

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Теплотехнологические комплексы и безотходные системы**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петин С.Н.
	Идентификатор	R6f0dee6c-PetinSN-eb3bc6a8

(подпись)

С.Н. Петин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Писарев Д.С.
	Идентификатор	Radb74374-PisarevDS-0915d1cb

(подпись)

Д.С. Писарев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

## 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. ПК-3 Способен к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Схемы энергоснабжения теплотехнологических комплексов и учет энергозатрат на реализацию энергоносителей (Тестирование)
2. Энергоемкость технологической продукции (Проверочная работа)
3. Энергоснабжение теплотехнологических комплексов (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчетное задание с разработкой безотходных систем промышленных предприятий (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	5	10	15	16
Энергоснабжение теплотехнологических комплексов					
Схемы теплотехнологических комплексов	+				
Обобщенная схема энергоснабжения теплотехнологического комплекса	+				
Энергоемкость технологической продукции					
Методика расчета общей энергоемкости технологической продукции на примере топливных технологических чисел			+		

Энергоемкость технологической продукции		+		
Схемы энергоснабжения теплотехнологических комплексов и учет энергозатрат на реализацию энергоносителей				
Схемы теплоснабжения и пароснабжения ТТК			+	
Схемы электроснабжения ТТК			+	
Безотходные системы промышленных предприятий				
Безотходность коксового производства				+
Газгольдерная схема утилизации теплоты отходящих конвертерных газов				+
Вес КМ:	20	20	20	40

\$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
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: показатели оценки энергозатрат на производство продукции в теплотехнологических комплексах Уметь: производить расчеты по определению нормативных расходов энергетических ресурсов на производство теплотехнологической продукции	Энергоснабжение теплотехнологических комплексов (Тестирование) Энергоемкость технологической продукции (Проверочная работа)
ПК-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: направления повышения эффективности энергоиспользования в энергоемких отраслях промышленного производства Уметь: производить расчеты по определению энергосберегающих эффектов энерго- и	Схемы энергоснабжения теплотехнологических комплексов и учет энергозатрат на реализацию энергоносителей (Тестирование) Расчетное задание с разработкой безотходных систем промышленных предприятий (Расчетно-графическая работа)

		ресурсосберегающих эффектов рекомендуемых энерго- и ресурсосберегающих мероприятий	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Энергоснабжение теплотехнологических комплексов

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 30 минут. Количество попыток не более 2х. Тестирование проводится с использованием СДО "Прометей" или "Moodle". К тестированию допускается пользователь, изучивший материалы, авторизированный уникальным логином и паролем.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить условие задания

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: показатели оценки энергозатрат на производство продукции в теплотехнологических комплексах</p>	<p>1.Из представленных определений выбрать определение теплотехнологического процесса: 1.элемент теплотехнологии, включающий в себя совокупность процессов (теплофизических, химических, механических и др.), обеспечивающих конкретное воздействие на сырье, материалы, полуфабрикаты на отдельных этапах производственного цикла 2.одно- или многокамерное устройство, в котором осуществляются все стадии данного теплотехнологического процесса. Например, металлургический конвертер, рабочее пространство доменной печи, методической печи и т.д. 3.теплотехнологического реактора и эксплуатационно связанного с ним технологического, 3.теплотехнологического, энергетического, транспортного и др. оборудования, в котором непосредственно обеспечивается реализация данного теплотехнологического процесса и работа в едином технологическом ритме Ответ: 1 2.Выберите определение теплотехнологического реактора 1.элемент теплотехнологии, включающий в себя совокупность процессов (теплофизических, химических, механических и др.), обеспечивающих конкретное воздействие на сырье, материалы, полуфабрикаты на отдельных этапах производственного цикла 2.одно- или многокамерное устройство, в котором осуществляются все стадии данного теплотехнологического процесса. Например, металлургический конвертер, рабочее пространство</p>
--	--

	<p>доменной печи, методической печи и т.д.</p> <p>3.совокупность теплотехнологического реактора и эксплуатационно связанного с ним технологического, теплотехнологического, энергетического, транспортного и др. оборудования, в котором непосредственно обеспечивается реализация данного теплотехнологического процесса и работа в едином технологическом ритме</p> <p>Ответ: 2</p> <p>3.Выберите определение промышленных отходов:</p> <p>1.твёрдые, жидкие и газообразные отходы производства, полученные в результате химических, термических, механических и других преобразований материалов природного и антропогенного происхождения</p> <p>2.часть отходов, которая может быть использована в том же производстве, где образовались отходы, сюда входят остатки сырья и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства товаров (выполнения работ, оказания услуг). Из-за частичной утраты некоторых потребительских свойств возвратные отходы могут использоваться в условиях со сниженными требованиями к продукту, или с повышенным расходом, иногда они не используются по прямому назначению, а лишь в подсобном производстве</p> <p>3.отходы, которые в рамках данного производства не могут быть использованы, но могут применяться в других производствах</p> <p>Ответ: 1</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-2. Энергоемкость технологической продукции**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20



**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 30 минут. Количество попыток не более 2х. Тестирование проводится с использованием СДО "Прометей" или "Moodle". К тестированию допускается пользователь, изучивший материалы, авторизованный уникальным логином и паролем.

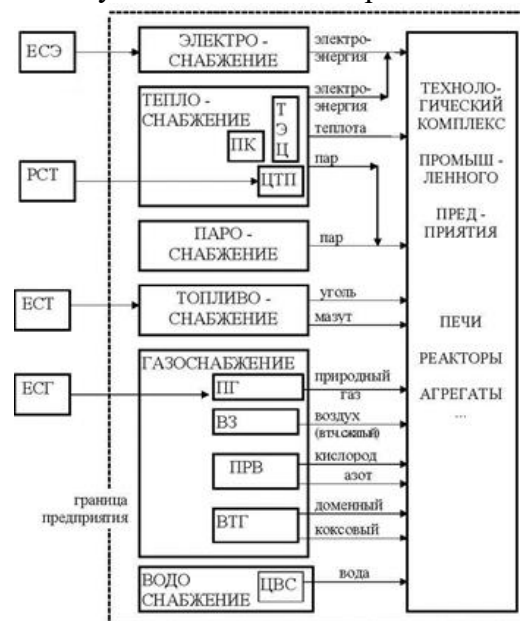
**Краткое содержание задания:**

Ориентировано на проверку умений по данному разделу

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: производить расчеты по определению нормативных расходов энергетических ресурсов на производство теплотехнологической продукции

1. Из представленной схемы электроснабжения теплотехнологического комплекса указать область центрального теплового пункта (необходимо щелкнуть мышкой на выбранное место)



2. Упорядочить процессы в промышленном теплотехнологическом комплексе производства меди
  - Добыча руды
  - Обогащение
  - Шихтоподготовка
  - Сушка
  - Плавка на штейн
  - Конвертирование штейна
  - Огневое рафинирование
  - Электролитическое рафинирование
  - Плавка катодов
3. Дать оценку ТТЧ для кислорода на металлургических предприятиях

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-3. Схемы энергоснабжения теплотехнологических комплексов и учет энергозатрат на реализацию энергоносителей

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 30 минут. Количество попыток не более 2х. Тестирование проводится с использованием СДО "Прометей" или "Moodle". К тестированию допускается пользователь, изучивший материалы, авторизированный уникальным логином и паролем.

#### Краткое содержание задания:

Дать ответы на поставленные в тесте вопросы

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: направления повышения эффективности энергоиспользования в энергоемких отраслях промышленного производства

1. Для принципиальной схемы промышленно-отопительной паровой котельной указать соответствие между номерами позиций схемы и их названиями

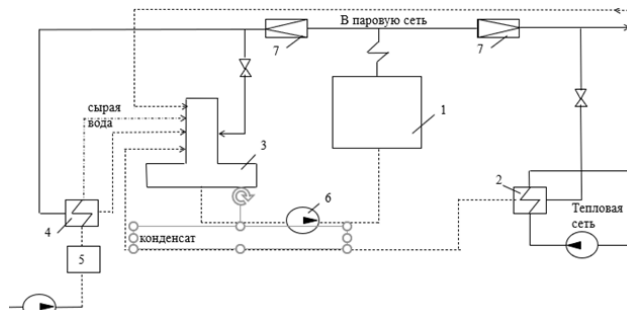


Figure 1 1 – паровой котел; 2 – сетевой подогреватель; 3 – деаэрактор; 4 – подогреватель химочищенной воды; 5 – блок химводоочистки; 6 – питательный насос; 7 – РОУ

2. Упорядочить в порядке возрастания доли потерь на собственные нужды для котельной, работающей на жидком топливе

Растопка

Технологические нужды

Обдувка

Отопление и хозяйственные нужды котельной

Паровой распыл мазута

3. Выбрать безотходную схему производства кокса

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-4. Расчетное задание с разработкой безотходных систем промышленных предприятий**

**Формы реализации:** Письменная работа

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением расчетного задания в соответствии с выданным вариантом с последующими ответами на вопросы преподавателя в рамках представленной темы, работа может быть сдана как очно так из через системы СДО Прометей или Moodle

**Краткое содержание задания:**

Выполнить расчеты

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: производить расчеты по определению энергосберегающих эффектов энерго- и ресурсосберегающих эффектов рекомендуемых энерго- и ресурсосберегающих мероприятий</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Сформировать «перспективную» схему (схема 3) промышленного теплотехнологического комплекса производства холоднокатаного железного листа на базе схем</li><li>2.Провести анализ отходов производства, приведенных к 1 т. получаемого холоднокатаного листа в рассматриваемых схемах, дать оценку по количеству производимых отходов по сравнению с получаемой продукцией</li><li>3.Представить вариант снижения отходов при производстве конвертерной стали при утилизации конвертерных газов, оценить снижение энергоемкости</li><li>4.Определить энергоемкость холоднокатанного железного листа, производимого промышленным теплотехнологическим комплексом при использовании мартеновского способа производства стали</li><li>5.Определить энергоемкость холоднокатанного железного листа, производимого промышленным теплотехнологическим комплексом при использовании конвертерного способа производства стали</li></ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Дать определение теплотехнологического комплекса, привести примеры теплотехнологических комплексов в виде обобщенных схем.
2. Перспективные способы переработки конвертерных газов сталеплавильного производства.
3. Задача:  
Определить энергоемкость продукта производимого в ТТК на производство, которого используется сырье в количестве 1,05 т/т продукта с энергоемкостью 1200 кг у.т./т, электроэнергия в количестве 25 кВт\*ч/т. с энергоемкостью 0,360 кг у.т./кВт\*ч, тепловая энергия в количестве 2,5 Гкал/т с энергоемкостью 190 кг у.т./Гкал, природный газ в количестве 50 куб.м./т. с энергоемкостью 1,45 кг у.т./куб.м. Выход вторичных ресурсов в виде производимой тепловой энергии составляет 1 Гкал/т. Отдельно определить скрытую энергию, израсходованную на производство рассматриваемого продукта.

### Процедура проведения

Экзамен может проводиться в письменной форме на основании полученного билета. На подготовку перед ответом устанавливается время - 30 минут. Обобщенный тест в СДО Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по вопросам из полного курса дисциплины. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается 30 минут. Количество попыток не более 2х. Тестирование проводится с использованием СДО "Прометей" или "Moodle".

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-3 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

1. Представить схему расчета затрат энергии для произведенных энергоносителей, привести формулу суммарного расхода затраченной энергии
2. Представить значения энергоемкостей различных энергоносителей на примере энергозатрат на производство электроэнергии и сжатого воздуха
3. Представить значения энергоемкостей различных энергоносителей на примере энергозатрат на производство тепловой энергии и кислорода
4. Представить структуру технологического топливного числа, представить общую формулу для расчета ТТЧ
5. Дать определение и представить формулу для расчета энергии произведенных энергоносителей на основании значений технологических топливных чисел. Дать оценку составляющих значений произведенных энергоносителей

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что целесообразно закладывать в основу денежной единицы с целью избежание инфляции

Ответы:

Золото  
Драгоценные металлы  
Единую валюта

Верный ответ: Техногенную энергию

2. Выбрать значения ТТЧ для компрессорного воздуха на металлургических предприятиях?

Ответы:

37 – 49 кг у.т./1000 куб.м  
212 – 288 кг у.т./1000 куб.м  
114 – 152 кг у.т./1000 куб.м

Верный ответ: 212 – 288 кг у.т./1000 куб.м+

3. Упорядочить энергоносители в порядке убывания EROEI

Ответы:

Водород  
Гидроэнергия  
Нефть и газ  
Ядерная энергия  
Уголь  
Ветровая энергия  
Сланцевая нефть

Верный ответ: Гидроэнергия Ядерная энергия Уголь Нефть и газ Ветровая энергия  
Сланцевая нефть Водород

4. Упорядочить в порядке возрастания доли потерь на собственные нужды для газовой котельной для производства пара до 10 т/ч

Ответы:

Отопление и хозяйственные нужды котельной  
Растопка  
Технологические нужды  
Деаэрация  
Продувка паровых котлов

Верный ответ: Растопка Деаэрация Продувка паровых котлов Технологические нужды Отопление и хозяйственные нужды котельной

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

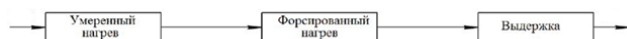
### Вопросы, задания

1. Дать определение технологического топливного числа (ТТЧ), представить общую формулу для расчета ТТЧ
2. Дать определение и представить формулу для расчета первичной энергии на основании значений технологических топливных чисел. Дать оценку составляющих первичной энергии
3. Дать определение и представить формулу для расчета энергии вторичных ресурсов на основании значений технологических топливных чисел. Дать оценку составляющих энергии вторичных ресурсов

4. Представить ступенчатые схемы газоснабжения природным газом теплотехнологического комплекса на примере металлургического предприятия

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Укажите место выхода теплотехнологического продукта на представленной теплотехнологической схеме



Ответы:

На рисунке необходимо указать место

Верный ответ: Область указывается на стрелки после элемента на рисунке "Выдержка"

2. Упорядочить процессы в промышленном теплотехнологическом комплексе производства меди

Ответы:

Плавка катодов

Добыча руды

Плавка на штейн

Обогащение

Шихтоподготовка

Сушка

Конвертирование штейна

Огневое рафинирование

Электролитическое рафинирование

Верный ответ: Добыча руды Обогащение Шихтоподготовка Сушка Плавка на штейн Конвертирование штейна Огневое рафинирование Электролитическое рафинирование Плавка катодов

3. Дать правильное утверждение по определению технологического топливного числа (ТТЧ)

Ответы:

Технологическое топливное число (ТТЧ) – это затраты всех видов энергии в данном и во всех предшествующих переделах технологического процесса, пересчитанных на необходимое для их получения топливо (в кг условного топлива, кг у.т. на единицу продукции) за вычетом тепловых, топливных, материальных и других вторичных ресурсов +

Технологическое топливное число (ТТЧ) отражает объективные энергетические затраты технологического процесса, является показателем полной энергоёмкости готовой продукции +

Технологическое топливное число складывается из расходов технологических материалов и топлива на технологию производства продукции

Верный ответ: Технологическое топливное число (ТТЧ) – это затраты всех видов энергии в данном и во всех предшествующих переделах технологического процесса, пересчитанных на необходимое для их получения топливо (в кг условного топлива, кг у.т. на единицу продукции) за вычетом тепловых, топливных, материальных и других вторичных ресурсов

4. Какие произведенные энергоносители используются в теплотехнологических комплексах?

Ответы:

реди представленных энергоносителей выбрать произведённые энергоносители

- органическое топливо (твердое, жидкое, газообразное)
  - ядерное топливо
  - гидроэнергия
  - энергия солнца
  - энергия ветра
  - геотермальная энергия
  - энергия морей и океанов
  - биотопливо
  - вторичные энергоносители
  - продукты нефтепереработки (бензин, дизель, мазут, керосин и др.)
  - горючие газы (сжиженный углеводородный газ, ацетилен, синтез-газ, водород и др.)
  - электрическая энергия
  - сжатый воздух и продукты разделения воздуха
  - продукты разделения воздуха
- Верный ответ: - продукты нефтепереработки (бензин, дизель, мазут, керосин и др.) - горючие газы (сжиженный углеводородный газ, ацетилен, синтез-газ, водород и др.) - электрическая энергия - сжатый воздух и продукты разделения воздуха - продукты разделения воздуха

5. Какие энергоносители являются возобновляемыми?

Ответы:

- органическое топливо (твердое, жидкое, газообразное)
  - ядерное топливо
  - гидроэнергия
  - энергия солнца
  - энергия ветра
  - геотермальная энергия
  - энергия морей и океанов
  - биотопливо
  - вторичные энергоносители
  - продукты нефтепереработки (бензин, дизель, мазут, керосин и др.)
  - горючие газы (сжиженный углеводородный газ, ацетилен, синтез-газ, водород и др.)
  - электрическая энергия
  - сжатый воздух и продукты разделения воздуха
  - продукты разделения воздуха
- Верный ответ: -гидроэнергия - энергия солнца - энергия ветра -геотермальная энергия - энергия морей и океанов - биотопливо - вторичные энергоносители

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Нижний порог выполнения задания в процентах*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.*



### *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 экзаменационной составляющих.