органического топлива на КЭС определяем, кг/год

$$V_{\text{г.ор.т}} = \frac{3600 Q_{\text{ту}} \tau}{(Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{к}} \eta_{\text{тр}})} \quad (2.6),$$

где $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая теплота сгорания органического топлива, кДж/кг; (п.п.7.1÷7.3 табл 2.1);

τ – число часов работы КЭС, ч/год . (п.12, табл.2.1).

Удельный расход выгоревшего ядерного топлива определяем

– для 1-контурных АЭС $b_{\text{ят}}^{1\text{к}} = 0,0537 \times 10^{-6} / \eta_{\text{ст}}^{1\text{к}}$ (2.7), $\text{кг}/(\text{кВт} \times \text{ч})$;

– для 2-контурных АЭС $b_{\text{ят}}^{2\text{к}} = 0,0537 \times 10^{-6} / \eta_{\text{ст}}^{2\text{к}}$ (2.8), $\text{кг}/(\text{кВт} \times \text{ч})$;

Годовой расход ядерного топлива для АЭС $V_{\text{г.ят}} = b_{\text{ят}} N_{\text{э}} \tau$ (2.9), кг/год.

Удельный расход условного топлива (определяется для КЭС) $b_{\text{у}} = 123 / \eta_{\text{ст}}$, г.у.т/(кВт×ч)

Далее проводим расчеты с подстановкой численных значений в каждую формулу, а их результаты сводим в табл. 2.2

Таблица 2.2–Результаты расчета показателей работы АЭС

№ п/п	Наименование и обозначение	Размерность	Тип станции		
			КЭС	1-контурная АЭС с реактором РБМК	2-контурная АЭС с реактором ВВЭР
1.	Расход пара на турбину для выработки заданной мощности	кг/с	853,47	1456,27	2041,63
2.	КПД станции брутто:	-	-	0,3298	0,3012
2.1	–твердое топливо (уголь)	-	0,3715	–	–
2.2	– газообразное топливо	-	0,3924	–	–
2.3	–жидкое топливо (мазут)	-	0,3840	–	–
3.	Удельный расход выгоревшего ядерного топлива	кг/(кВт × ч)	-	$0,1628 \times 10^{-6}$	$0,1782 \times 10^{-6}$
4.	Годовой расход топлива на станцию	т/год	–	1,058	1,158
4.1	–твердое топливо (уголь)		4116221,6	–	–
4.2	–газообразное топливо		1301927,65	–	–
4.3	–жидкое топливо (мазут)		1515536,16	–	–
5.	Удельный расход условного топлива	г/(кВт × ч)			
5.1	–твердое топливо (уголь)		331,09	–	–
5.2	–газообразное топливо		313,45	–	–
5.3	–жидкое топливо (мазут)		320,31	–	–

На базе полученных расчетных данных сравнения показателей работы КЭС и АЭС можно отметить следующее.

- 1) Если предположить, что ТЭС и АЭС будут располагаться в одном географическом месте, то можно утверждать, что железнодорожные расходы на перевозку ядерного топлива будут ничтожно малы по сравнению с железнодорожными расходами на перевозку органического топлива.
- 2) Огромным преимуществом АЭС будет являться и ее относительная экологическая чистота. Последнее можно подкрепить сведениями из табл. 2.3 [2]. Анализирую данные табл.2.3 видно, сколь огромны выбросы вредных веществ от ТЭС мощностью 1000 МВт на различных видах органического топлива.

Таблица 2.3 – Годовые выбросы от ТЭС мощностью 1000 МВт [2]

Вид выбросов	Тип ТЭС, т/год		
	пылеугольная	Мазутая	газовая
Сернистые газы	138000	98000	13
Оксиды азота	20900	21800	12200
Оксид углерода	500	9	–
Углеводороды	210	680	–
Альдегиды	50	120	30
Золотая пыль	4500	730	450
Суммарные выбросы	164800	121300	12700

Литература

2. Основы современной энергетики. В 2 т. Т.1. Современная теплоэнергетика : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика", "Электроэнергетика", "Энергомашиностроение" / А. Д. Трухний, М. А. Изюмов, О. А. Поваров, С. П. Малышенко ; Общ. ред. Е. В. Аметистов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 472 с. - ISBN 978-5-383-00161-5

Вариант №1**Расчетное задание №2 «Расчет показателей работы АЭС»**

Контрольное задание 1. Проведите сравнение показателей работы КЭС и АЭС с реакторами типа РБМК, вырабатывающих одинаковую электрическую мощность $N_3 = 3000$ МВт. Исходные данные для решения задачи: 1) приведенный теплоперепад для: КЭС $H_{пр} = 1230$ кДж/кг, АЭС $H_{пр} = 730$ кДж/кг; абсолютный электрический КПД турбоагрегата для: КЭС $\eta_3^{TY} = 0,4189$, АЭС $\eta_3^{TY} = 0,339$. КПД котла для КЭС: $\eta_K = 0,90$ (уголь), $\eta_K = 0,92$ (мазут), $\eta_K = 0,94$ (природный газ). КПД транспорта теплоты для КЭС и АЭС: $\eta_{тр} = 0,98$. КПД реакторной установки для АЭС: $\eta_{ру} = 0,99$. КПД механический для КЭС и АЭС: $\eta_m = 0,98$. КПД генератора для КЭС и АЭС: $\eta_r = 0,98$. Низшая теплота сгорания органического топлива для КЭС на органическом топливе: уголь $Q_H^P = 20470$ кДж/кг, мазут $Q_H^P = 41620$ кДж/кг, природный газ $Q_H^P = 43060$ кДж/кг. Число часов работы для КЭС и АЭС: $\tau = 6000$ ч/год.

Контрольное задание 2. Проведите сравнение показателей работы КЭС и АЭС с реакторами типа ВВЭР, вырабатывающих одинаковую электрическую мощность $N_3 = 3000$ МВт. Исходные данные для решения задачи: 1) приведенный теплоперепад для: КЭС $H_{пр} = 1230$ кДж/кг, АЭС $H_{пр} = 510$ кДж/кг; абсолютный электрический КПД турбоагрегата для: КЭС $\eta_3^{TY} = 0,4189$, АЭС $\eta_3^{TY} = 0,319$. КПД котла для КЭС: $\eta_K = 0,90$ (уголь), $\eta_K = 0,92$ (мазут), $\eta_K = 0,94$ (природный газ). КПД транспорта теплоты для КЭС и АЭС: $\eta_{тр} = 0,98$. КПД реакторной установки для АЭС: $\eta_{ру} = 0,99$. КПД парогенератора для АЭС: $\eta_{пг} = 0,99$. КПД механический для КЭС и АЭС: $\eta_m = 0,98$. КПД генератора для КЭС и АЭС: $\eta_r = 0,98$. Низшая теплота сгорания органического топлива для КЭС на органическом топливе: уголь $Q_H^P = 20470$ кДж/кг, мазут $Q_H^P = 41620$ кДж/кг, природный газ $Q_H^P = 43060$ кДж/кг. Число часов работы для КЭС и АЭС: $\tau = 6000$ ч/год.

Вариант №2**Расчетное задание №2 «Расчет показателей работы АЭС»**

Контрольное задание 1. Проведите сравнение показателей работы КЭС и АЭС с реакторами типа РБМК, вырабатывающих одинаковую электрическую мощность $N_3 = 2000$ МВт. Исходные данные для решения задачи: 1) приведенный теплоперепад для: КЭС $H_{пр} = 1225$ кДж/кг, АЭС $H_{пр} = 725$ кДж/кг; абсолютный электрический КПД турбоагрегата для: КЭС $\eta_3^{TY} = 0,42$, АЭС $\eta_3^{TY} = 0,339$. КПД котла для КЭС: $\eta_K = 0,89$ (уголь), $\eta_K = 0,935$ (мазут), $\eta_K = 0,95$ (природный газ). КПД транспорта теплоты для КЭС и АЭС: $\eta_{тр} = 0,99$. КПД реакторной установки для АЭС: $\eta_{ру} = 0,99$. КПД механический для КЭС и АЭС: $\eta_m = 0,99$. КПД генератора для КЭС и АЭС: $\eta_r = 0,99$. Низшая теплота сгорания органического топлива для КЭС на органическом топливе: уголь $Q_H^P = 9080$ кДж/кг, мазут $Q_H^P = 41220$ кДж/кг, природный газ $Q_H^P = 49200$ кДж/кг. Число часов работы для КЭС и АЭС: $\tau = 6100$ ч/год.

Контрольное задание 2. Проведите сравнение показателей работы КЭС и АЭС с реакторами типа ВВЭР, вырабатывающих одинаковую электрическую мощность $N_3 = 2000$ МВт. Исходные данные для решения задачи: 1) приведенный теплоперепад для: КЭС $H_{пр} = 1225$ кДж/кг, АЭС $H_{пр} = 515$ кДж/кг; абсолютный электрический КПД турбоагрегата для: КЭС $\eta_3^{TY} = 0,42$, АЭС $\eta_3^{TY} = 0,319$. КПД котла для КЭС: $\eta_K = 0,89$ (уголь), $\eta_K = 0,935$ (мазут), $\eta_K = 0,95$ (природный газ). КПД транспорта теплоты для КЭС и АЭС: $\eta_{тр} = 0,99$. КПД реакторной установки для АЭС: $\eta_{ру} = 0,99$. КПД парогенератора для АЭС: $\eta_{пг} = 0,99$. КПД механический для КЭС и АЭС: $\eta_m = 0,99$. КПД генератора для КЭС и АЭС: $\eta_r = 0,99$. Низшая теплота сгорания органического топлива для КЭС на органическом топливе: уголь $Q_H^P = 9080$ кДж/кг, мазут $Q_H^P = 41220$ кДж/кг, природный газ $Q_H^P = 49200$ кДж/кг. Число часов работы для КЭС и АЭС: $\tau = 6100$ ч/год.