

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макеев А.Н.
	Идентификатор	Rde963724-MakeevAN-d54bbff2

А.Н. Макеев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рыженков А.В.
	Идентификатор	R97ba085e-RyzenkovAV-e7929df

А.В.  
Рыженков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рыженков А.В.
	Идентификатор	R97ba085e-RyzenkovAV-e7929df

А.В.  
Рыженков

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

ИД-5 Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач

2. ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

ИД-2 Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

ИД-3 Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Расчет системы солнечного теплоснабжения (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Различные НВИЭ (Контрольная работа)

2. Солнечная радиация (Контрольная работа)

3. Солнечные энергетические установки (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	12	14	16
Введение					
Общие вопросы возобновляемой энергетики					+
Солнечная энергетика					

Солнечная радиация	+	+		
Солнечная теплоэнергетика		+	+	
Фотоэлектрические электростанции		+		
Разнообразные НВИЭ				
Энергия ветра				+
Гидроэнергетика				+
Энергия океана				+
Геотермальная энергия				+
Энергия биомассы				+
Специальные вопросы возобновляемой энергетики				
Аккумуляция энергии				+
Водородная энергетика				+
Эффективность энергетических комплексов			+	
Вес КМ:	25	25	30	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-3	ИД-5 <sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач	Знать: Теоретические основы использования энергии ветра, рек, приливов, геотермальной энергии, тепловой энергии океана. Теоретические основы использования энергии Солнца.	Солнечная радиация (Контрольная работа) Различные НВИЭ (Контрольная работа)
ОПК-4	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	Знать: Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в солнечных энергетических системах. Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в системах энергоснабжения на базе различных НВИЭ. Уметь:	Солнечные энергетические установки (Контрольная работа) Различные НВИЭ (Контрольная работа)

		Оценивать энергетический потенциал ветра, малых рек, приливов, тепловой энергии земли и океана по ключевым параметрам.	
ОПК-4	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем	<p>Уметь:</p> <p>Рассчитывать приход солнечной радиации на поверхность Земли для заданных координат и периодов.</p> <p>Выполнять расчеты, связанные с проектированием установок и систем на базе НВИЭ.</p> <p>Определять рабочие параметры оборудования и систем на базе НВИЭ, анализировать эффективность этих систем.</p>	<p>Солнечная радиация (Контрольная работа)</p> <p>Солнечные энергетические установки (Контрольная работа)</p> <p>Расчет системы солнечного теплоснабжения (Расчетно-графическая работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Солнечная радиация

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа занимает 1 академический час. В начале второй половины практического занятия студенты получают 3 задания: 2 задачи и 1 теоретический вопрос. По окончании семинара работы сдаются на проверку.

#### Краткое содержание задания:

Решить в письменном виде с подробным описанием решения задания 1 и 2. Задание 3 - теоретический вопрос, ответ на который также необходимо записать в письменном виде, при необходимости дополнив текст формулами или схемами.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: Теоретические основы использования энергии Солнца.</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое коэффициент наклона (пересчёта) прямой солнечной радиации? Записать выражения для расчёта его мгновенного и среднемесячного значений, используемые в случае ориентации установки точно на север/юг; назвать величины, входящие в эти выражения.</li><li>2.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – склонение Солнца. От чего зависит его значение и как оно рассчитывается?</li><li>3.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – угол падения солнечных лучей на наклонную плоскость. С каким углом он сравнивается, если рассматривается горизонтальная плоскость?</li><li>4.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – высоту солнцестояния. Как она связана с зенитным углом?</li><li>5.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – зенитный угол. Как он связан с высотой солнцестояния?</li><li>6.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – азимут Солнца.</li><li>7.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – азимутальный угол плоскости.</li><li>8.Дать определение и изобразить на рисунке один из базовых углов – часовой угол.</li><li>9.Каковы основные причины снижения плотности солнечного теплового потока при прохождении атмосферы Земли? За счёт чего возникает диффузная составляющая излучения? Привести в пример вещества, вызывающие рассеяние и поглощение излучения.</li></ol>
------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>10. Какие составляющие суммарной солнечной радиации рассматриваются при расчёте её поступления на наклонную площадку? Какие упрощения и допущения принимаются при использовании простейшей изотропной модели?</p> <p>11. Что такое солнечная постоянная? Как в течение года меняется фактическая величина плотности радиационного теплового потока, поступающего на находящуюся за пределами атмосферы площадку, постоянно ориентированную перпендикулярно солнечным лучам? Привести выражение, позволяющее рассчитать эту величину в любой день года.</p> <p>12. Что такое индекс ясности (облачности)? Для чего он используется в расчётах?</p> <p>13. Каким образом вычисляется среднемесячный суточный приход суммарной солнечной радиации на наклонную площадку? Перечислить основные этапы расчёта.</p>
<p>Уметь: Рассчитывать приход солнечной радиации на поверхность Земли для заданных координат и периодов.</p>	<p><b>1. Задание 1.</b> Солнечный коллектор наклонен на <math>40^\circ</math> к горизонту, находится на <math>45^\circ</math> северной широты. Проекция нормали к плоскости коллектора совпадает с меридианом. Определить среднемесячный коэффициент наклона прямой солнечной радиации в апреле.</p> <p><b>2. Задание 1.</b> На отметке <math>50^\circ</math> северной широты находится плоский коллектор, ориентированный точно на юг. Для этого коллектора определить часовой угол (среднемесячный в июле) на закате для случаев, когда коллектор расположен: а) горизонтально, б) под углом <math>30^\circ</math> к горизонту.</p> <p><b>3. Задание 1.</b> Для коллектора, находящегося на широте <math>+39^\circ</math> и наклоненного к горизонтальной плоскости под углом <math>44^\circ</math>, среднемесячный коэффициент наклона (пересчёта) прямой солнечной радиации в апреле равен 1,7. Индекс облачности равен 0,54. Коэффициент отражения от Земли равен 0,1. Определить для этого коллектора среднемесячный коэффициент наклона (пересчёта) суммарной солнечной радиации.</p> <p><b>4. Задание 1.</b> Определить среднемесячный суточный приход суммарной солнечной радиации на плоский солнечный коллектор в августе при следующих условиях: коллектор ориентирован оптимально; наклон коллектора к плоскости горизонта <math>45^\circ</math>; широта расположения – северная, отметка <math>40^\circ</math>; среднемесячный приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную плоскость 25 МДж/м<sup>2</sup>сут. Коэффициент облачности равен 0,6, коэффициент отражения от земли равен 0,2, среднемесячный коэффициент наклона прямой</p>



	<p>солнечной радиации равен 2.</p> <p><b>5.Задание 2.</b> Определить высоту солнцестояния 6-го марта в 13:23 на отметке <math>36^\circ</math> северной широты.</p> <p><b>6.Задание 2.</b> Определить мгновенное значение коэффициента наклона (пересчёта) прямой солнечной радиации для коллектора оптимальной ориентации, наклонённого под углом <math>36^\circ</math> к горизонту и расположенного на широте <math>+35^\circ 46'</math>, в 14:00 5-го марта.</p> <p><b>7.Задание 2.</b> Определить время заката в средний день сентября на отметке <math>37^\circ 14'</math> северной широты.</p> <p><b>8.Задание 2.</b> Определить плотность лучистого потока, поступающего площадку, находящуюся за пределами атмосферы Земли и постоянно ориентированную горизонтально (параллельно плоскости математического горизонта на отметке расположения площадки, равной <math>41^\circ</math> с. ш.), в 9:26 5-го июля.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обе задачи решены верно, теоретический вопрос раскрыт. Допустимо неполное раскрытие теоретического вопроса, однако, ошибки недопустимы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обе задачи решены правильно; либо одна задача решена правильно, последовательность решения второй задачи изложена верно, теоретический вопрос раскрыт.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Хотя бы одна из задач решена правильно; либо теоретический вопрос полностью раскрыт, а последовательность решения хотя бы одной из задач верно изложена.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ни одна из задач не решена правильно, теоретический вопрос не раскрыт.

#### **КМ-2. Солнечные энергетические установки**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа занимает 2 академических часа. В начале второй половины практического занятия студенты получают 2 задачи: 1 с индексом Н и 1 с индексом Е. Также им необходимо в письменной форме развернуто ответить на теоретический вопрос. В процессе решения задач можно пользоваться конспектами лекций и любой справочной литературой, но нельзя пользоваться электронными устройствами. По окончании семинара работы сдаются на проверку.

## Краткое содержание задания:

Решите задачи

## Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в солнечных энергетических системах.</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что называют коэффициентом потерь гелиоустановки? Какие виды тепловых потерь существуют? Какие технические решения способствуют их снижению? Запишите уравнение теплового баланса установки через количество поглощенной энергии и потери установки (с учетом площади и разниц температур).</li><li>2. Что называют полезной теплотой при работе гелиоустановки? Как эта величина связана с коэффициентом полезного действия установки? Запишите уравнения теплового баланса, выражающие полезную теплоту через энергию, передаваемую теплоносителю, циркулирующему в установке.</li><li>3. Что такое термическое сопротивление? Как оно вычисляется, если в установке протекают различные типы теплообменных процессов? Какие теплообменные процессы протекают в гелиоустановках?</li><li>4. Что такое числа подобия? Каков алгоритм определения коэффициента теплоотдачи при конвективном теплообмене в общем случае? Какие типы конвективного теплообмена протекают в гелиоустановках?</li><li>5. Основной закон теплообмена излучением. Излучение малого тела в большой объем. Температура небосвода. Теплообмен излучением между параллельными пластинами (коаксиальными цилиндрами).</li><li>6. Падение луча на прозрачную поверхность. Законы Снеллиуса и Френеля.</li><li>7. Прохождение света через прозрачный непоглощающий слой с учетом многократных отражений.</li><li>8. Прохождение света через ослабляющий слой. Коэффициент пропускания с учетом ослабления света.</li></ol>
<p>Уметь: Определять рабочие параметры оборудования и систем на базе НВИЭ, анализировать эффективность этих систем.</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Н1.</b> Определить коэффициент конвективной теплоотдачи при теплообмене между абсорбером солнечного коллектора, нагретым до температуры 373 К, и стеклянным ограждением, имеющим температуру 324 К. Коллектор наклонен под углом 45° к плоскости земли. Расстояние между стеклом и абсорбером – 25 мм. Критерий Грасгофа принять равным <math>50.73 \times 10^3</math>, а критерий Прандтля равным 0,697. Теплопроводность воздуха в пространстве между абсорбером и стеклом равна 0,0299 Вт/(мК). Коэффициент излучения абсорбера равен 0,1, а коэффициент излучения стекла – 0,88. Определить также плотность теплового потока, проходящего от абсорбера к стеклу, и термическое сопротивление на этом участке.</li><li>2. <b>Н2.</b> Для плоского солнечного коллектора с двойным остеклением определить поглощённое суммарное солнечное излучение за июль месяц. Коллектор</li></ol>

расположен на отметке  $44^\circ$  северной широты, где в расчётный период среднемесячный суточный приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную площадку равен  $28 \text{ МДж/м}^2$ , а среднемесячный индекс облачности –  $0.66$ . Коллектор ориентирован оптимально по азимуту и углу наклона к горизонту. Приведённая поглощательная способность системы покрытие—абсорбер по отношению к нормально падающему излучению –  $0.85$ .

**3.НЗ.** Определить плотность теплового потока, передаваемого от одного стекла к другому в плоском солнечном коллекторе с двумя стёклами, а также термическое сопротивление на этом участке. Температура наружного стекла равна  $298 \text{ К}$ , а температура внутреннего –  $324 \text{ К}$ . Коэффициент излучения стёкол равен  $0.88$ . Коллектор расположен на отметке  $35^\circ$  северной широты и ориентированного оптимально по углу наклона. Расстояние между стёклами –  $25 \text{ мм}$ .

**4.Н4.** Определить суммарное количество прямой солнечной радиации, поглощённое солнечным коллектором за отопительный период (с ноября по март). Коллектор установлен на отметке  $43^\circ$  северной широты, и ориентирован оптимально – и по азимутальному углу, и по наклону к горизонту. Приведённая поглощательная способность системы стекло—абсорбер при нормальном падении солнечных лучей –  $85\%$ . Стеклопанель коллектора имеет 1 слой. Средний коэффициент пересчёта прямой солнечной радиации и инсоляция на горизонтальной площадке за атмосферой и у поверхности земли для каждого из расчётных месяцев:

	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
	2.6	3.1	2.8	2.1	1.4
<b>Н<sub>0</sub>, МДж/м<sup>2</sup></b>	16.60	12.67	14.58	19.58	26.32
<b>Н, МДж/м<sup>2</sup></b>	7.88	5.00	4.46	7.02	11.99

**5.Е1.** В солнечном коллекторе с двумя стеклами температура наружного стекла равна  $298 \text{ К}$ , а температура внутреннего –  $324 \text{ К}$ . Коэффициент излучения стёкол равен  $0.88$ , коэффициент конвективной теплоотдачи от внутреннего стекла к наружному равен  $2,87 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ . Определить плотность теплового потока от внутреннего стекла к наружному, а также термическое сопротивление на этом участке.

**6.Е2.** В солнечном коллекторе с двумя стеклами температуры абсорбера и внутреннего стекла равны  $373 \text{ К}$  и  $324 \text{ К}$  соответственно. Коэффициент излучения стекла –  $0.88$ , абсорбера –  $0,1$ . Термическая проводимость конвекции между абсорбером и

	<p>внутренним стеклом – 3,44 Вт/(м<sup>2</sup>К). Найти плотность потока тепловых потерь, а также термическое сопротивление на участке между абсорбером и внутренним стеклом.</p> <p>7.Е3. В солнечном коллекторе с двумя стеклами температура наружного стекла равна 298 К, а температура небосвода – 283 К. Коэффициент конвективной теплоотдачи от наружного стекла к небосводу равен 10 Вт/(м<sup>2</sup>К). Определить плотность теплового потока, проходящего от абсорбера к внутреннему стеклу. Коэффициент излучения остекления коллектора равен 0.88.</p> <p>8.Е4. В вакуумированном модуле гелиосистемы типа <i>Parabolic Trough</i> теплоноситель с расходом 0.54 т/ч нагревается от температуры 215°С до 244°С. Его среднеинтегральная теплоёмкость теплоёмкость в этом диапазоне температур равна 2.268 кДж/кгК. Параболоцилиндрический концентратор фокусирует на модуле тепловой поток, от которого теплоприёмник поглощает 17 кВт и сам нагревается до 350°С. Определить температуру стеклянной оболочки модуля. Степень черноты оболочки и теплоприёмника – 0.87 и 0.9 соответственно. Диаметры стеклянной оболочки и теплоприёмника соотносятся как 3:2, а наружная поверхность теплоприёмника равна 1.5 м<sup>2</sup>.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обе задачи решены верно, на теоретический вопрос дан исчерпывающий ответ. Допускается случайная ошибка в цифрах, но последовательность решения для каждой задачи должна быть изложена подробно и точно.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Одна из задач решена верно, для второй задачи верно определено более половины промежуточных величин, либо изложена верная последовательность решения. На теоретический вопрос дан верный ответ. Либо: обе задачи решены верно, но на теоретический ответа не дано.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения знания:* Одна из задач решена верно, решение для второй задачи не предоставлено, на теоретический вопрос дан верный ответ. Либо для каждой задачи верно определено более половины промежуточных величин или изложена верная последовательность решения, на теоретический вопрос дан верный ответ. Либо одна из задач решена верно, для второй задачи верно определено более половины промежуточных величин, или изложена верная последовательность решения, но на теоретический вопрос ответ не дан.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия для получения оценки "3".

### КМ-3. Расчет системы солнечного теплоснабжения

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На 6-й неделе студенты получают индивидуальное задание для расчетной работы. Со студентами проводится консультационное занятие, задача которого - разъяснить особенности выполнения расчетного задания. Задание оформляется студентами в электронном виде, при этом могут быть использованы расчетные пакеты (Mathcad, Matlab и т.д.) Время защиты расчетной работы - 12-я учебная неделя. До этого времени студенты могут приносить на проверку промежуточные результаты расчетов и консультироваться с преподавателем по вопросам, возникающим в ходе выполнения работы. В процессе защиты студентам будет необходимо пояснить алгоритм расчета, смысл использованных формул и обозначений, а также подвести итог и сделать выводы по работе на основании полученных результатов.

#### Краткое содержание задания:

Для дома коттеджного типа с системой солнечного теплоснабжения (отопление, горячее водоснабжение) рассчитать долю тепловой нагрузки, которая может быть покрыта за счёт солнечной энергии при заданной площади солнечного коллектора.

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Выполнять расчеты, связанные с проектированием установок и систем на базе НВИЭ.

1. Верное выполнение расчетного задания свидетельствует об освоении умения.

Пример исходных данных для расчетного задания:

#### ВАРИАНТ 3

Для дома коттеджного типа с системой солнечного теплоснабжения (отопление, горячее водоснабжение) рассчитать долю тепловой нагрузки, которая может быть покрыта за счёт солнечной энергии, если площадь коллектора  $A$  равна:

а)  $10 \text{ м}^2$ ,

б)  $30 \text{ м}^2$ ,

в)  $60 \text{ м}^2$ .

Исходные данные:

1. Число жильцов: 5 человек

2. Широта расположения дома:  $\varphi = 43^\circ 34'$

3. Наклон коллекторов:  $S = \varphi + 15^\circ$

4. Азимутальный угол коллекторов:  $\psi = 0$

5. Характеристики коллектора:  $F_{r}(ta) = 0.64$ ,  $\tau = 4.4$

6. Расход антифриза через промежуточный теплообменник:  $m_{afmed} = 0.015$

7. Теплоёмкость антифриза:  $C_{raf} = 3350$

8. Расход воды через промежуточный теплообменник:  $m_{wmed} = 0.018$

9. Вместимость бака-аккумулятора:  $V = 140$

10. Эффективность теплообменника нагрузки:  $E_1 = 0.73$

11. Расход воды через теплообменник нагрузки:  $V_{wl} = 0.54$

12. Расход воздуха через теплообменник нагрузки:  $V_{al} = 530$

	13. Температура горячей воды: $T_h = 60^\circ\text{C}$ 14. Температура холодной воды: $T_c = 6^\circ\text{C}$ 15. Производство наружной поверхности дома на коэффициент потерь: $(UA)_1 = 500$ Климатические условия местности, в которой расположен дом, взять из актуальной климатологической базы данных (NASA).
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание выполнено верно и в срок. Студент может объяснить любую формулу или величину, фигурирующую в расчете.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент может объяснить любую формулу или величину, фигурирующую в расчете. Расчетное задание выполнено полностью, однако, в расчетах допущена ошибка, либо оптимальное значение площади коллектора определено неверно. Также оценка "4" - максимальная оценка, на которую может претендовать студент, если впервые сдает работу преподавателю после 12-й учебной недели.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание выполнено полностью. Допустимо наличие ошибки в расчетах, либо неверное определение оптимальной площади коллектора по графику. Студент может объяснить хотя бы 3 из 5 величин или формул, использованных в расчетах и выбранных преподавателем случайным образом. Также оценка "3" - единственная оценка, на которую может претендовать студент, если впервые сдает работу преподавателю на зачетной неделе.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:*

**КМ-4. Различные НВИЭ**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа занимает 2 академических часа. В начале занятия студенты получают задание, включающее 4 задачи и 4 теоретических вопроса. В процессе решения задач можно пользоваться конспектами лекций и любой справочной литературой, но нельзя пользоваться электронными устройствами. По окончании семинара работы сдаются на проверку.

**Краткое содержание задания:**

Решите задачи и дайте развернутые ответы на теоретические вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

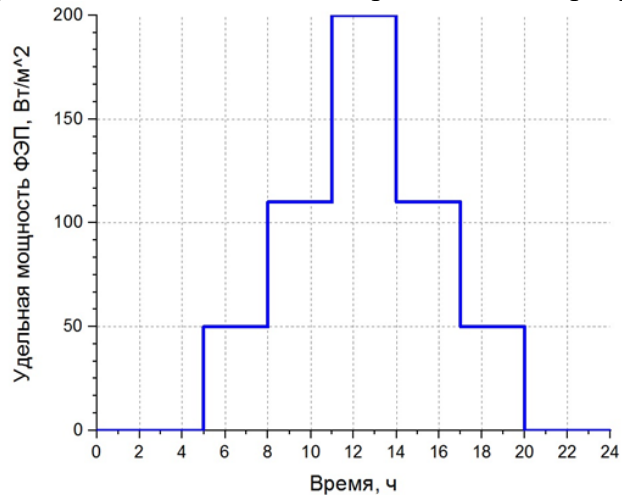
Знать: Теоретические основы использования энергии ветра, рек, приливов, геотермальной энергии, тепловой энергия океана.	1. Температурный градиент грунта и классификация гидротермальных районов. 2. Два принципа извлечения тепла в геотермальной энергетике. 3. Коэффициент торможения потока, коэффициент мощности и КПД ветроустановки. Предел эффективности ВЭУ. 4. Характеристики биомассы: технический анализ,
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Знать: Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в системах энергоснабжения на базе различных НВИЭ.</p>	<p>элементный состав, плотность.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вольтамперная характеристика ФЭП. Зависимость характеристик ФЭП от температуры.</li> <li>2. Параллельное и последовательное соединение ФЭП. Зависимость мощности ФЭП от интенсивности излучения.</li> <li>3. Основные характеристики аккумуляторов тепловой энергии. Классификация систем аккумулирования теплоты.</li> <li>4. Основные характеристики аккумуляторов электрической энергии. Классификация систем аккумулирования электроэнергии.</li> <li>5. Конструкция ВЭУ с горизонтальной осью вращения.</li> <li>6. Технологии использования биомассы. Состав газа, получаемого путем анаэробного сбраживания и путем газификации. Отличие процессов газификации и пиролиза.</li> <li>7. Принцип работы турбины Уэллса. Конструкция приливных электростанций. Конструкция волновых электростанций.</li> <li>8. Схема и принцип действия теплового насоса. Источники низкопотенциального тепла.</li> </ol>
<p>Уметь: Оценивать энергетический потенциал ветра, малых рек, приливов, тепловой энергии земли и океана по ключевым параметрам.</p>	<p><b>1. Задача 1</b>          Радиус ветроколеса ВЭУ <math>R=10</math> м. Скорость набегающего потока воздуха <math>u_0 = 10</math> м/с, а скорость потока воздуха за колесом <math>u_2 = 7.1</math> м/с. Плотность воздуха принять постоянной и равной <math>\rho_v = 1.22</math> кг/м<sup>3</sup>. КПД генератора принять равным <math>\eta_{г} = 0.9</math>.          Определите КПД и электрическую мощность ВЭУ в заданных условиях.</p> <p><b>2. Задача 2</b>          Расход фреона, циркулирующего в контуре теплового насоса составляет <math>G_f = 0.7</math> кг/с. Теплота кипения фреона, соответствующая среднему давлению в конденсаторе, составляет 233 КДж/кг. Расход воды в отопительном контуре составляет <math>G_v = 2</math> кг/с. Температура обратной воды, поступающей на вход конденсатора составляет 60 °С. КПД теплообменника составляет <math>\eta_{то} = 0.95</math>, а коэффициент преобразования энергии теплового насоса <math>j = 3.7</math>.          Какую мощность потребляет компрессор теплового насоса?          До какой температуры вода в отопительном контуре нагревается тепловым насосом?</p> <p><b>3. Задача 3</b>          Расчетная высота прилива Кислогубской ПЭС составляет 2.5 м. Длина залива «Кислая губа» = 2.5 км, а средняя ширина = 470 м. КПД гидротурбины составляет <math>\eta_{гт} = 0.85</math>. КПД генератора <math>\eta_{г} = 0.9</math>.          Берега залива из-за их крутизны можно считать вертикальными.</p>

Рассчитайте общее количество электроэнергии, вырабатываемое электростанцией во время отлива. Определите пропускную способность гидротурбины в номинальном режиме работы, если известно, что номинальная мощность электростанции составляет 1.7 МВт.

#### 4. Задача 4

Мощность, потребляемая системой уличного освещения, составляет  $N = 3.6$  кВт. Система работает с 19-00 вечера до 9-00 утра. Суточный график удельной мощности ФЭП представлен на рисунке.



Какова минимальная площадь ФЭП, необходимая для обеспечения работоспособности системы уличного освещения?

Какой должна быть емкость электрического аккумулятора, чтобы площадь ФЭП, необходимая для обеспечения работоспособности системы освещения была минимальной?

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Все задачи решены верно. Допускается случайная ошибка в цифрах, но последовательность решения для каждой задачи должна быть изложена подробно и точно. На все теоретические вопросы дан верный исчерпывающий ответ.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Как минимум три задачи решены верно. Допускается случайная ошибка в цифрах, но последовательность решения для каждой задачи из этих трех должна быть изложена подробно и точно. Как минимум на три теоретических вопроса дан верный и исчерпывающий ответ.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Как минимум две задачи решены верно. Допускается случайная ошибка в цифрах, но последовательность решения для каждой задачи



из этих двух должна быть изложена подробно и точно. Как минимум на два теоретических вопроса дан верный и исчерпывающий ответ.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия для получения оценки "3"*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Вопрос 2

Углы, с помощью которых задаётся положение Солнца на небесной сфере.

Вопрос 17

Методика определения доли диффузного излучения по отношению к суммарному.

Вопрос 44

Использование низкопотенциальной тепловой энергии. Схема и принцип работы теплового насоса.

### Процедура проведения

Студенты случайным образом получают по три вопроса из списка. Номера полученных вопросов записываются преподавателем, затем студенты получают 1 академический час на подготовку. Ответы на каждый вопрос оформляются в письменном виде, при необходимости ответ должен содержать формулы и графические материалы (например, схемы установок). В процессе подготовки студенты могут пользоваться конспектами лекций и любой печатной литературой, но не могут пользоваться электронными устройствами. Преподаватель оценивает уровень письменных ответов и задает уточняющие вопросы, чтобы убедиться, что студент хорошо понимает смысл материала, изложенного в ответах. Затем к каждому из вопросов задается дополнительный вопрос, связанный с ним тематически. Вопрос задается таким образом, чтобы на него можно было быстро дать ответ, в том числе - в устной форме. В ходе зачета преподаватель оценивает: 1) уровень письменных ответов на вопросы; 2) понимание студентом материалов, изложенных в письменных ответах; 3) ответы на дополнительные вопросы.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>опк-3</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач

### Вопросы, задания

- 1.1. Классификация НВИЭ. Их роль и перспективы в современном мире.
- 2.2. Углы, с помощью которых задаётся положение Солнца на небесной сфере.
- 3.3. Углы, с помощью которых задаётся положение тела на поверхности земли.
- 4.4. Углы, с помощью которых задаётся ориентация площадки в пространстве.
- 5.5. Угол падения солнечных лучей. На что он влияет?
- 6.6. Составляющие солнечного излучения, приходящего на произвольно ориентированную приёмную площадку.
- 7.7. Суммарный приход солнечной радиации.
- 8.8. Спектр излучения Солнца. Ослабление и рассеяние излучения в атмосфере Земли.
- 9.9. Солнечная постоянная и её вариации в течение года.

- 10.10. Пересчёт излучения, проходящего на площадку, которая ориентирована перпендикулярно солнечным лучам, для площадки, ориентированной горизонтально.
- 11.11. Пересчёт излучения, проходящего на площадку, которая ориентирована перпендикулярно солнечным лучам, для наклонной площадки.
- 12.12. Пересчёт излучения, проходящего на горизонтальную площадку, для наклонной площадки.
- 13.14. Поверхностное альbedo.
- 14.15. Коэффициент наклона (пересчёта) прямой солнечной радиации. Чем отличаются его мгновенное и осреднённое значения?
- 15.17. Методика определения доли диффузного излучения по отношению к суммарному.
- 16.23. Угловая зависимость пропускательной способности прозрачного покрытия.
- 17.24. Угловая зависимость поглотительной способности абсорбера.
- 18.26. Ослабление света при прохождении прозрачного слоя. Закон Бугера. Коэффициент экстинкции.
- 19.37. Биомасса как источник энергии. Экологичность и возобновляемость. Источники биомассы и ее компонентный состав. Основные недостатки биомассы как топлива.
- 20.38. Характеристики биомассы: плотность, теплоемкость, теплота сгорания.
- 21.39. Характеристики биомассы: технический и элементный анализ.
- 22.42. Геотермальная энергия. Температурный градиент земли. Основные принципы и схемы извлечения тепла.
- 23.45. Энергия океана. Особенности волновой энергетики и конструкции волновых электростанций.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое зенитный угол и угол падения солнечных лучей? В каком случае они равны?  
Верный ответ: Угол падения лучей – угол между направлением на Солнце и нормалью к площадке. Зенитный угол – угол между направлением на Солнце и направлением вертикально вверх. Для горизонтальной площадки они равны.
2. Закон Снеллиуса и закон Бугера для света.  
Верный ответ: Закон Снеллиуса:  $n_1 \cdot \sin(a) = n_2 \cdot \sin(b)$ , где  $n_1, n_2$  – показатели преломления сред 1 и 2,  $a$  и  $b$  – углы падения и преломления соответственно. Закон Бугера (закон ослабления):  $I' = I \cdot \exp(-k \Delta L)$ , где  $I$  – исходный луч света,  $I'$  – луч, прошедший сквозь прозрачную среду,  $k$  – коэффициент поглощения среды,  $\Delta L$  – длина пути, пройденного лучом в среде.
3. Элементный состав биомассы. Плотность биомассы.  
Верный ответ: Основные элементы биомассы в порядке убывания: С, О, Н, S, N. Плотность бывает насыпной, кажущейся и истинной.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

### Вопросы, задания

- 1.13. Спектральное распределение энергии излучения Солнца и солнечного коллектора. Селективные поверхности.
- 2.16. Тепловые нагрузки жилого дома: их виды и методика расчёта.
- 3.18. Плоские солнечные коллекторы. Выбор ориентации (наклона к горизонту и азимутального угла) солнечного коллектора.
- 4.19. Уравнение теплового баланса гелиоустановки. Методы снижения потерь в гелиоустановках.
- 5.20. Принципиальная схема жидкостной системы солнечного теплоснабжения.
- 6.21. Принципиальная схема вакуумного солнечного коллектора. Выбор ориентации (наклона к горизонту и азимутального угла) солнечного коллектора.

- 7.22. Факторы, влияющие на поглощение излучения абсорбером солнечного коллектора. Приведенный коэффициент поглощения системы абсорбер—покрытие.
- 8.27. Коэффициент потерь гелиоустановки. Схема термических сопротивлений. Электротехническая аналогия.
- 9.29. Концентраторы солнечной энергии. Применяемые в энергетике конструкции. Предельный коэффициент концентрации.
- 10.30. Принцип работы фотоэлектрических преобразователей и их основные характеристики.
- 11.31. Батареи фотоэлектрических модулей. Области применения фотоэлектрических преобразователей и особенности эксплуатации.
- 12.32. Принцип работы ветроэнергетических установок. Схема ВЭУ с горизонтальной осью вращения. Примеры конструкции ВЭУ с вертикальной осью вращения.
- 13.33. Воздействие воздушного потока на ветроустановку. Параметр геометрического заполнения. Рабочие параметры набегающего воздушного потока и шкала силы ветра.
- 14.35. Принцип работы гидроэлектростанций. Основное оборудование ГЭС. Малые ГЭС. Проблемы эксплуатации ГЭС.
- 15.36. Расчет мощности и выбор турбины для ГЭС.
- 16.40. Технологии использования биомассы. Пиролиз.
- 17.41. Технологии использования биомассы. Газификация.
- 18.43. Геотермальная энергия. Схемы производства электроэнергии. Прямой паровой цикл.
- 19.44. Использование низкопотенциальной тепловой энергии. Схема и принцип работы теплового насоса.
- 20.46. Энергия океана. Приливные электростанции. Требования к месту строительства и принципы работы.
- 21.47. Аккумуляция электроэнергии: требования к характеристикам аккумуляторов. Проблема аккумуляции энергии и преобразование электроэнергии в другие виды. Виды электроаккумуляторов и их характеристики.
- 22.48. Аккумуляция теплоты: требования к характеристикам аккумуляторов. Виды тепловых аккумуляторов, рабочие вещества и их характеристики. Примеры конструкций тепловых аккумуляторов.
- 23.49. Водород как топливо и как энергоноситель. Сжигание водорода в традиционных установках (котлы, ГТУ, ДВС).
- 24.50. Топливные элементы: виды и фундаментальные принципы работы. Водородное аккумуляция энергии.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Что такое градусосутки и какую величину с их помощью выражают?  
Верный ответ: Градусосутки – величина, определяемая как произведение, в котором первый множитель - разность температуры в помещении и среднесуточной температуры наружного воздуха, а второй – количество дней периода, для которых характерна эта температура. С их помощью выражают отопительную нагрузку.
2. Какие существуют способы извлечения геотермальной энергии?  
Верный ответ: Использование естественной гидротермальной циркуляции и охлаждение сухих пористых пород. В первом случае необходим подземный источник воды и пара, во втором случае вода закачивается в зону высоких температур с поверхности.
3. Что характеризует коэффициент преобразования энергии теплового насоса? Можно ли замкнуть цикл теплового насоса и почему?  
Верный ответ: Коэффициент преобразования показывает, сколько Дж тепловой энергии можно получить, потратив 1 Дж электроэнергии. Замкнуть цикл

невозможно, т.к. у производимого тепла значительно ниже общая экссергия, в полном соответствии с началами термодинамики.

4. Принцип действия турбины Уэллса.

Верный ответ: Симметричная поверхность лопаток заставляет ротор турбины вращаться в одном направлении, куда бы через нее не текла вода или воздух.

5. Преимущества и недостатки водорода как энергоносителя.

Верный ответ: Преимущества: может производиться установками на базе ВИЭ, высокая теплотворная способность по массе, экологически чистое горение, газ. Недостатки: низкая теплотворная способность по объему, опасность детонации в установках на ДВС, эффект водородного охрупчивания.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

**Вопросы, задания**

- 1.25. F-метод. Годовой и месячный коэффициенты замещения, безразмерные комплексы f-метода (X и Y). Оптимальная площадь коллектора.
- 2.28. Влияние режимных параметров на тепловые потери гелиоустановок.
- 3.34. Расчет мощности ВЭУ и предельный коэффициент мощности. Связь мощности ВЭУ, коэффициента мощности и КПД.
- 4.51. Понятия централизованной, распределенной и автономной энергетики. Понятие гибридного энергетического комплекса. Критерии эффективности энергетических комплексов (энергетические, экономические, экологические).
- 5.52. Проблемы безопасности, экологичности и эффективности НВИЭ.
- 6.53. Принципы оптимизации состава оборудования и режимов работы энергетических комплексов на базе ВИЭ, а также гибридных энергетических комплексов.
- 7.54. Концепция умной энергосети. Концепция виртуальной электростанции.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Как увеличение наклона площадки влияет на распределение приходящего на нее излучения в течение года?

Верный ответ: Чем больше наклон, тем меньше излучения площадка поглощает в теплое время года и тем больше излучения она поглощает зимой.

2. Что называют оптимальной ориентацией гелиоустановки по азимуту и по углу наклона?

Верный ответ: Оптимальная ориентация по азимуту – 0 градусов. Оптимальная ориентация по наклону – наклон равен широте  $\pm 15^\circ$ .

3. Что выражает коэффициент замещения в системах, использующих ВИЭ?

Верный ответ: Коэффициент замещения показывает отношение энергии, выработанной системами ВИЭ, к суммарной энергетической нагрузке за рассматриваемый период.

4. Предельный коэффициент мощности ВЭУ. Связь КПД и коэффициента мощности ВЭУ.

Верный ответ: Коэффициент мощности показывает долю потока воздуха, которую ветряк преобразует в энергию. Максимальный коэффициент мощности ВЭУ составляет 0,59. КПД ВЭУ определяется как степень приближения к идеальному коэффициенту мощности:  $\eta = a/0.59$ , где  $\eta$  – КПД, а – коэффициент мощности.

**II. Описание шкалы оценивания**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Письменные ответы раскрывают содержание вопросов, студент смог прокомментировать весь написанный им материал и ответил на дополнительные вопросы по всем трем темам.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Письменные ответы раскрывают содержание вопросов, студент смог прокомментировать весь написанный им материал и ответил на дополнительные вопросы хотя бы по двум темам.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 30

*Описание характеристики выполнения знания:* Письменные ответы частично раскрывают содержание вопросов, студент смог ответить на дополнительные вопросы хотя бы по одной из тем.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Письменные ответы не раскрывают содержания вопросов, а студент не смог ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.