



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А.
ЕЖЕВСКОГО»
(ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)**

Энергетический факультет

Кафедра электроснабжения и электротехники

Г.В. Лукина, Д.А. Иванов

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

**Методические указания для выполнения контрольного задания
по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые
источники энергии» для студентов направления подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Молодёжный, 2021

УДК 620.9

Рецензент:

Алтухов И.В. – д.т.н., доцент, профессор кафедры энергообеспечения и теплотехники.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии:
методические указания / авт.-сост. Г.В. Лукина, Д.А. Иванов – Молодёжный:
Издательство Иркутского ГАУ, 2021. – 19 с.

Методические указания предназначены для студентов энергетического факультета очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Методические указания могут быть полезны студентам других электроэнергетических направлений подготовки.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой электроснабжения и электротехники.

Методические указания рекомендованы к печати методической комиссией энергетического факультета.

© Лукина Г.В., Иванов Д.А., 2021

© Иркутский ГАУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ..... | 5 |
| 2. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ..... | 8 |
| 3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ..... | 11 |
| 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ..... | 13 |
| 5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 18 |

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предлагают студентам очной и заочной форм обучения варианты контрольного задания, состоящего из перечня контрольных вопросов и десяти задач по основным разделам дисциплины с методическими указаниями по их решению, а также перечень рекомендуемой литературы.

Целью данных методических указаний является закрепление полученных теоретических знаний по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», овладение методикой расчета основных параметров солнечных, ветровых, биогазовых, геотермальных энергетических установок, а также установок использующих энергию океана, приливов и отливов.

Студент должен самостоятельно в соответствии с предложенным ему заданием ответить на контрольные вопросы, произвести необходимые расчеты, оформить с принятыми стандартами задание и защитить его у преподавателя.

1. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является подготовка специалистов, способных ставить и решать задачи, предусматривающие использование возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны и региона, результатом которых должно быть энергосбережение в промышленности, агропромышленном комплексе, в жилищно-коммунальном хозяйстве и улучшение экологических условий.

1.2 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны знать основные виды возобновляемых источников энергии, основы государственной политики в области энергосбережения, методы и критерии оценки эффективности использования энергии с учетом экономических и экологических требований в конкретных условиях.

Знания, полученные в курсе, используются при выполнении типовых расчетов, курсовых проектов и работ, выпускных квалификационных работ и научной работе.

1.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Актуальность использования возобновляемых видов энергии в мире и России

Структура мирового энергопотребления. Динамика роста энергопотребления в мире и России. Факторы, обуславливающие актуальность энергосбережения. Стоимость основных видов энергетических ресурсов в России и за рубежом. Динамика роста цен на энергоносители, тепловую и электрическую энергию. Энергосбережение и экология. Влияние добычи, подготовки, транспортировки и сжигания органического топлива на состояние окружающей среды. Необходимость применения возобновляемых источников энергии, как для экономии органического топлива, так и для защиты окружающей среды. Особенности топливно-энергетического баланса Иркутской области.

Раздел 2. Использование солнца как источника тепловой энергии

Энергетическая светимость Солнца и спектральные характеристики солнечного излучения. Прямое и рассеянное облучение. Влияние географических координат, ориентировки приемника облучения в пространстве, времени суток и времени года. Нагревание воды. Солнечный коллектор и способы повышения его эффективности. Обогрев помещения и

горячее водоснабжение. Солнечные кондиционеры. Промышленное и сельскохозяйственное использование. Тепловые электростанции. Теплицы. Опреснители соленой воды. Солнечные кухни. Экономика и экология.

Раздел 3. Фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии

Физические основы преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию. Характерные размеры фотоэлементов. Потери и методы борьбы с ними. Коэффициент полезного действия фотоэлемента и перспективы его увеличения. Конструкция фотоэлементов и особенности технологии их изготовления. Использование моно- и поликристаллического кремния и других материалов. Другие методы получения электрической энергии: внешний фотоэффект, термоэлектронная эмиссия, термоэлектричество. Экономика и экология.

Раздел 4. Использование энергии ветра

Общие характеристики ветряных электрических установок (ВЭУ). Взаимодействие лопасти ветряка с потоком воздуха. ВЭУ с горизонтальной и вертикальной осью. Связь мощности и сопротивления ветряка с параметрами набегающего потока. Оптимальный режим работы колеса. Статистические характеристики ветра. ВЭУ для производства электроэнергии и механической работы. Оптимальное размещение ВЭУ. Экономика и экология.

Раздел 5. Использование биомассы

Классификация. Биотопливо для энергетики и бытового потребления. Технология обработки биотоплива. Установки для производства тепла, пиролиза, гидрогенизации, биогаза. Экономика и экология.

Раздел 6. Геотермальная энергия

Строение земли и изменение температуры в земной коре. Классификация геотермальных районов. Наиболее перспективные районы в мире и России. Запас энергии в земной коре и методы ее использования. Естественный водоносный слой. Использование геотермальной энергии для обогрева и получения электрической энергии. Экономика и экология.

Раздел 7. Использование тепловой энергии океана

Термодинамические основы использования тепловой энергии океана. Тепловая схема с идеальными и реальными теплообменниками. Расчет теплообменников. Биозасорение и методы борьбы с ним. Мощность насосов, прокачивающих воду. Рабочее тело паротурбинной установки. Технические проблемы. Экономика и экология.

Раздел 8. Использование энергии волн океана

Причины волнообразования. Основные параметры волн. Достоинства и недостатки волновой энергии. Кинематика и динамика волны. Поток энергии, переносимой волнами. Особенности реальных волн. Устройства для извлечения энергии волн от поплавковых до дамбовых. Экономика и экология.

Раздел 9. Использование энергии приливов

Причины возникновения полусуточных и суточных приливов. Лунные и солнечные приливы. Общие характеристики энергии приливной волны. Теория приливов. Резонансное увеличение высоты подъема приливной волны. Энергия приливных течений. Электростанции, использующие приливный подъем воды и приливные течения. Проблемы и перспективы. Экономика и экология.

Раздел 10. Использование энергии малых рек

Идеальная и реальная мощность гидротурбин. Активные и реактивные турбины. Оптимальные значения скорости движения лопатки, числа сопел и отношения радиусов сопла и колеса турбины. Схема малой гидроэлектростанции и ее основные элементы. Гидравлический таран. Экономика и экология.

Раздел 11. Аккумуляция и передача энергии возобновляемых источников

Специфические проблемы аккумуляции и передачи энергии при использовании различных возобновляемых источников энергии. Биоаккумуляторы. Химические аккумуляторы. Топливные элементы. Хранение энергетически ценных веществ. Аккумуляторные электробатареи. Тепловые аккумуляторы. Гидростатические аккумуляторы. Резервуары со сжатым воздухом. Маховики. Передача энергии потока биомассы, тепла, химически активных веществ, электроэнергии.

2. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Задачи

1. На солнечной электростанции башенного типа установлено n гелиостатов, каждый из которых имеет поверхность F_z . Гелиостаты отражают солнечные лучи на приемник, на поверхности которого зарегистрирована максимальная энергетическая освещенность $H_{np} = 0,25$ МВт/м². Коэффициент отражения гелиостата $R_z = 0,8$, коэффициент поглощения приемника $A_{np} = 0,95$. Максимальная облученность зеркала гелиостата $H_z = 600$ Вт/м².

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

2. Оценить возможную величину действительного КПД ОТЭС, рабочим телом которой является аммиак, если температура воды на поверхности океана t_1 , а температура воды на глубине океана t_2 . Какой расход теплой воды V потребуется для ОТЭС мощностью N ? 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, в два раза меньше термического КПД установки, работающей по циклу Карно, η_t^k .

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).

3. Определить начальную температуру t_2 и количество геотермальной энергии E_0 водоносного пласта толщиной h при глубине залегания z , если заданы характеристики породы пласта: плотность $\rho_{zp} = 2700$ кг/м³; пористость $a = 5$ %; удельная теплоемкость $C_{zp} = 840$ Дж/(кг·К). Температурный градиент (dt/dz) выбрать по таблице вариантов задания.

Среднюю температуру поверхности t_0 принять равной 10 °С. Удельная теплоемкость воды $C_v = 4200$ Дж/(кг·К); плотность воды $\rho = 1 \cdot 10^3$ кг/м³. Расчет произвести по отношению к площади поверхности $F = 1$ км². Минимально допустимую температуру пласта принять равной $t_1 = 40$ °С.

Определить также постоянную времени извлечения тепловой энергии τ_0 при закачивании воды в пласт и расходе ее $V = 0,1$ м³/(с·км²). Какова будет тепловая мощность, извлекаемая первоначально $(dE/dz)_{\tau=0}$ и через 10 лет $(dE/dz)_{\tau=10}$?

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 . Время цикла сбраживания $\tau = 14$ сут при температуре $t = 25$ °С; подача сухого сбраживаемого материала от одного животного идет со скоростью $W = 2$ кг/сут; выход биогаза из сухой массы $v_2 = 0,24$ м³/кг. Содержание метана в биогазе составляет f_m . КПД горелочного устройства η . Плотность сухого материала, распределенного в массе биогазогенератора, $\rho_{сyx} \approx 50$ кг/м². Теплота сгорания метана при нормальных физических условиях $Q_{н}^p = 28$ МДж/м³.

5. Для отопления дома в течение суток потребуется количество теплоты Q . При использовании для этой цели солнечной энергии тепловая энергия может быть запасена в водяном аккумуляторе. Допустим, что температура горячей воды t_1 . Какова должна быть емкость бака аккумулятора V , если тепловая энергия может использоваться в отопительных целях до тех пор, пока температура воды не понизится до t_2 ? Величины теплоемкости и плотности воды взять из справочной литературы.

6. Оценить приливный потенциал бассейна, если его площадь F , а средняя величина прилива $R_{ср}$.

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

8. Определить мощность ветровой электростанции, содержащей n однотипных ветроэнергетических установок. Длина лопасти ветроколеса L ; скорость ветра v ; коэффициент использования энергии ветра $\xi = 0,42$; КПД ветроэнергетической установки $\eta = 75$ %; температура воздуха t ; атмосферное давление p .

9. Определить теплоту, подводимую гелиостатами к установленному на башне парогенератору, если количество гелиостатов n ; площадь зеркал одного гелиостата F ; интенсивность солнечного излучения I ; коэффициент эффективности использования солнечного излучения η_u . Определить мощность паротурбинной солнечной электростанции, если термический КПД паротурбинной солнечной энергетической установки η_t ; КПД электрогенератора η_g . Определить мощность солнечной электростанции, если вместо паротурбинной установки применить кремниевые фотоэлектрические преобразователи с КПД $\eta_{\phi} = 15 \%$, занимающие ту же площадь, что и зеркала гелиостатов?

10. Рассчитать мощность гирляндной ГЭС состоящей из n поперечных турбин диаметром d ; общая длина турбины (активная часть) l ; скорость течения водного потока v . Выбрать тип генератора гирляндной ГЭС. Определить выработку электроэнергии гирляндной ГЭС за летний период.

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

| Но- мер зада- чи | Величина, единица измерения | Номер варианта (численные значения величин, выбираемые по последним цифрам номера зачетной книжки) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | n , шт. | 243 | 253 | 263 | 273 | 283 | 293 | 303 | 313 | 323 | 333 | 245 | 270 | 250 | 235 | 289 |
| | F_z , м ² | 64 | 61 | 58 | 55 | 52 | 49 | 46 | 43 | 40 | 37 | 24 | 31 | 48 | 45 | 39 |
| | t , °С | 700 | 680 | 660 | 640 | 620 | 580 | 560 | 540 | 520 | 600 | 630 | 650 | 670 | 610 | 625 |
| 2 | N , МВт | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | t_1 , °С | 30 | 39 | 28 | 28 | 26 | 26 | 24 | 23 | 21 | 22 | 29 | 27 | 20 | 31 | 28 |
| | t_2 , °С | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 3 | h , км | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,0 |
| | z , км | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 4 | 3,5 | 4,5 | 1,5 | 5,0 | 5,5 | 4,3 | 4,2 |
| | (dt/dz) , °С/км | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 75 | 70 | 65 | 60 | 60 |
| 4 | n , шт. | 24 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 26 | 25 | 19 | 22 | 17 |
| | f_m , % | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 |
| | η , % | 70 | 71 | 68 | 69 | 66 | 67 | 64 | 62 | 60 | 61 | 72 | 75 | 65 | 63 | 69 |
| 5 | Q , МДж | 560 | 580 | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 | 720 | 740 | 760 | 780 | 800 | 820 | 840 |
| | t_1 , °С | 52 | 50 | 54 | 50 | 52 | 54 | 52 | 50 | 52 | 50 | 55 | 56 | 57 | 51 | 53 |
| | t_2 , °С | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 31 | 29 | 32 | 26 | 29 |

| Но- мер зада- чи | Величина, единица измерения | Номер варианта (численные значения величин, выбираемые по последним цифрам номера зачетной книжки) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 6 | F , км ² | 400 | 700 | 1000 | 1500 | 2000 | 2200 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4100 | 4200 | 4300 | 4400 | 4500 |
| | $R_{ср}$, м | 8,0 | 7,5 | 7,2 | 7,0 | 6,8 | 6,5 | 6,0 | 5,4 | 5,2 | 5,0 | 8,1 | 7,3 | 7,9 | 7,4 | 7,8 |
| 7 | Q , м ³ /с | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | H , м | 20 | 21 | 19 | 15 | 18 | 13 | 17 | 14 | 8 | 12 | 9 | 11 | 7 | 10 | 6 |
| | n , раз | 3 | 2 | 1,2 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 1,7 | 1,9 | 3,3 | 2,2 | 3,1 | 2,4 | 1,9 | 1,7 | 1,4 |
| | m , % | 30 | 25 | 20 | 31 | 52 | 34 | 17 | 26 | 44 | 29 | 31 | 18 | 19 | 28 | 36 |
| 8 | n , шт. | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | L , м | 58 | 56 | 54 | 52 | 50 | 48 | 46 | 44 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 30 |
| | v , м/с | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 | 10 | 7 | 7,5 | 11 | 12 | 10,5 | 11,5 | 14 | 12,5 | 13 | 13,5 |
| | t , °С | - 5 | 0 | 5 | 7 | - 10 | 20 | 25 | - 15 | 9 | 12 | 17 | - 3 | 3 | 23 | 27 |
| | p , кПа | 100 | 101 | 102 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 97 | 98 | 99 | 96 | 103 | 100 |
| 9 | n , шт. | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| | F , м ² | 38 | 36 | 34 | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 |
| | I , Вт/м ² | 350 | 400 | 700 | 650 | 450 | 600 | 550 | 550 | 750 | 730 | 390 | 430 | 580 | 610 | 560 |
| | η_t , % | 41 | 43 | 42 | 45 | 44 | 38 | 39 | 39,5 | 40,5 | 41,5 | 42,5 | 43,5 | 44,5 | 37,5 | 38,5 |
| | η_u , % | 35 | 36 | 37 | 38 | 38 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 |
| 10 | v , м/с | 2 | 1,9 | 2,5 | 1,5 | 2,1 | 2,4 | 1,7 | 1,6 | 2,3 | 1,8 | 2,2 | 2,9 | 2,6 | 1,8 | 2,7 |
| | d , м | 1 | 1,5 | 1,1 | 0,5 | 0,9 | 1,3 | 1,4 | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 1,25 | 0,75 | 1,15 | 0,65 |
| | l , м | 1,2 | 1,4 | 2 | 1,2 | 0,8 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 0,9 | 1,1 | 1,9 | 1,8 | 0,7 | 2,1 | 0,6 |
| | n , шт. | 3 | 5 | 7 | 4 | 6 | 8 | 10 | 9 | 15 | 11 | 13 | 14 | 12 | 17 | 16 |
| | $\eta_{ред}$, % | 0,7 | 0,72 | 0,73 | 0,75 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,8 | 0,82 | 0,83 | 0,85 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,9 |
| | $\eta_{ген}$, % | 0,9 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Задача № 1

Энергия, полученная приемником от солнца через гелиостаты

$$Q = R_z \cdot A_{np} \cdot F_z \cdot H_z \cdot n, \text{ Вт},$$

где H_z – облученность зеркала гелиостата, Вт/м²;

F_z – площадь поверхности гелиостата, м²;

n – количество гелиостатов, шт.;

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}

$$F_{np} = Q / H_{np}, \text{ м}^2.$$

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

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

где T – абсолютная температура теплоносителя, К;

ε_{np} – степень черноты серого тела приемника;

C_o – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴).

Задача № 2

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

$$Q_o = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T, \text{ Вт},$$

где ρ – плотность морской воды, кг/м³;

C_p – массовая теплоемкость морской воды, Дж/(кг·К);

V – объемный расход воды, м³/с;

$\Delta T = T_1 - T_2$ – разность температур поверхностных и глубинных вод (температурный перепад цикла), К.

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

$$N_0 = \eta_t^k \cdot Q_o, \text{ Вт}.$$

Задача № 3

Температура водоносного пласта перед началом его эксплуатации

$$t_2 = t_o + (dT/dz) \cdot z, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где t_o – температура на поверхности Земли, $^\circ\text{C}$.

Теплоемкость пласта определяется формулой

$$C_{nl} = [\alpha \cdot \rho_w \cdot C_w + (1 - \alpha) \cdot \rho_{gp} \cdot C_{gp}] \cdot h \cdot F, \text{ Дж/К},$$

где ρ_w и C_w – соответственно плотность и удельная теплоемкость воды; ρ_{gp} и C_{gp} – плотность и удельная теплоемкость грунта (пород пласта).

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

$$E_0 = C_{nl} \cdot (T_2 - T_1), \text{ Дж}.$$

Постоянная времени пласта τ_0 (возможное время его использования, лет) в случае отвода тепловой энергии путем закачки в него воды с объемным расходом V определяется формулой

$$\tau_0 = C_{nl} / (V \cdot \rho_w \cdot C_w), \text{ с}.$$

Тепловой потенциал пласта во время его разработки изменяется по экспоненциальному закону

$$E = E_0 \cdot e^{-(\tau/\tau_0)}, \text{ Дж},$$

где τ – число лет с начала эксплуатации.

Тепловая мощность геотермального пласта в момент времени τ

$$\left(\frac{dE}{d\tau} \right)_\tau = \frac{E_0}{\tau_0} \cdot e^{\left(-\frac{\tau}{\tau_0} \right)}, \text{ Вт}.$$

Задача № 4

Суточный объем жидкой массы, поступающей в биогазогенератор можно определить по формуле

$$V_{сут} = m_0 / \rho_{сж}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где m_0 – подача сухого сбраживаемого материала, кг/сут.

Объем биогазогенератора, необходимого для фермы

$$V_{\delta} = \tau \cdot V_{\text{сут}}, \text{ м}^3.$$

Суточный выход биогаза

$$V_2 = m_0 \cdot v_2, \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Тепловая мощность устройства, использующего биогаз

$$N = \eta \cdot Q_n^p \cdot V_2 \cdot f_m, \text{ МДж/сут},$$

где f_m – объемная доля метана в биогазе;

η – КПД горелочного устройства.

Задача № 5

Необходимый объем бака-аккумулятора V для воды можно определить, используя известную формулу – $Q = m \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)$, если знать суточную потребность в тепловой энергии для дома Q , температуру горячей воды, получаемой в солнечных коллекторах t_1 , наименьшую температуру в баке t_2 , при которой еще возможно действие отопительной системы.

Задача № 6

Энергетический потенциал приливной энергии океанического бассейна определяется по формуле

$$Э_{\text{ном}} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot R_{\text{cp}}^2 \cdot F, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где F – площадь бассейна, км²;

R_{cp} – средняя величина приливной волны, м.

Задача № 7

Мощность малой ГЭС определяется по формуле

$$N = 9,81 \cdot V \cdot H \cdot \eta, \text{ Вт},$$

где Q – расход воды, м³/с;

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

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

Задача № 8

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

$$E = m \cdot v^2 / 2, \text{ Дж},$$

где v – скорость ветра, м/с;

m – масса воздуха.

За секунду через площадь F протекает воздух с массой

$$m = \rho \cdot v \cdot F, \text{ кг/с},$$

где $\rho = p / R \cdot T$ – плотность воздуха, кг/м³;

p – атмосферное давление, Па;

$R = 287$ Дж/кг·К – газовая постоянная;

T – абсолютная температура, К.

Площадь ветроколеса

$$F = \pi \cdot L^2, \text{ м}^2,$$

где L – длина лопасти, м.

Мощность, развиваемая ветроэнергетической установки, определяется формулой

$$N = \zeta \cdot \eta \cdot \rho \cdot \pi \cdot L^2 \cdot v^3 / 2, \text{ Вт}.$$

Задача № 9

Общее количество теплоты, воспринятой парогенератором, составляет

$$Q = \eta_u \cdot n \cdot F \cdot I, \text{ Вт},$$

где η_u – коэффициент эффективности использования солнечного излучения;

n – количество гелиостатов, шт;

F – площадь зеркал одного гелиостата, м²;

I – интенсивность солнечного излучения, Вт/м².

Мощность паротурбинной СЭУ составит

$$N = \eta_g \cdot \eta_t \cdot Q, \text{ Вт},$$

где η_g – КПД электрогенератора (0,92...0,96).

Мощность СЭУ с фотоэлектрическими преобразователями определяется соотношением

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

где $\eta_{фэ}$ – КПД фотоэлектрических преобразователей;
 $F_{фэ}$ – их общая площадь, м².

Задача № 10

Мощность гирлянды ГЭС определяется

$$P_{зир} = d \cdot L \cdot v^3 \cdot \eta_m, \text{ кВт},$$

где d – диаметр поперечной турбины, м;
 L – длина активной части гирлянды, м;
 v – скорость течения водного потока, м/с;
 η_m – коэффициент, учитывающий потери энергии в турбине (для поперечных турбин $\eta_m = 0,45-0,47$).

Длина активной части гирлянды L определяется произведением длины одной турбины l на их количество в гирлянде n .

Линейная скорость вращения троса гирлянды определяется по выражению

$$n_m = 60 \cdot v / R, \text{ об/мин},$$

где R – радиус турбины, м.

Мощность генератора

$$P_{ген} = P_{зир} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген}, \text{ кВт},$$

где $\eta_{ред}$ – КПД редуктора, учитывающий потери в передаче;
 $\eta_{ген}$ – КПД генератора.

По полученному значению мощности выбирается ближайший по характеристикам тип генератора, записывается его марка и параметры.

Определяется выработка электроэнергии гирляндной ГЭС за летний период

$$W_z = P_{ген} \cdot 24 \cdot (N_6 + N_7 + N_8), \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где N – количество дней в соответствующем месяце.

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких П.П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология / П. П. Безруких. - М.: Колос, 2008. - 196 с.
2. Германович В. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, Солнца, Земли, воды, биомассы / В. Германович, А. Турилин. - СПб.: Наука и Техника, 2011. - 317 с.
3. Земсков В. И. Нетрадиционные источники энергии в агропромышленном комплексе / В. И. Земсков - Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. - 279 с.
4. Кошелев А.А. Потенциальные возможности вовлечения возобновляемых природных ресурсов в топливно-энергетический баланс Иркутской области / А. А. Кошелев, А. П. Шведов - Иркутск: [б. и.], 1998. - 63 с.
5. Лосюк Ю.А. Нетрадиционные источники энергии: учеб. пособие для вузов / Ю.А. Лосюк, В.В. Кузьмич. - Минск: Технопринт, 2005. - 233 с.
6. Лукина Г. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.2. Автоматизация технологических процессов. Проектирование систем автоматизации / Г. В. Лукина. - Иркутск: ИрГСХА, 2009. - 1 эл. опт. диск (DVD-R/W).
7. Лукина Г. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.2 / Г.В. Лукина - Иркутск: ИрГСХА, 2009. - 141 с.
8. Лукина Г.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.1: Солнце, ветер / Г.В. Лукина, И.В. Наумов, Э.А. Таиров, М.Ю. Бузунова - Иркутск: ИрГСХА, 2007. - 178 с.
9. Меновщиков Ю.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю. А. Меновщиков, Л. В. Куликова - Новосибирск: [б. и.], 2007. - 353 с.
10. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: РадиоСофт, 2009. - 229 с.
11. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: КноРус, 2010. - 228 с.
12. Финиченко, А. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие / А. Ю. Финиченко, А. П. Стариков. — Омск : ОмГУПС, 2017. — 83 с. — ISBN 978-5-949-41163-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129461> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Лукина Галина Владимировна
Иванов Дмитрий Александрович

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Методические указания для выполнения контрольного задания
по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые
источники энергии» для студентов очной и заочной форм обучения,
обучающихся по направлению подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Издательство Иркутского государственного аграрного университета
имени А.А. Ежевского
664038, Иркутская область, Иркутский район,
п. Молодежный