

Министерство образования Российской Федерации

**СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплотехники и теплоэнергетики

НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Рабочая программа

Задание на контрольную работу

Методические указания по практическим занятиям

Факультет энергетический

Направление подготовки дипломированного специалиста

650800 – теплоэнергетика

Специальности

100500 – тепловые электрические станции

100700 – промышленная теплоэнергетика

Направление подготовки бакалавра

550900 - теплоэнергетика

Санкт-Петербург

2003

Утверждено редакционно-издательским советом университета

УДК 620.9 (075)

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Рабочая программа, задание на контрольную работу, методические указания по практическим занятиям. - СПб.: СЗТУ, 2003.-10 с.

Методический сборник составлен в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов 650800 – теплоэнергетика (специальности 100500 – тепловые электрические станции и 100700 – промышленная теплоэнергетика, направление подготовки бакалавров 550900 – теплоэнергетика) Сборник содержит рабочую программу, задание на контрольную работу и методические указания по практическим заданиям.

Рассмотрено на заседании кафедры теплотехники и теплоэнергетики 08.01.2003 г., одобрено методической комиссией факультета 15.01.03г.

Р е ц е н з е н т ы : кафедра теплотехники и теплоэнергетики СЗТУ (заведующий кафедрой З.Ф.Каримов, д-р техн. наук, проф.); В.Д.Иванов, канд. техн. наук, доц. С.-Петербургского технологического университета растительных полимеров.

Составитель В.Г.Лабейш, д-р техн. наук, проф.

© Северо-Западный государственный заочный технический университет, 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью изучения дисциплины «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» является формирование у студентов знаний в области перспектив развития и имеющегося мирового и отечественного опыта освоения источников энергии, альтернативных по отношению к традиционным, применяемым в тепловой и атомной энергетике. Ограниченные запасы жидкого и газового топлива в ближайшие десятилетия будут истощаться, топливная составляющая себестоимости электрической и тепловой энергии будет возрастать. Себестоимость энергии, получаемой на возобновляемых нетрадиционных энергоисточниках, наоборот, снижается с накоплением опыта и совершенствованием новых установок и уже в настоящее время приближается себестоимости энергии традиционных ТЭС и АЭС.

Задачи дисциплины – изучение основных возобновляемых энергоресурсов, основных принципов их использования, конструкций и режимов работы соответствующих энергоустановок, мирового и отечественного опыта их эксплуатации, перспектив развития энергетики на нетрадиционных и возобновляемых энергоисточниках.

Дисциплина базируется на дисциплинах «Физика», «Термодинамика», «Гидрогазодинамика», «Тепломассообмен», «Электротехника и электроника».

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА (120 часов)

Введение (5 часов)

Топливо-энергетический баланс РФ в начале XXI века. Оценки запасов ископаемого топлива. Перспективы освоения атомных реакторов на быстрых нейтронах, термоядерной энергии. Вредные воздействия традиционной энергетики на окружающую природную среду, экологические налоги. Тенденции развития мировой энергетики, освоение возобновляемых энергоисточников с малой плотностью энергии. Инвестиции в нетрадиционную энергетику.

1. Гидроэнергия (18 часов)

Водные и гидроэнергетические ресурсы РФ. Развитие гидроэнергетики России. Гидротехнические сооружения, бетонные и грунтовые плотины. Типы ГЭС и гидротурбин. Гидроаккумулирующие установки, обратимые гидроагрегаты. Малые ГЭС, перспективы дальнейшего освоения гидроресурсов РФ. Роль гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций в энергосистемах. Эксплуатация гидроэнергетического оборудования. Нагрузки на природную среду от ГЭС и гидроузлов.

2. Ветровая энергия (15 часов)

Ресурсы ветровой энергии в регионах РФ. Мировой опыт ветроэнергетики. Конструкции ветродвигателей и ВЭС, зависимость мощности ВЭС от скорости ветра и диаметра ветроколеса. Прибрежные (морские) ВЭС. Режимы работы ВЭС. Работа ВЭС на энергосистему. Перспективы развития ветроэнергетики в России. Нагрузки на природную среду от ветроэнергетики.

3. Солнечная энергия (25 часов)

Солнечная энергия как исходная составляющая любых энергоисточников (кроме ядерных). Солнечная постоянная, баланс лучистой энергии на поверхности Земли. Распределение интенсивности солнечной энергии по планете и регионам РФ, стабильность солнечного излучения. Мировой опыт солнечной энергетики.

Безмашинные преобразователи солнечной энергии. Химически чистый кремний – базовый материал для солнечных энергетических установок. Фотоэлектрические преобразователи, солнечные батареи. Термоэлектрические преобразователи. Космические СЭС. Паротурбинные СЭС. Гелиостаты, солнечные башни и парогенераторы. Модульные СЭС. Солнечное теплоснабжение. Солнечные теплоаккумуляторы и опреснительные установки. Топливные элементы.

4. Геотермальная энергия (20 часов)

Геотермальные ресурсы, мировой опыт их освоения. Геотермальные ресурсы РФ. Одноконтурные ГеоТЭС, проблемы сепарации пара. Двухконтурные ГеоТЭС на водяном паре, на низкокипящих рабочих телах, на смесевом рабочем теле. Модульные энергоблоки для ГеоТЭС. Необходимость очистки геотермальных вод от вредных солей и газов. Расходы воды из окружающей среды на охлаждение конденсаторов ГеоТЭС. Геотермальное теплоснабжение. Перспективы освоения геотермальных ресурсов РФ. Океаническая тепловая энергия, практическая невозможность ее освоения в паротурбинных и термоэлектрических установках.

5. Биотопливо (15 часов)

Фотосинтез как естественный аккумулятор солнечной энергии. Топливная древесина, полевые культуры, отходы лесоперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности как энергоносители. Синтетическое жидкое топливо. Биосинтез (метановое брожение), использование биогаза очистных сооружений и городских свалок. Котельные установки для сжигания биотоплива.

6. Вторичные энергоресурсы и энергосбережение (14 часов)

Совершенствование процессов потребления и передачи энергии. Развитие систем аккумулирования энергии. Использование вторичных энергоресурсов в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Тепловые насосы.

Водородная энергетика, методы получения, хранения и использования водородного топлива. Перспективы применения водорода в черной металлургии.

1.2. Тематический план лекций для студентов очно-заочной формы обучения (12 часов)

1. Введение. Гидроэнергия	2 часа
2. Ветровая энергия	2 часа
3. Солнечная энергия	2 часа
4. Геотермальная энергия	2 часа
5. Биотопливо	2 часа
6. Вторичные энергоресурсы и энергосбережение	2 часа

1.3. Темы практических занятий (8 часов)

1. Расчет гидроэнергетических установок	2 часа
2. Расчет ветроэнергетических установок	2 часа
3. Расчет солнечных энергетических установок	2 часа
4. Расчет геотермальных энергетических установок	2 часа

2. ЛИТЕРАТУРА

О с н о в н а я

1. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.- СПб.: СЗТУ, 2003. – 80с.

Д о п о л н и т е л ь н а я

2. Скалкин Ф.В., Канаев А.А., Копп И.З. Энергетика и окружающая среда. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 280 с.

3. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания. Кн.3. Энергетические проблемы человечества. – М.: Мир, 1995. - 291 с.

4. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов / под ред. Непорожного П.С. – М.: Энергоиздат, 1982.- 559 с.

3. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Студенты выполняют одну контрольную работу, состоящую из четырех задач.

Работа выполняется в отдельной тетради. На обложке указать название дисциплины, специальность, курс, фамилию и инициалы студента, шифр. Записываются полностью условия задачи и данные своего варианта. Требуемая точность расчетов – три значащие цифры. Исходные данные принимать по последней цифре шифра. При выборе исходных данных по согласованию с преподавателем могут быть приняты режимные и конструктивные параметры, отличающиеся от табличных в задании.

Задача 1. Определить мощность малой ГЭС, если расход воды Q , напор H . Коэффициент потерь напора в открытом гидроканале $K = 0,85$, КПД гидротурбины η_t , КПД гидрогенератора η_g . Как изменится мощность, если затвором уменьшить расход воды до 70% от номинального? Будет она больше или меньше, чем 70% от номинальной мощности?

Исходные данные принять по табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вариант	Q , м ³ /с	H , м	η_t , %	η_g , %
1	10	17	76	94
2	12	15	78	95
3	14	13	79	96
4	16	11	80	93
5	18	9	81	94
6	20	8	82	95
7	22	7	83	95
8	24	6	84	96
9	26	7	85	95
0	28	8	84	96

Задача 2. Определить мощность ветровой электростанции, содержащей n однотипных ветроэнергетических установок. Длина лопасти ветроколеса L , скорость ветра w , КПД ветродвигателя η_v , электрический КПД установки (генератора и преобразователя) $\eta_{э}$, температура воздуха t , атмосферное давление p .

Исходные данные принять по табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Вариант	n , шт.	L , м	w , м/с	η_v , %	$\eta_{э}$, %	t , °С	p , кПа
1	8	55	12	31	73	-20	100
2	9	57	11	32	74	-15	101
3	10	59	10	33	75	-10	102
4	11	61	9	34	76	-5	101
5	12	63	12	33	78	0	100
6	11	66	14	32	77	5	99
7	10	69	16	33	76	10	98
8	9	72	18	34	77	15	97
9	8	75	20	33	78	20	99
0	7	78	18	34	79	25	101

Задача 3. Определить теплоту, подводимую гелиостатами к установленному на башне парогенератору паротурбинной солнечной электростанции, если количество гелиостатов n , площадь зеркал одного гелиостата F , интенсивность солнечного излучения I , коэффициент эффективности использования солнечного излучения $\eta_{и}$. Определить также термический КПД и теоретическую мощность паротурбинной установки СЭС,

работающей по циклу Ренкина, если параметры острого пара p_1 , t_1 , давление в конденсаторе $p_2 = 10$ кПа, КПД парогенератора $\eta_{пр} = 0,85$. Как изменится мощность СЭС, если вместо паротурбинной установки применить кремниевые фотоэлектрические преобразователи с КПД $\eta_{фэ} = 0,15$, занимающие ту же площадь, что и зеркала гелиостатов?

Исходные данные принять по табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Вариант	n , шт.	F , м ²	I , Вт/м ²	$\eta_{и}$, %	p_1 , Мпа	t_1 , °С
1	1000	10	350	50	12	450
2	3000	12	400	48	11	440
3	5000	14	450	46	10	430
4	7000	13	500	47	9	420
5	8000	12	550	49	8	410
6	9000	11	600	50	9	400
7	10000	12	650	51	10	410
9	11000	13	700	50	11	420
0	12000	14	750	49	12	430

Задача 4. Двухконтурная пароводяная геотермальная электростанция с электрической мощностью N получает теплоту от воды из геотермальных скважин с температурой $t_{гс}$. Сухой насыщенный пар на выходе из парогенератора имеет температуру на 20°С ниже, чем $t_{гс}$. Пар расширяется в турбине и поступает в конденсатор, где охлаждается водой из окружающей среды с температурой $t_{хв}$. Охлаждающая вода нагревается в конденсаторе на 12°С. Конденсат имеет температуру на 20°С выше, чем $t_{хв}$. Геотермальная вода выходит из парогенерирующей установки с температурой на 15°С выше, чем конденсат. Относительный внутренний коэффициент турбины η_{0i} , электрический КПД турбогенератора $\eta_{э} = 0,96$. Определить термический КПД цикла Ренкина, расход пара и удельный расход теплоты, расходы воды из геотермальных скважин и из окружающей среды.

Исходные данные принять по табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Вариант	N , МВт	$t_{гс}$, °С	$t_{хв}$, °С	η_{0i} , %
1	4	190	5	78
2	5	200	10	80
3	6	210	15	82
4	7	220	20	80
5	8	230	15	78
6	9	240	10	79
7	10	245	5	81
8	11	255	10	80
9	12	235	15	82
0	13	240	20	81

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

4.1. Расчет гидроэнергетических установок

Электрическая мощность гидроэнергетической установки рассчитывается по формуле

$$N = K \eta_t \eta_g \rho g H V, \text{ Вт},$$

где K - коэффициент потерь напора в гидроканале,

η_t - КПД гидротурбины (изменяется в пределах 0,7...0,88),

η_g - КПД гидрогенератора (в пределах 0,9...0,96),

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ - плотность воды,

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести,

H - напор (разность уровней воды верхнего и нижнего бьефов), м,

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

4.2. Расчет ветроэнергетических установок

Ветровой поток, проходящий через площадь F , ометаемую лопастями ветродвигателя, имеет энергию

$$E = m w^2 / 2, \text{ Дж},$$

где w - скорость ветра, м/с,

m - масса воздуха.

За секунду через площадь F протекает $m = \rho w F$ кг/с,

где $\rho = p / RT$ - плотность воздуха, кг/м^3 , p - атмосферное давление, Па, $R = 287 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ - газовая постоянная, T - абсолютная температура, К. Площадь F определяется через длину лопасти L ветроколеса: $F = \pi L^2$. Соответственно электрическая мощность N , развиваемая ВЭУ, определяется формулой

$$N = \eta_v \eta_g \rho \pi L^2 w^3 / 2, \text{ Вт},$$

где η_v - КПД ветродвигателя (изменяется в пределах 0,25...0,35),

η_g - электрический КПД ветрогенератора и преобразователя (в пределах 0,70...0,85).

4.3. Расчет солнечных энергетических установок

В паротурбинных солнечных энергетических установках теплота солнечного излучения от зеркал гелиостатов концентрируется на парогенераторе, установленном на башне. Общее количество теплоты, воспринятой парогенератором, составляет

$$Q = \eta_{\text{и}} n F I, \text{ Вт},$$

где $\eta_{\text{и}}$ – коэффициент эффективности использования солнечного излучения (изменяется в пределах 0,35...0,5),

n – количество гелиостатов,

F – площадь зеркал одного гелиостата, м²,

I – интенсивность солнечного излучения, Вт/м².

Работа килограмма пара паротурбинной установки в цикле Ренкина равна

$$l = h_1 - h_2, \text{ кДж/кг},$$

термический КПД

$$\eta_t = (h_1 - h_2) / (h_1 - h_k),$$

где h_1 – энтальпия перегретого пара, h_2 – энтальпия отработавшего в турбине пара (определяются по $h - s$ диаграмме водяного пара), h_k – энтальпия конденсата (определяется по таблицам термодинамических свойств воды и водяного пара).

Теоретическая мощность паротурбинной СЭУ составит

$$N_{\text{пт}} = \eta_t \eta_{\text{э}} Q, \text{ Вт},$$

где $\eta_{\text{э}}$ – КПД электрогенератора (в пределах 0,92...0,96).

Мощность СЭУ с фотоэлектрическими преобразователями определяется соотношением

$$N_{\text{фэ}} = \eta_{\text{фэ}} F_{\text{фэ}} I, \text{ Вт},$$

где $\eta_{\text{фэ}}$ – КПД фотоэлектрических преобразователей (изменяется в пределах 0,13...0,18), $F_{\text{фэ}}$ – их общая площадь, м².

4.4. Расчет геотермальных энергетических установок

В одноконтурной паротурбинной ГеоТЭУ энтальпия сухого насыщенного пара после сепарации определяется по температуре геотермальной воды $t_{\text{ГВ}}$ из таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара или $h - s$ диаграммы. В случае двухконтурной ГеоТЭУ учитывается перепад температур в парогенераторе Δt . В остальном расчет ведется как и для солнечной паротурбинной ТЭС.

Расход пара определяется из соотношения

$$d = N / [(h_1 - h_2) \eta_t \eta_{\text{oi}} \eta_{\text{э}}], \text{ кг/с},$$

где η_t – термический КПД цикла,

η_{oi} – относительный внутренний КПД турбины,

$\eta_{\text{э}}$ – электрический КПД турбогенератора,

N – мощность ГеоТЭУ, кВт,

Расход горячей воды из геотермальных скважин определяется из формулы

$$G_{\text{Гс}} = N / (\eta_t \eta_{0i} \eta_{\text{пг}} \eta_{\text{э}} c \Delta t_{\text{пг}}), \text{ кг/с},$$

расход холодной воды из окружающей среды на конденсацию пара

$$G_{\text{ХВ}} = d (h_2 - h_k) / (c \Delta t_{\text{ХВ}}), \text{ кг/с},$$

где $c = 4,19 \text{ кДж / (кг.К)}$ – теплоемкость воды,

$\eta_{\text{пг}}$ - КПД парогенератора,

$\Delta t_{\text{пг}}$ – перепад температур геотермальной воды в парогенераторе, °С,

$\Delta t_{\text{ХВ}}$ – перепад температур холодной воды в конденсаторе, °С.

Расчет ГеоТЭУ с низкокипящими и смесевыми рабочими телами производится с использованием таблиц термодинамических свойств и $h - s$ диаграмм паров этих жидкостей.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Содержание дисциплины	3
2. Литература	5
3. Задание на контрольную работу	5
4. Методические указания по практическим занятиям	8

Редактор И.Н. Садчикова

Сводный темплан 2003 г.

Лицензия ЛР 020308 от 14.02.97

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Б.кн.-журн. П.л. 0,625. Б.л. 0,312. РТП РИО СЗТУ

Тираж 150 Заказ

Северо-Западный государственный заочный технический
университет

РИО СЗТУ, член Издательско-полиграфической ассоциации вузов Санкт-
Петербурга

191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, 5