



ДУЭС

Образован в 1975

**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

**Кафедра электроснабжения
и возобновляемые
источники энергии**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика

Алматы 2019

СОСТАВИТЕЛИ: Асанова К.М., Уткин Л.А. Электрические установки с применением возобновляемых источников энергии. Методические указания и задания к выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2019. - 24 с.

Данная разработка включает в себя задания на расчетно-графические работы, методические указания по их выполнению и перечень рекомендуемой литературы.

Табл. 16, библиогр. - 12 назв.

Рецензент: доцент Курпенов Б.К.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2018 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2019 г.

Содержание

1 Расчетно-графическая работа № 1.....	3
1.1 Задание.....	3
2 Расчетно-графическая работа № 2.....	7
2.1 Задание	7
3 Расчетно-графическая работа № 3.....	13
3.1 Задание	13
Список литературы.....	20

1 Расчетно-графическая работа № 1

1.1 Задание

Задача №1.

Зная площадь бассейна $F \cdot 10^3$, км², и среднюю величину прилива R , м, (таблица 1.1), оценить приливной потенциал бассейна $\mathcal{E}_{\text{пот}}$, используя формулу Л.Б. Бернштейна:

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot R_{\text{ср}}^2 \cdot F,$$

где F - площадь бассейна -, км²;
 $R_{\text{ср}}$ - средняя величина прилива , м.

Таблица 1.1 - Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по начальной букве фамилии студента															
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ә	Ө	
$F \cdot 10^3$, км ²	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,4	2,2	2,6	2,8	1	1,2	1,5	2,0	2,2	
	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре номера зачетной книжки															
R , м	7	8	9	10	11	12	13	14	15	12	11	10	9	8	7	

Задача №2.

Плотность потока излучения, падающего на солнечную батарею, составляет G , Вт/м², КПД, η %. Какую площадь S должна иметь солнечная батарея с КПД η и мощностью P , Вт?

Таблица 1.2 - Исходные данные

Величина	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
G , Вт/м ²	460	500	550	600	700	750	450	480	500	520	550	580	600	650	700
η , %	20	18	19	20	21	22	23	18	19	20	21	22	23	24	20
P , Вт	100	90	110	120	130	150	140	90	100	110	120	130	140	150	160

$$P = \eta \cdot S \cdot G \Rightarrow S = P / \eta \cdot G,$$

где G - плотность потока излучения;

P - мощность, Вт;

η - КПД, %;

S - площадь, m^2 .

Задача №3.

Солнечная батарея состоит из (n) фотоэлементов, мощность каждого 1,5 Вт, размер 20·30 см. Определить КПД (η) солнечной батареи, если плотность потока G Вт/ m^2 (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Исходные данные

Численные значения величин, выбираемые по предпоследней цифре номера зачетной книжки	Величины и единицы их измерения	
	n , шт	G , Вт/ m^2
1	900	500
2	1000	450
3	1100	550
4	1200	600
5	1300	650
6	1400	700
7	1500	750
8	1600	450
9	1700	500
10	1800	550
11	2000	600
12	2200	650
13	2400	700
14	2700	750
15	3000	500

Мощность солнечной батареи:

$$P = n \cdot 1,5.$$

КПД солнечной батареи:

$$\eta = \frac{P}{S \cdot G};$$

$$S = 0,06m^2 \cdot n.$$

Задача №4.

Площадь солнечной батареи S , м^2 , плотность тока i_c , А/см^2 , плотность излучения G , Вт/м^2 (таблица 1.4). Определить ЭДС в солнечной батарее при КПД η .

Таблица 1.4 - Исходные данные

	Величины и единицы их измерения						
		$S, \text{м}^2$	$i, \text{А/см}^2$		$G, \text{Вт/м}^2$	η	
Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки	1	0,25	$3 \cdot 10^{-3}$	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки	1	300	0,3
	2	0,3	$2 \cdot 10^{-8}$		2	350	0,25
	3	0,4	$4 \cdot 10^{-3}$		3	500	0,26
	4	0,5	$1 \cdot 10^{-2}$		4	400	0,27
	5	0,6	$2 \cdot 10^{-2}$		5	450	0,28
	6	0,7	$3 \cdot 10^{-2}$		6	520	0,29
	7	0,8	$4 \cdot 10^{-2}$		7	560	0,3
	8	0,9	$5 \cdot 10^{-2}$		8	600	0,25
	9	1,0	$1 \cdot 10^{-3}$		9	650	0,26
	10	1,1	$2 \cdot 10^{-3}$		10	700	0,27
	11	1,2	$3 \cdot 10^{-3}$		11	750	0,21
	12	0,35	$4 \cdot 10^{-3}$		12	620	0,24
	13	0,45	$5 \cdot 10^{-3}$		13	650	0,3
	14	0,55	$6 \cdot 10^{-3}$		14	760	0,22
	15	0,65	$7 \cdot 10^{-3}$		15	750	0,23

Мощность солнечной батареи:

$$P = E \cdot I \Rightarrow S \cdot G \cdot \eta.$$

Отсюда ЭДС:

$$E = \frac{G \cdot \eta}{i},$$

где I - ток определяется по формуле:

$$I = i \cdot S.$$

Тогда ЭДС:

$$E = \frac{G \cdot \eta}{i} = \frac{300 \cdot 0,3}{3 \cdot 10^{-3}} = 30 \text{ В.}$$

Задача №5.

Небольшая домашняя осветительная система питается от аккумуляторной батареи напряжением U , В (таблица 1.5). Освещение включается каждый вечер на 4 часа, потребляемый ток I , А. Какой должна быть солнечная батарея, чтобы зарядить аккумуляторную батарею, если известно, что кремниевый элемент имеет ЭДС $E = 0,5$ В при токе $0,5$ А? Расход энергии на заряд батареи 20 % больше, чем энергия, отдаваемая потребителю при разряде.

Таблица 1.5 - Исходные данные

	Величины и единицы их измерения	
	U, В	I, А
1	8	3,0
2	9	2,5
3	10	3,1
4	11	3,5
5	12	4,0
6	8	2,6
7	9	3,3
8	10	3,2
9	11	4,2
10	12	2,8
11	8	3,6
12	9	3,7
13	10	4,6
14	11	2,4
15	12	4,2

Решение.

Дано: $U=5$ В; $C=30$ А·часов; $I=5$ А.

Для того чтобы зарядить аккумуляторную батарею до 8 В, солнечные элементы должны давать напряжение 9,6 В (на 20% больше). ЭДС каждого элемента при пиковой нагрузке – около 0,5 В. Каждый вечер расходуется:

$$5 \cdot 4 = 20 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

поэтому от элементов требуется ежедневно $20 \cdot 1,2 = 24$ А·ч. (на 20% больше). Пусть элементы освещены Солнцем каждый день в течение 3 ч, тогда требуемый ток заряда составляет $24/3 = 8$ А. Следовательно, требуется параллельное соединение 10 цепочек из 20 последовательно соединенных элементов каждая.

2 Расчетно-графическая работа № 2

2.1 Задание

Задача №1.

Приёмник расположен на теплоизоляторе с коэффициентом теплопроводности λ , Вт/(м К), удельное термическое поверхности приёмника $r = 0,13$ м²К/Вт. Определить, какой толщины требуется изоляция, чтобы обеспечить термическое сопротивление дна, равное сопротивлению поверхности?

Таблица 2.1 – Исходные данные

Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки	Величины и единицы их измерения	
		λ , Вт/м·К
1		0,034
2		0,04
3		0,05
4		0,06
5		0,07
6		0,08
7		0,09
8		0,15
9		0,1
10		0,12
11		0,13
12		0,14
13		0,16
14		0,03
15		0,02

Решение.

Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(мК).

Мощность потерь энергии с поверхности приёмника:

$$P = \frac{\Delta T \cdot A}{r},$$

где A – площадь, м²;

ΔT - разность температур.

Мощность потерь через дно приёмника:

$$P_{\partial} = \frac{\lambda \cdot \Delta T \cdot A}{\Delta x},$$

где Δx – толщина изоляции, м.

Приравняем $P = P_{\partial}$, получим:

$$\Delta x = \lambda \cdot r.$$

Задача №2.

Определить температуру трубки $T_{\text{тр}}$ вакуумированного приёмника, если внутренний диаметр трубки d , см, поток солнечной энергии $G, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$, температура среды $T_{\text{ср}}$, (таблица 2.2). Сопротивление потерям тепла $R = 10,2 \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$, коэффициент пропускания стеклянной крышки $\beta = 0,9$, коэффициент поглощения (доля поглощённой энергии), $\alpha_{\text{п}} = 0,85$.

Таблица 2.2 - Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента														
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ә	Ө
	Ғ	Ң	Қ	І	Ұ	Ү	Һ								
d , см	1	0,9	0,8	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,7	2,6	2	2,1	2,2	2,3	2,4
	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре номера зачетной книжки														
G , Вт/м ²	750	700	650	600	550	500	450	400	350	300	520	530	730	780	690
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки														
$T_{\text{ср}}$, °С	20	15	10	5	10	15	20	15	10	5	0	5	10	15	20

Решение.

Внутренний диаметр трубки $d = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$, поток солнечной энергии $G = 800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$, температура среды $T_{\text{ср}} = 25^\circ \text{С}$:

$$\beta_{\text{ст}} \cdot G \cdot d = \frac{(T_{\text{тр}} - T_{\text{ср}})}{R};$$

$$T_{mp} = R \cdot (\beta_{cn} \cdot G \cdot d) + 20^\circ C.$$

Задача №3.

Площадь солнечного дистиллятора $(B \cdot L) \text{ м}^2$. Поток излучения составляет G , МДж/($\text{м}^2 \cdot \text{день}$). Удельная теплота парообразования воды $r = 2,4$ МДж/кг. $G = 20$ МДж/ $\text{м}^2 \cdot \text{в}$ день. Определить производительность дистиллятора.

Таблица 2.3 - Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по начальной букве фамилии студента														
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ә	Ө
В, м	5	5	10	15	10	15	20	15	10	10	25	25	25	25	25
	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре номера зачетной книжки														
L, м	15	10	15	25	20	20	20	10	10	5	5	10	15	20	5

Решение.

Дано: $B = 5 \text{ м}^2$ $L = 5 \text{ м}^2$. Производительность дистиллятора:

$$П = \frac{G \cdot B \cdot L}{r}.$$

Задача №4.

Небольшой хорошо изолированный дом требует среднего внутреннего расхода тепла Q , кВт. (таблица 2.4). Вместе с дополнительным теплом от освещения это обеспечивает поддержание внутренней температуры 20°C . Под домом находятся аккумулятор горячей воды в виде прямоугольной ёмкости, верхней частью которой служит пол дома S , м^2 . Аккумулятор теряет тепло в процессе охлаждения от 60 до 40°C в течение τ суток. Потеря тепла происходит только через пол.

Необходимо определить:

- глубину ёмкости, м;
- термическое сопротивление, К/Вт;
- толщину покрытия верхней крышки ёмкости, см;
- плотность энергии, запасённой в аккумуляторе.

Таблица 2.4 - Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента															
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ә	Ө	
Q, кВт	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	
	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки															
S, м ²	210	100	120	140	150	170	280	250	200	120	130	150	140	100	150	
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки															
τ, суток	120	150	110	120	130	140	80	90	100	120	140	70	80	90	100	

Решение.

Дано: Q = 1кВт; S = 200 м²; τ = 100 суток. Требуемое количество тепла:

$$Q_{тр} = Q \cdot \tau \cdot (24ч) \cdot \left[3,6 \frac{МДж}{кВт \cdot ч} \right];$$

$$Q_{тр} = (1кВт) \cdot (100суток) \cdot (24ч) \cdot \left[3,6 \frac{МДж}{кВт \cdot ч} \right] = 8640МДж.$$

Количество воды:

$$m = Q_{тр} / (\rho \cdot c \cdot T_0);$$

$$m = (8640МДж) / [(1000кг/м³) \cdot (4200Дж/(кг \cdot К)) \cdot (20К)] = 103м³.$$

Глубина ёмкости:

$$h = m / S;$$

$$h = 103 м³ / 200 м² = 0,5 м.$$

Допустим, что потеря тепла происходит только через верхнюю часть ёмкости. Тогда термическое сопротивление:

$$R = \tau \cdot Q_{тр} / \{(1,3) \cdot m \cdot (1000кг/м³) \cdot [4200Дж/(кг \cdot К)]\};$$

$$R = (100 суток) \cdot (86400с/сутки) / \{(1,3) \cdot (103 м³) \cdot (1000кг/м³) \cdot [4200Дж/(кг \cdot К)]\} = 0,0154К/Вт.$$

Удельное термическое сопротивление:

$$r = R \cdot S;$$

$$r = 0,0154 \cdot 200 = 3,1 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Изоляционный материал имеет теплопроводность $\lambda = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.
Требуемая толщина покрытия на верхней крышке ёмкости:

$$d = r \cdot \lambda;$$

$$d = (3,1 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}) \cdot [0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}] = 0,124 \text{ м.}$$

Плотность энергии, запасённой в аккумуляторе:

$$Q_{\text{тр}} / \text{м};$$

$$Q_{\text{тр}} / \text{м} = (8640 \text{ МДж}) / (103 \text{ м}^3) = 84 \text{ МДж/м}^3.$$

Задача №5.

Радиус ветроколеса R , м, скорость ветра до колеса V_0 , м/с, после колеса V_2 , м/с. Определить: скорость ветра в плоскости ветроколеса V_1 , мощность ветрового потока P_0 , мощность ветроустановки P и силу F , действующую на ветроколесо. Плотность воздуха $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 2.5 - Исходные данные

Величины и единицы	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента															
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ә	Ө	
$R, \text{ м}$	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	7,5	12,5	
	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки															
$V_0, \text{ м/с}$	12	11	12	13	14	15	6	7	8	9	10	11	12	9	10	
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки															
$V_2, \text{ м/с}$	8	6	4	8	7	5	3	3	3	4	5	6	6	5	4	

Решение.

Дано: $R = 4 \text{ м}$; $V_0 = 10 \text{ м/с}$; $V_2 = 5 \text{ м/с}$.

Скорость V_1 :

$$V_1 = \frac{V_0 + V_2}{2};$$

$$V_1 = \frac{10+5}{2} = 5 \text{ м/с.}$$

Мощность ветрового потока:

$$P_0 = \frac{\rho \cdot S \cdot V_0^3}{2};$$

$$S = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 4^2 = 50,2 \text{ м}^2;$$

$$P_0 = \frac{1,2 \cdot 50,2 \cdot 5^3}{2} = 3765 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2 (\text{Джс}).$$

Масса воздуха, проходящего через ометаемую поверхность:

$$m = \rho \cdot S \cdot V_0;$$

$$m = 1,2 \text{ кг/м}^3 \cdot 50,2 \text{ м}^2 \cdot 9 \text{ м/с} = 542,2 \text{ кг/с.}$$

Сила, действующая на ветроколесо:

$$F_A = m \cdot (V_0 - V_2);$$

$$F_A = 542,2 \text{ кг/с} \cdot (10 - 5) \text{ м/с} = 2711 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 .$$

Мощность ВЭУ равна той мощности, которую теряет ветер при прохождении ветроколеса:

$$P = m \cdot (V_0^2 - V^2);$$

$$P = 542,2 \cdot (10^2 - 5^2) = 40665 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3 = 40665 \text{ Вт.}$$

3 Расчетно-графическая работа № 3

3.1 Задание

Задача №1.

Активная гидротурбина с одним соплом ($n = 1$), мощностью P и рабочим напором H . Угловая скорость ω , при которой достигается максимальный КПД $\eta = 0,9$. Определить диаметр D колеса турбины и угловую скорость ω .

Таблица 3.1 - Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по начальной букве фамилии студента														
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Э	Ө
Р, кВт	10	20	30	40	50	690	70	80	90	100	110	120	130	140	150
	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре номера зачетной книжки														
L, м	10	15	20	25	30	26	40	45	50	55	60	65	70	75	80

Решение.

Рабочей жидкостью является вода. Размер лопасти колеса $r < R/(10-12)$. Положим $r = R/12$. Коэффициент быстроходности:

$$\xi = r / [R \cdot 0,68 (n \cdot \eta)^{-1/2}];$$

$$\xi = R / [R \cdot 12 \cdot 0,68 \cdot (1 \cdot 0,9)^{-1/2}] = 0,11.$$

Определим оптимальную угловую скорость:

$$\omega = \xi \cdot \rho^{1/2} \cdot (g \cdot H)^{5/4} \cdot P^{-1/2};$$

$$\omega = (0,11 \cdot 31,6 \cdot 3860) / 400 = 34 \text{ рад./с.}$$

Тогда диаметр D колеса турбины:

$$D = V/\omega;$$

$$V = (2g \cdot H)^{1/2};$$

$$V = (19,6 \cdot 81) = 40 \text{ м/с};$$

$$D = 40/34 = 1,18 \text{ м.}$$

Задача №2.

Определить объём биогазогенератора V_6 , и суточный выход биогаза $V_г$, получаемого с помощью биогазогенератора, утилизирующего навоз n коров, а также обеспечиваемую ею тепловую мощность N . Время пребывания очередной порции в биогенераторе $t_г$ суток при температуре $t = 25^\circ\text{C}$; подача сухого сбраживаемого материала от одного животного идёт со скоростью V_m кг/сутки; выход биогаза из сухой массы C м³/кг. Содержание метана в биогазе составляет $f = 0,8$. КПД горелочного устройства η . Плотность сухого материала, распределённого в массе биогазогенератора, $\rho = 50$ кг/м³. Теплота сгорания метана при нормальных физических условиях $Q_{нр} = 28$ МДж/м³.

Таблица 3.2 - Исходные данные

Величины и единицы	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента															
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Э	Ө	
n	4	10	15	20	25	30	40	45	50	55	60	65	70	80	100	
	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки															
V_m , кг/сут.	2,5	2,0	3	2	2,5	3	2	2,5	3	2	2,5	3	2	2,5	3	
C , м ³ /кг	0,2	0,3	0,2	0,24	0,3	0,35	0,4	0,2	0,24	0,3	0,35	0,4	0,2	0,24	0,3	
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки															
f	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,75	0,7	
$t_г$, сутки	13	18	16	14	12	10	8	10	12	14	16	18	20	15	20	

Решение.

Дано: $n = 4$; $t_г = 14$ суток; $t = 20^\circ\text{C}$; $V_m = 2$ кг/сутки; $C = 0,24$ м³/кг; $\eta = 0,68$; $t_г = 14$ суток; $\rho = 50$ кг/м³; $Q_{нр} = 28$ МДж/м³. Найти: V_6 ; $V_г$; N (Вт).

Подача сухого сбраживаемого материала от 18 животных идёт со скоростью 2 кг/сут:

$$m_0 = V_m \cdot n;$$

$$m_0 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ кг/сутки.}$$

Суточный объём жидкой массы составляет:

$$V_ж = m_0/\rho;$$

$$V_{ж} = 8 \text{ кг/сут.} / 50 \text{ кг/м}^3 = 0,16 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Объём биогазогенератора:

$$V_{г} = t_{г} \cdot V_{ж};$$

$$V_{г} = 14 \text{ сут.} \cdot 0,16 \text{ м}^3/\text{сут.} = 2,24 \text{ м}^3.$$

Суточный выход биогаза:

$$V_{б} = C \cdot m_{о};$$

$$V_{б} = 0,24 \cdot 8 = 4,16 \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

Тепловая мощность N, Вт:

$$N = \eta \cdot Q_{нр} \cdot V_{б} \cdot f;$$

$$N = 0,8 \cdot 28 \cdot 4,16 \cdot 0,8 = 75 \text{ МДж/сут.} = 21 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут.}$$

Задача №3.

Избыточная энергия аккумулируется с помощью маховика. Маховик разгоняется с помощью электродвигателя, подключенного к сети. Маховик представляет собой сплошной цилиндр массой M, кг, диаметром D, см, и может вращаться с частотой n, 1/мин. Определить: кинетическую энергию маховика при максимальной скорости; среднее значение времени между подключениями электродвигателя для зарядки, если средняя мощность, потребляемая автобусом, составляет P, кВт.

Таблица 3.4- Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента														
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Э	Ө
M, кг	1000	1200	800	1500	1400	1000	1100	900	800	1000	1100	1200	1300	1500	1400
	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки														
D, см	180	200	220	200	180	150	160	170	190	210	200	180	170	180	160
P, кВт	20	25	30	25	20	15	20	15	15	20	25	22	20	20	22
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки														
n, 1/мин.	3000	2500	2500	2200	3000	3000	3000	3000	3000	2500	2600	2700	3000	3000	2500

Решение.

Дано: $M = 1000\text{кг}$, $D = 180\text{ см}$, $n = 3000\text{ об/мин}$, $P = 20\text{ кВт}$.
Кинетическая энергия маховика при максимальной скорости:

$$E = I \cdot \omega^2 / 2;$$

$$I = M \cdot a^2 / 2,$$

где $a = R$ (радиус маховика).

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60};$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000}{60} = 314\text{ рад/с};$$

$$E = \frac{M \cdot a^2 \cdot \omega^2}{2};$$

$$E = \frac{1000 \cdot 0,9^2 \cdot 3,14^2}{4} = 20\text{МДж}.$$

Среднее значение время между подключениями электродвигателя для зарядки:

$$t = \frac{E}{P};$$

$$t = \frac{20000000\text{ Дж}}{20000\text{ Дж/с}} = 1000\text{сек} = 16,7\text{ мин}.$$

Задача №4.

Трубопровод диаметром D используется для подачи тепла на расстояние L , м. Он изолирован с помощью теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности λ , толщина изоляции X . Определить потери тепла вдоль трассы, если температура окружающего воздуха $T_{\text{ср}}$, а пар имеет температуру $100\text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 3.5- Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента														
	А Р Ф	Б С Ц	В Т К	Г У И	Д Ф У	Е Х У	Ж Ц Н	З Ч	И Ш	К Щ	Л Э	М Ю	Н Я	О Э	П Ө
D, см	10	5	15	20	30	40	5	10	15	20	30	40	10	15	20
	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки														
L, м	100	50	75	100	150	200	250	300	400	100	150	200	250	300	350
λ , Вт/м·К	0,05	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки														
X, см	2	1	3	4	5	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
T _{ср} , °С	10	-20	-15	-10	-5	0	10	15	20	-20	-15	-15	-10	0	10

Решение.

Дано: D = 5 см; L = 100 м; X = 1 см; T_{ср} = 10°С; теплопроводность стекловаты $\lambda = 0,04$ Вт/м·К. Потери тепла вдоль трассы:

$$P = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{X},$$

где A-площадь теплоотдачи:

$$A = \rho \cdot D \cdot L, \text{ м}^2;$$

$$A = \rho \cdot 0,05 \cdot 100 = 15,7 \text{ м}^2;$$

$$P_T = 0,04 \cdot 15,7 \cdot (100-10) / (0,01) = 5652 \text{ Вт} = 5,7 \text{ кВт}.$$

Задача №6.

На солнечной электростанции башенного типа установлено n гелиостатов, каждый из которых имеет поверхность F_г. Гелиостаты отражают солнечные лучи на приёмник, на поверхности которого зарегистрирована максимальная энергетическая освещённость Н_{пр}. Коэффициент отражения гелиостата K_г = 0,8, коэффициент поглощения $\alpha_{\text{пог}} = 0,95$. Максимальная облучённость зеркала гелиостата G_г. Определить площадь поверхности приемника F_{пр} и тепловые потери в нем, вызванные излучением и конвекцией, если рабочая температура теплоносителя составляет t°С. Степень черноты приёмника $\epsilon_{\text{пр}} = 0,95$. Конвективные потери вдвое меньше потерь от излучения. Коэффициент излучения абсолютно чёрного тела C₀ = 5,67 Вт/(м²К⁴).

Таблица 3.6 - Исходные данные

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемых по начальной букве фамилии студента														
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П
	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Э	Ө
n	265	300	280	270	260	200	350	340	320	330	310	280	180	250	255
	Численные значения величин, выбираемых по последней цифре номера зачетной книжки														
F _Г , м ²	60	50	60	55	65	70	40	45	50	55	60	65	70	58	55
G, Вт/м ²	620	650	700	700	680	650	700	690	680	670	650	640	700	660	660
	Численные значения величин, выбираемых по предпоследней цифре номера зачетной книжки														
t, °С	650	700	680	670	660	650	690	680	670	660	650	680	670	680	660
N _{пр} , МВт/м ²	2,2	2	3	3,5	3,3	3,4	3,2	3,9	2,8	2,6	2,7	2,6	2,5	2,4	2,6

Решение.

Дано: n=263; F_Г=58 м²; N_{пр}=2,5 МВт/м²; K_Г=0,8; α_{пр}=0,95; G_Г=600Вт/м²; t=660°С; ε_{пр}=0,95. Найти: F_{пр}; q_{луч.}; q_{конв.}. Энергия, полученная приемником от солнца через гелиостаты, может быть определена по уравнению:

$$Q = K_{Г} \cdot \alpha_{пр} \cdot F_{Г} \cdot G_{Г} \cdot n;$$

$$Q = 0,8 \cdot 0,95 \cdot 58 \cdot 600 \cdot 263 = 6955824 \text{ Вт},$$

где G_Г - облученность зеркала гелиостата, Вт/м²;

F_Г - площадь поверхности гелиостата, м²;

n - количество гелиостатов;

K_Г - коэффициент отражения зеркала концентратора;

α_{пр} - коэффициент поглощения приемника.

Площадь поверхности приемника может быть определена, если известна энергетическая освещенность на нем N_{пр} Вт/м²:

$$F_{пр} = Q / N_{пр};$$

$$F_{пр} = 6955824 / 2500000 = 2,782 \text{ м}^2.$$

В общем случае температура на поверхности приемника может достигать t_{пов} = 1160 К, что позволяет нагреть теплоноситель до 700°С. Потери тепла за счет излучения в теплоприемнике можно вычислить по закону Стефана- Больцмана:

$$g_{\text{луч}} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot (T/100)^4;$$

$$g_{\text{луч}} = 0,95 \cdot 5,67 \cdot (933 / 100)^4 = 4,08 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2,$$

где T - абсолютная температура теплоносителя, $T = (t+273)$.

$$T = (660+273) = 933\text{К},$$

где $\varepsilon_{\text{пр}}$ - степень черноты серого тела приемника;

C_0 - коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Конвективные потери:

$$q_{\text{конв.}} = q_{\text{луч.}}/2;$$

$$q_{\text{конв.}} = 4,08 \cdot 10^4 / 2 = 2,04 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепловые потери, вызванные излучением и конвекцией:

$$q = q_{\text{конв.}} + q_{\text{луч.}};$$

$$q = 4,08 \cdot 10^4 + 2,04 \cdot 10^4 = 6 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2.$$

Список литературы

- 1 Возобновляемые источники энергии. Физико – технические основы: Учебное пособие / пер. с англ. Под редакцией С. П. Малышенко, О. С. Попеля. – Долгопрудный: Издат. дом «Интеллект»; М.: Издат. дом МЭИ, 2010. – 704 с.
- 2 Горяев А. А. Возобновляемые источники энергии: Учеб. пособие /А.А. Горяев, Г.А. Шепель. – Архангельск: САФУ, 2010. – 120 с.
- 3 Хахалева Л.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Пособие для проведения практических занятий. - Ульяновск, 2008. – 32 с.
- 4 Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов и др. - СПб.: Наука, 2002.
- 5 Твайделл Д. Возобновляемые источники энергии/Д.Твайделл, А.Уэйр. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 6 Девинс Д. Энергия: Пер. с англ / Д.Девинс. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 7 Виссарионов В. И. Экологические аспекты возобновляемых источников энергии / В. И. Виссарионов, Л. А. Золотов. - М.: МЭИ, 1996.
- 8 Шефтер Я. Н. Использование энергии ветра / Я.Н.Шефтер. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
- 9 Коробков В. А. Преобразование энергии океана / В.А.Коробков. - Л.: Судостроение, 1986.
- 10 Геотермальное теплоснабжение / А. Г. Гаджиев, Ю. Н. Султанов, П. Н. Ригер и др. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 11 Выморочков Б. М. Геотермальные электростанции / Б.М.Выморочков. – М., Л.: Энергия, 1966.
- 12 Оборудование нетрадиционной и малой энергетики: справочник — каталог / Ю. Д. Арбузов, П. П. Безруких и др. - АО «Новые и возобновляемые источники энергии», 2002.

Асанова Камиля Майдиновна
Уткин Леонид Анатольевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика

Редактор Л.Т. Сластихина
Специалист по стандартизации Г. И. Мухаметсариева.

Подписано в печать _____
Тираж 50 экз.
Объем 1,4 уч.-изд.л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская №1
Заказ _____.Цена 700 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126