

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых» (ВлГУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ ЗАНЯТИЯМ
по курсу «Социально-экономические проблемы и перспективы
развития энергомашиностроения»**

**Направление подготовки 13.03.03 – энергетическое машиностроение
Профиль подготовки – двигатели внутреннего сгорания
Уровень высшего образования – бакалавриат
Форма обучения очная**

Составитель – проф. Драгомиров С.Г.

Владимир - 2015

ВВЕДЕНИЕ

В программе курса «Социально-экономические проблемы и перспективы развития энергомашиностроения» (направление бакалавриата «Энергомашиностроение») помимо лекций и практических занятий в аудитории предусмотрено выполнение самостоятельной работы студентов.

Настоящее методическое пособие предлагает студентам дневной формы обучения варианты практических заданий, состоящих из семи задач по основным разделам дисциплины с методическими указаниями по их решению, а также перечень основной и дополнительной литературы.

Тематика задач посвящена использованию в энергобалансе регионов солнечной энергии, тепловой энергии океана, геотермальной энергии, энергии биомассы, энергии приливов и отливов, малых ГЭС и аккумуляции тепловой энергии.

Студент должен самостоятельно в соответствии с предложенным ему заданием (см. таблицу) произвести необходимые расчеты и оформить их в соответствии с принятыми стандартами, а также защитить работу у преподавателя.

1. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Задача №1

На солнечной электростанции башенного типа установлено n гелиостатов, каждый из которых имеет поверхность F_2 м². Гелиостаты отражают солнечные лучи на приемник, на поверхности которого зарегистрирована максимальная энергетическая освещенность $H_{np} = 2,5$ МВт/м². Коэффициент отражения гелиостата $R_2 = 0,8$, коэффициент поглощения приемника $A_{np} = 0,95$. Максимальная облученность зеркала гелиостата $H_2 = 600$ Вт/м².

Определить площадь поверхности приемника F_{np} и тепловые потери в нем, вызванные излучением и конвекцией, если рабочая температура теплоносителя составляет t °С. Степень черноты приемника $\epsilon_{np} = 0,95$. Конвективные потери вдвое меньше потерь от излучения.

Задача №2

Считается, что действительный КПД η океанической ТЭС, использующей температурный перепад поверхностных и глубинных вод $(T_1 - T_2) = \Delta T$ и работающей по циклу Ренкина, вдвое меньше термического КПД установки, работающей по циклу Карно, η_t^k . Оценить возможную величину действительного КПД ОТЭС, рабочим телом которой является аммиак, если температура воды на поверхности океана t_1 , °С, а температура воды на глубине океана t_2 , °С. Какой расход теплой воды V , т/ч потребуется для ОТЭС мощностью N МВт?

Считать, что плотность воды $\rho = 1 \cdot 10^3$ кг/м³, а удельная массовая теплоемкость $C_p = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К).

Задача №3

Определить начальную температуру t_2 и количество геотермальной энергии E_0 (Дж) водоносного пласта толщиной h км при глубине залегания z км, если заданы характеристики породы пласта: плотность $\rho_{cp} = 2700 \text{ кг/м}^3$; пористость $a = 5 \%$; удельная теплоемкость $C_{cp} = 840 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$. Температурный градиент (dT/dz) в $^\circ\text{C/км}$ выбрать по таблице вариантов задания.

Среднюю температуру поверхности t_0 принять равной $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость воды $C_e = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$; плотность воды $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Расчет произвести по отношению к площади поверхности $F = 1 \text{ км}^2$. Минимально допустимую температуру пласта принять равной $t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить также постоянную времени извлечения тепловой энергии τ_0 (лет) при закачивании воды в пласт и расходе ее $V = 0,1 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Какова будет тепловая мощность, извлекаемая первоначально $(dE/dz)_{\tau=0}$ и через 10 лет $(dE/dz)_{\tau=10}$?

Задача №4

Определить объем биогазогенератора V_6 и суточный выход биогаза V_2 в установке, утилизирующей навоз от n коров, а также обеспечиваемую ею тепловую мощность N (Вт). Время цикла сбраживания $\tau = 14$ сут при температуре $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; подача сухого сбраживаемого материала от одного животного идет со скоростью $W = 2 \text{ кг/сут}$; выход биогаза из сухой массы $v_2 = 0,24 \text{ м}^3/\text{кг}$. Содержание метана в биогазе составляет 70% . КПД горелочного устройства η . Плотность сухого материала, распределенного в массе биогазогенератора, $\rho_{\text{сух}} \approx 50 \text{ кг/м}^3$. Теплота сгорания метана при нормальных физических условиях $Q_H^p = 28 \text{ МДж/м}^3$.

Задача №5

Для отопления дома в течение суток потребуется Q ГДж теплоты. При использовании для этой цели солнечной энергии тепловая энергия может быть запасена в водяном аккумуляторе. Допустим, что температура горячей воды $t_1 \text{ }^\circ\text{C}$. Какова должна быть емкость бака аккумулятора V (м^3), если тепловая энергия может использоваться в отопительных целях до тех пор, пока температура воды не понизится до $t_2 \text{ }^\circ\text{C}$? Величины теплоемкости и плотности воды взять из справочной литературы.

Задача №6

Используя формулу Л. Б. Бернштейна, оценить приливный потенциал бассейна $\mathcal{E}_{\text{пот}}$ (кВт·ч), если его площадь $F \text{ км}^2$, а средняя величина прилива R_{cp} м.

Задача №7

Как изменится мощность малой ГЭС, если напор водохранилища H в засушливый период уменьшится в n раз, а расход воды V сократится на m %? Потери в гидротехнических сооружениях, водоводах, турбинах и генераторах считать постоянными.

2. ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ ЗАДАНИЯ

№ задачи	Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по цифре в студенческом журнале									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	n	243	253	263	273	283	293	303	313	323	333
	$F, \text{м}^2$	64	61	58	55	52	49	46	43	40	37
	$t, ^\circ\text{C}$	700	680	660	640	620	580	560	540	520	600
2	$N, \text{МВт}$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	$t_1, ^\circ\text{C}$	30	30	28	28	26	26	24	23	21	20
	$t_2, ^\circ\text{C}$	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
3	$h, \text{км}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	$z, \text{км}$	2,5	3,0	3,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4	3,5	3
	$(dT/dz), ^\circ\text{C}/\text{км}$	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
4	n	24	20	18	16	14	12	10	8	6	4
	η	0,7	0,7	0,68	0,68	0,66	0,66	0,64	0,62	0,6	0,6
5	$Q, \text{ГДж}$	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,56	0,64	0,62	0,60	0,58
	$t_1, ^\circ\text{C}$	52	50	54	50	52	54	52	50	52	50
	$t_2, ^\circ\text{C}$	31	30	29	28	27	31	30	29	28	27
6	$F, \text{км}^2$	400	700	1000	1500	2000	2200	2500	3000	3500	4000
	$R_{cp}, \text{м}$	8,0	7,5	7,2	7,0	6,8	6,5	6,0	5,4	5,2	5,0
7	n	3	2	1,2	1,5	3	2	1,2	1,5	3	2
	m	30		20	30	50	30	10	20	40	20

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Первая задача посвящена использованию солнечной энергии на электростанции башенного типа с использованием гелиостатов, отравляющих солнечные лучи на приемник, в котором, в конечном счете, получают перегретый водяной пар для работы в паровой турбине.

Энергия, полученная приемником от солнца через гелиостаты (Вт), может быть определена по уравнению [2, гл. 4-6; 2, гл. 6]:

$$Q = R_z \cdot A_{np} \cdot F_z \cdot H_z \cdot n, \quad (1.1)$$

где H_z - облученность зеркала гелиостата в $Вт/м^2$ (для типичных условий $H_z = 600 \text{ Вт/м}^2$);

F_z - площадь поверхности гелиостата, $м^2$;

n - количество гелиостатов;

R_z - коэффициент отражения зеркала концентратора, $R_z = 0,7 \div 0,8$;

A_{np} - коэффициент поглощения приемника, $A_{np} < 1$.

Площадь поверхности приемника может быть определена, если известна энергетическая освещенность на нем $H_{np} \text{ Вт/м}^2$,

$$F_{np} = Q / H_{np} \quad (1.2)$$

В общем случае температура на поверхности приемника может достигать

$t_{нов} = 1160 \text{ К}$, что позволяет нагреть теплоноситель до $700 \text{ }^\circ\text{С}$. Потери тепла за счет излучения в теплоприемнике можно вычислить по закону Стефана-Больцмана:

$$q_{луч} = \epsilon_{np} \cdot C_o \cdot (T/100)^4, \text{ Вт/м}^2, \quad (1.3)$$

где T - абсолютная температура теплоносителя, $К$;

ϵ_{np} - степень черноты серого тела приемника;

C_o - коэффициент излучения абсолютно черного тела, $Вт / (м^2 \cdot К^4)$

***Вторая задача** посвящена перспективам использования перепада температур поверхностных и глубинных вод океана для получения электроэнергии на ОТЭС, работающей по известному циклу Ренкина. В качестве рабочего тела предполагается использование легкокипящих веществ (аммиак, фреон). Вследствие небольших перепадов температур ($\Delta T = 15 \div 26 \text{ }^\circ\text{С}$) термический КПД установки, работающей по циклу Карно, составляет всего 5-9 %. Реальный КПД установки, работающей по циклу Ренкина, будет вдвое меньше [л.6, гл.2]. В результате для получения доли относительно небольших мощностей на ОТЭС*

требуются большие расходы "теплой" и "холодной" воды и, следовательно, огромные диаметры подводящих и отводящих трубопроводов.

Если считать теплообменники (испаритель и конденсатор) идеальными, то тепловую мощность, полученную от теплой воды Q_0 (Вт) можно представить как

$$Q_0 = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T, \quad (2.1)$$

где ρ - плотность морской воды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C_p - массовая теплоемкость морской воды, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

V - объемный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\Delta T = T_1 - T_2$ - разность температур поверхностных и глубинных вод (температурный перепад цикла) в $^\circ\text{C}$ или K .

В идеальном теоретическом цикле Карно механическая мощность N_0 (Вт) может быть определена как

$$N_0 = \eta_t^k \cdot Q_0, \quad (2.2)$$

или с учетом (2.1) и выражения для термического КПД цикла Карно η_t^k :

$$N_0 = \rho \cdot C_p \cdot V \cdot (\Delta T)^2 / T_1. \quad (2.3)$$

Третья задача посвящена тепловому потенциалу геотермальной энергии, сосредоточенной в естественных водоносных горизонтах на глубине z (км) от земной поверхности. Обычно толщина водоносного слоя h (км) меньше глубины его залегания. Слой имеет пористую структуру - скальные породы имеют поры, заполненные водой (пористость оценивается коэффициентом α). Средняя плотность твердых пород земной коры $\rho_{\text{зр}} = 2700 \text{ кг}/\text{м}^3$, а коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{зр}} = 2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Изменение температуры грунта по направлению к земной поверхности характеризуется температурным градиентом (dT/dz), измеряемым в $^\circ\text{C}/\text{км}$ или $\text{K}/\text{км}$.

Наиболее распространены на земном шаре районы с нормальным температурным градиентом (менее $40 \text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$) с плотностью исходящих в направлении поверхности тепловых потоков $\approx 0,06 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (например Калининградская область). Экономическая целесообразность извлечения тепла из недр Земли здесь маловероятна.

В полутермальных районах температурный градиент равен $40-80 \text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$ (например, Северный Кавказ). Здесь целесообразно использовать тепло недр для отопления, в теплицах, в бальнеологии.

В гипертермальных районах (вблизи границ платформ земной коры) градиент более $80 \text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$. Здесь целесообразно строить ГеоТЭС (2, гл. 15; 3, гл. 6; 7, 8).

При известном температурном градиенте можно определить температуру водоносного пласта перед началом его эксплуатации:

$$T_z = T_0 + (dT/dz) \cdot z, \quad (3.1)$$

где T_0 - температура на поверхности Земли, К (° С).

В расчетной практике характеристики геотермальной энергетики обычно относят к 1 км² поверхности F .

Теплоемкость пласта $C_{пл}$ (Дж/К) можно определить по уравнению

$$C_{пл} = [\alpha \cdot \rho_в \cdot C_в + (1 - \alpha) \cdot \rho_{зр} \cdot C_{зр}] \cdot h \cdot F, \quad (3.2)$$

где $\rho_в$ и $C_в$ - соответственно плотность и изобарная удельная теплоемкость воды;

$\rho_{зр}$ и $C_{зр}$ - плотность и удельная теплоемкость грунта (пород пласта); обычно $\rho_{зр} = 820-850$ Дж/(кг·К).

Если задать минимально допустимую температуру, при которой можно использовать тепловую энергию пласта T_1 (К), то можно оценить его тепловой потенциал к началу эксплуатации (Дж):

$$E_0 = C_{пл} \cdot (T_2 - T_1) \quad (3.3)$$

Постоянную времени пласта τ_0 (возможное время его использования, лет) в случае отвода тепловой энергии путем закачки в него воды с объемным расходом V (м³/с) можно определить по уравнению:

$$\tau_0 = C_{пл} / (V \cdot \rho_в \cdot C_в) \quad (3.4)$$

Считают, что тепловой потенциал пласта во время его разработки изменяется по экспоненциальному закону:

$$E = E_0 \cdot e^{-\tau/\tau_0} \quad (3.5)$$

где τ - число лет с начала эксплуатации;

e - основание натуральных логарифмов.

Тепловая мощность геотермального пласта в момент времени τ (лет с начала разработки) в Вт (МВт):

$$\left(\frac{dE}{d\tau} \right)_{\tau} = -\frac{E_0}{\tau_0} \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_0} \right) \quad (3.6)$$

Четвертая задача посвящена проблеме использования биотоплива для преобразования его энергии в тепловую или электрическую в сельскохозяйственных предприятиях и на фермах. Одним из видов биотоплива являются отходы жизнедеятельности животных (навоз), при переработке которых (сбраживание) в биогазогенераторах можно получать биогаз, в состав которого (70 % по объему) входит метан; теплота сгорания метана при НФУ $Q_n^p = 28$ МДж/м³. Время полного сбраживания субстрата, состоящего из воды,

навоза и ферментов, в зависимости от температуры изменятся от 8 до 30 сут. Плотность сухого материала в субстрате составляет $\rho_{\text{сух}} \approx 50$ кг/м³. Выход биогаза от 1 кг сухого материала в сутки составляет примерно $v_2 = 0,2 \div 0,4$ м³/кг. Скорость подачи сухого сбраживаемого материала в биогазогенератор (метантенк) W зависит от вида животных и их количества на ферме [1, гл. 11].

Если обозначить через m_0 (кг/сут) подачу сухого сбраживаемого материала, то суточный объем жидкой массы, поступающей в биогазогенератор (м³/сут) можно определить по формуле:

$$V_{\text{сут}} = m_0 / \rho_{\text{сух}} \quad (4.1)$$

Объем биогазогенератора, необходимого для фермы (м³):

$$V_0 = \tau \cdot V_{\text{сут}} \quad (4.2)$$

Суточный выход биогаза:

$$V_2 = m_0 \cdot v_2 \quad (4.3)$$

Тепловая мощность устройства, использующего биогаз (МДж/сут) или (Вт),

$$N = \eta \cdot Q_n^p \cdot V_2 \cdot f_m \quad (4.4)$$

где f_m - объемная доля метана в биогазе;
 η - КПД горелочного устройства ($\approx 60\%$).

Пятая задача посвящена определению емкости водяного аккумулятора тепловой энергии, предназначенного для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования воздуха в жилом доме. Источником тепловой энергии может быть, например, солнечная энергия, улавливаемая солнечными панелями на крыше дома. Циркулирующая в панелях вода после нагрева направляется в бак - аккумулятор, а оттуда насосом в отопительные батареи и к водоразборным кранам горячего водоснабжения. Могут быть и более сложные, комплексные системы аккумулирования тепла с использованием засыпки из гравия и др. [2, гл. 5, 16; 3, гл. 6].

Необходимый объем бака - аккумулятора V (м³) для воды можно определить по известному уравнению для изобарного процесса, если знать: суточную потребность в тепловой энергии для дома Q (ГДж); температуру горячей воды, получаемой в солнечных панелях t_1 °С; наименьшую температуру в баке t_2 °С, при которой еще возможно действие отопительной системы:

$$Q = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2) \quad (5.1)$$

где ρ - плотность морской воды, кг/м³

C_p - удельная массовая теплоемкость воды при $p = \text{const}$ в Дж/(кг · К)

Шестая задача посвящена оценке энергетического потенциала $\mathcal{E}_{\text{пот}}$ (кВт·ч) приливной энергии океанического бассейна, имеющего площадь F км², если известна средняя величина приливной волны $R_{\text{ср}}$ м. В научной литературе существует несколько уравнений, позволяющих определить приливный потенциал бассейна. Одно из них предложено отечественным ученым Л. Б. Бернштейном [лб. гл. I]:

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot R_{\text{ср}}^2 \cdot F \quad (6.1)$$

Седьмая задача посвящена оценке изменения мощности малой ГЭС при колебаниях расхода воды и напора. Известно, что мощность ГЭС (Вт) можно определить по простому уравнению [13]:

$$N = 9,81 \cdot V \cdot H \cdot \eta \quad (7.1)$$

где V - объемный расход воды в м³/с ;

H - напор ГЭС в м ;

η - КПД ГЭС, учитывающий потери в гидравлических сооружениях, водоводах, турбинах, генераторах. Для малых ГЭС $\eta \approx 0,5$.

КПД гидротурбин изменяется в пределах $0,5 \div 0,9$.

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов и др. - СПб.: Наука, 2002.-314 с.
2. Твайделл Д. Возобновляемые источники энергии / Д.Твайделл, А.Уэйр. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 390 с.
3. Девинс Д. Энергия: Пер. с англ / Д.Девинс. - М.: Энергоатомиздат, 1985,-360 с.
4. Виссарионов В.И. Экологические аспекты возобновляемых источников энергии / В.И.Виссарионов, Л.А.Золотов. - М.: МЭИ, 1996. - 156 с.

Дополнительная

5. Шефтер Я.Н. Использование энергии ветра / Я.Н.Шефтер. - М: Энергоатомиздат, 1983. - 200 с.
6. Коробков В.А. Преобразование энергии океана / В.А.Коробков. - Л.: Судостроение, 1986. - 280 с.
7. Геотермальное теплоснабжение / А.Г. Гаджиев, Ю.Н. Султанов, П.Н. Ригер и др. - М: Энергоатомиздат, 1984. - 120 с.
8. Выбороков Б.М. Геотермальные электростанции / Б.М.Выбороков. - М -Л.: Энергия, 1966. - 112 с.
9. Байрамов Р.. Опреснение воды с помощью солнечной энергии / Р.Байрамов, С. Сейиткурбанов. - Ашхабад, 1977. - 148 с.
10. Каралюнец А.В. Основы инженерной экологии Термические методы обращения с отходами / А.В.Каралюнец, Т.Н.Маслова, В.Т.Медведев. - М.: МЭИ, 2000. - 80 с.
11. Энергетическая безопасность и малая энергетика // XXI век: сб. докл: Всероссийской НТК. - СПб., 2002.
12. Альбом для проектирования установок солнечного горячего водоснабжения / В.К.Аверьянов, А.И.Тютюнников, А.В.Синица и др. - СПб. - Тула, 1992.-55 с.

13. Оборудование ГЭС: учеб. пособие / А.Ю.Александровский, Ю.А.Заболоцкий, Н.И. Матвиенко и др.; под ред. В.И. Обрезкова. - М.: МЭИ, 1992. - 87 с.
14. Оборудование нетрадиционной и малой энергетики: справочник — каталог / Ю.Д. Арбузов, П.П. Безруких и др. - АО "Новые и возобновляемые источники энергии", 2002. - 167 с.
15. Ленин Б.Н. Использование твердых бытовых отходов в системах энергоснабжения / Б.Н.Левин. - М.: Энергоиздат, 1992.
16. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник / под ред. А.Н. Мирного. - М.: Стройиздат, 1990. - 413 с.
17. Шишкин Н.Д. Малые энергоэкономичные комплексы с возобновляемыми источниками энергии / Н.Д.Шишкин. - М.: Готика. 2000. - 236 с.
18. Ильин А.К. Автономные теплоэнергетические комплексы (структура, характеристики, эффективность) / Л.К.Ильин, И.Д.Шишкин. - Ростов-н-Д.: Южный научный центр РАН, 2004. - 107 с.
19. Корбанов Г.П. Установки для использования солнечной энергии: учеб. пособие по курсу "Нетрадиционные источники энергии" / Г.П.Корбанов. - М.: Издательство МЭИ, 1996. - 112 с.
20. Бермам З. Геотермальная энергия / З.Берман. - М.: Мир, 1978. - 416 с.
21. Вершинский П.В. Энергии океана / П.И.Вертинский. - М.: Наука, 1986.-149 с.
22. Бернштейн Л.Б. Приливные электростанции в современной энергетике / Л.Д\Б.Бернштейн. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961.-270 с.
23. Кислогубская приливная электростанция / под общ. Ред. Л.Б. Бернштейна. - М.: Энергия, 1972. - 263 с.
24. Росс Д. Энергия волн: Первая книга о революции в технике / Д.Росс. -Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 112 с.
25. Мак-Кормик М. Преобразование энергии волн / М.Мак-Кормик. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 137 с.