

**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: Теплотехника и малая распределенная энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Возобновляемые углеводородные ресурсы и их использование в системах
распределенной энергетики**

**Москва
2021**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванин О.А.
	Идентификатор	R6e54da84-IvaninOA-00de8b4f

(подпись)

О.А. Иванин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

(подпись)

Ю.В.
Шацких

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(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-2 Способность участвовать в принятии технологических и проектных решений при проектировании объектов профессиональной деятельности

ИД-5 Знает современные технологии использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Экспериментальные исследования свойств биомассы (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Свойства биомассы (Контрольная работа)

2. Энергетическая эффективность в распределенной энергетике (Проверочная работа)

3. Энергетические установки, использующие биотопливо (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Распределенная энергетика					
Распределенная энергетика					+
Свойства биомассы и методы ее переработки в энергетических целях					
Биомасса как энергоресурс		+		+	
Свойства биомассы		+	+	+	
Методы конверсии биомассы		+		+	
Энергетические установки, использующие биотопливо					
Типы установок, работающих на биотопливе			+		
Газопоршневые технологии в распределенной энергетике			+		

Газотурбинные технологии в распределенной энергетике		+		
Энергетическая эффективность в распределенной энергетике				
Оптимизация состава оборудования и режимов работы энергетических комплексов				+
Оптимизация передачи электроэнергии				+
Моделирование энергетических нагрузок				+
Вес КМ:	25	20	20	35

\$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-2	ИД-5 _{ПК-2} Знает современные технологии использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов	Знать: классификацию источников энергии, роль и место распределенной энергетики в мировом энергетическом балансе (ПК-2.1) существующие проблемы и решения в области использования ВУР в распределенной энергетике (ПК-2.1) конструкции и характеристики установок на базе ВУР, технологические схемы, показатели эффективности, методы их расчета и анализа (ПК-2.1) основные физико-химические процессы, происходящие в устройствах по получению биотоплива (ПК-2.1) Уметь:	Свойства биомассы (Контрольная работа) Энергетические установки, использующие биотопливо (Контрольная работа) Экспериментальные исследования свойств биомассы (Расчетно-графическая работа) Энергетическая эффективность в распределенной энергетике (Проверочная работа)

		определять энергетический потенциал и другие теплотехнические характеристики ВУР (ПК-2.2) выполнять расчеты, связанные с проектированием устройств, использующих ВУР	
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Свойства биомассы

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают один из двух вариантов задания для контрольной работы. Задание включает 4 задачи и 4 теоретических вопроса. Решения задач и ответы на вопросы оформляются письменно и сдаются преподавателю по мере готовности. На решение контрольной работы отводится два академических часа. В процессе написания работы разрешается пользоваться конспектами лекций, но запрещается использование любых электронных устройств. Распечатанная тройная диаграмма выдается студентам отдельно. Точки, которые необходимо отметить в задаче 4, отмечаются на выданном бланке, который подписывается и сдается вместе с решениями остальных задач.

Краткое содержание задания:

Решите задачи в письменном виде.

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные физико-химические процессы, происходящие в устройствах по получению биотоплива (ПК-2.1)</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Какие существуют виды плотности для биомассы и в чем их отличие?2. Какие существуют способы представления характеристик биомассы и чем они отличаются?3. Какие характеристики биомассы определяются в результате технического анализа? Дайте определение содержания летучих соединений и связанного углерода.4. Какие характеристики биомассы определяются в результате элементного анализа? Какой элемент определяется по остаточному принципу и как его содержание влияет на теплоту сгорания топлива?5. Как определяется теплота сгорания топлива? В чем отличие высшей теплоты сгорания от низшей?6. Откуда в продуктах сгорания топлива появляются пары воды? Почему использование теплоты конденсации паров воды – труднореализуемая техническая задача?7. Дайте определение золы и приведите примеры соединений, которые могут входить в ее состав. Какую роль играет температура плавления золы?8. Перечислите основные органические вещества в составе биомассы. Укажите, для каких веществ реакция распада является экзотермической, а для каких – эндотермической. Укажите, какое вещество обладает самой низкой температурой термического разложения, а какое – самой высокой.9. Перечислите достоинства и недостатки биомассы как топлива.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>10.Перечислите термохимические технологии переработки биомассы с указанием продуктов.</p> <p>11.Перечислите биохимические технологии переработки биомассы с указанием продуктов.</p> <p>12.Что такое пиролиз? Перечислите виды пиролиза с указанием характерного времени, температуры процесса, а также основных продуктов.</p> <p>13.Что такое газификация? Объясните разницу между прямым и обращенным процессом газификации.</p> <p>14.Что такое торрефикация? Каковы достоинства торрефицированного биотоплива?</p> <p>15.Нарисуйте схему процесса двухстадийной пиролитической конверсии. На какой стадии процесса протекают реакции Будуара и парогазовой конверсии? Запишите формулы этих реакций.</p> <p>16.Для биогаза и синтез-газа укажите примерный состав, основные методы производства и примерную теплоту сгорания.</p>
<p>Уметь: определять энергетический потенциал и другие теплотехнические характеристики ВУР (ПК-2.2)</p>	<p>1.Задание 1 (плотность) Вагон для транспортировки сыпучих грузов имеет рабочий объем 70 м³. В него удалось загрузить ровно 45 тонн древесных пеллет. Пористость пеллет составляет 0.25, кажущаяся плотность составляет 1071 кг/м³. Определите насыпную, истинную плотность пеллет, а также пористость слоя при засыпке.</p> <p>2.Задание 1 (плотность) Истинная плотность древесины, из которой изготовлены пеллеты составляет 1400 кг/м³. Пористость пеллет составляет 27%, а пористость насыпного слоя 48%. Определите насыпную плотность пеллет и массу груза, который можно перевезти в контейнере объемом 80 м³.</p> <p>3.Задание 2 (теплота сгорания) Газовая смесь состоит на 80% из метана и на 20% - из этана (C₂H₆). Соотношение указано в молярных долях. Воспользовавшись формулой Менделеева, найдите высшую теплоту сгорания газа (кДж/кг). Учитывая, что при сжигании килограмма такого синтез-газа образуется 2.11 кг водяного пара, определите низшую теплоту сгорания газа.</p> <p>4.Задание 2 (теплота сгорания) Газовая смесь состоит на 80% из метана и на 10% - из этана (C₂H₆). Соотношение указано в молярных долях. Воспользовавшись формулой Менделеева, найдите высшую теплоту сгорания газа (кДж/кг). Учитывая, что при сжигании килограмма такого синтез-газа образуется 2.1 кг водяного пара, определите низшую теплоту сгорания газа.</p> <p>5.Задание 3 (технический анализ и представление характеристик) Влажность соломенных пеллет составляет 7%.</p>

Содержание углерода на рабочее состояние составляет 41.28%, а на сухое беззольное --- 48%.
Какова зольность пеллет?

6.Задание 3 (технический анализ и представление характеристик)

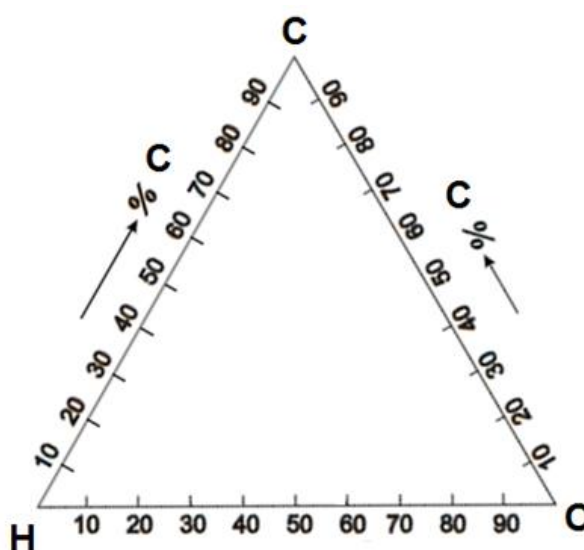
Зольность пеллет из ППМ составляет 13.8%.

Содержание углерода на рабочее состояние составляет 33.7%, а на сухое беззольное --- 48%.

Какова зольность пеллет? Определите влажность топлива.

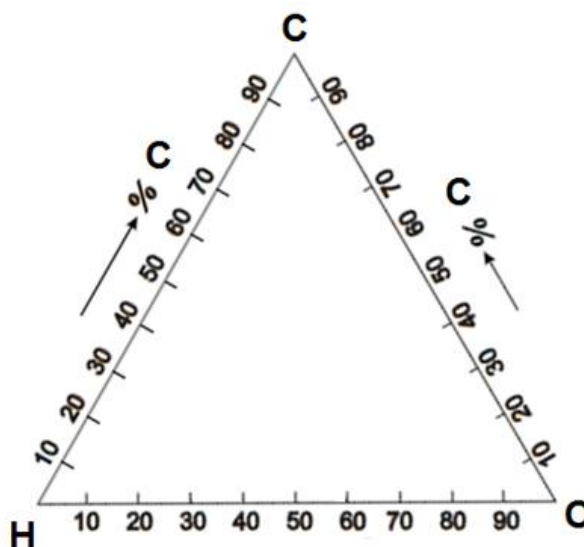
7.Задание 4 (тройная диаграмма)

Отметьте на тройной диаграмме точки, соответствующие: 1) чистому углероду; 2) монооксиду углерода; 3) синтез-газу с молекулярным соотношением $CO:H_2 = 1:2$.



8.Задание 4 (тройная диаграмма)

Отметьте на тройной диаграмме точки, соответствующие: 1) чистому углероду; 2) этану; 3) синтез-газу с молекулярным соотношением $CO:H_2 = 1:3$.



Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Все четыре задачи решены верно.
Допускается ошибка в ответе на 1 теоретический вопрос.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Не менее трех задач решены верно.
Допускается ошибка в ответе на 1 теоретический вопрос, если верно решены три задачи, и ошибки в ответе на 2 вопроса, если все задачи решены верно.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Не менее 2 задач решены верно. Допускается ошибка в ответе на 2 теоретических вопроса, если верно решены 3 задачи, и отсутствие верных ответов на теоретические вопросы, если все задачи решены верно.

КМ-2. Энергетические установки, использующие биотопливо

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант задания для контрольной работы. Задание включает 3 задачи и 4 теоретических вопроса. Решения задач и ответы на вопросы оформляются письменно и сдаются преподавателю по мере готовности. На решение контрольной работы отводится 2 академических часа. В процессе написания работы разрешается пользоваться конспектами лекций.

Краткое содержание задания:

Решите задачи в письменном виде.

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: конструкции и характеристики установок на базе ВУР, технологические схемы, показатели эффективности, методы их расчета и анализа (ПК-2.1)</p>	<ol style="list-style-type: none">1.Перечислите типы двигателей внутреннего и внешнего сгорания, применяемые в энергетических установках. Двигатели какой группы менее требовательны к качеству топлива и почему?2.Нарисуйте схему одноцилиндровой газотурбинной установки и кратко опишите принцип ее работы.3.Изобразите цикл Брайтона (подвод теплоты при постоянном давлении) в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла.4.Изобразите цикл Гемфри (подвод теплоты при постоянном объеме) в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла.5.Изобразите цикл ГТУ с регенерацией тепла в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла.6.Нарисуйте схему парогазовой энергетической установки.7.Перечислите достоинства и недостатки газотурбинных агрегатов.8.Опишите принцип работы четырехтактного двигателя.9.Перечислите достоинства и недостатки
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>газопоршневых агрегатов.</p> <p>10.Перечислите возможные нарушения процессов сгорания топлива. Что называют детонационным сгоранием?</p> <p>11.Изобразите цикл Дизеля (подвод теплоты при постоянном давлении) в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла.</p> <p>12.Изобразите цикл Отто (подвод теплоты при постоянном объеме) в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла.</p> <p>13.Термический КПД идеального цикла газопоршневого двигателя. Степень сжатия. Индикаторный КПД двигателя.</p> <p>14.Требования к газомоторному топливу. Октановое число.</p> <p>15.Для природного газа, биогаза, синтез-газа и чистого водорода перечислите удельную теплоту сгорания, стехиометрическое соотношение и удельную теплоту сгорания смеси газ-воздух.</p> <p>16.Перечислите проблемы использования водорода в качестве топлива и подходы к их решению.</p>
<p>Уметь: выполнять расчеты, связанные с проектированием устройств, использующих ВУР</p>	<p>1.Задание 1 (КПД газопоршневой электростанции) Технические характеристики двигателя V51/60G: Номинальная электрическая мощность установки: 1000 кВт. Диаметр поршня = 510 мм, рабочий ход поршня = 600 мм, степень сжатия $\epsilon = 14$. Определите объем камеры сгорания, а также термический КПД идеального цикла Отто η_t для данного двигателя. Показатель адиабаты принять равным 1,36. КПД генератора $\eta_{эмг} = 97.7\%$; механический КПД двигателя $\eta_m = 90\%$; эффективность тепловой изоляции двигателя $\eta_{см} = 98\%$; степень приближения реального цикла установки к идеальному циклу Отто $\eta_{тн.дейст.}$ составляет 88%. Определите расход природного газа с теплотой сгорания 34 МДж/м³ при работе установки в номинальном режиме.</p> <p>2.Задание 1 (КПД газопоршневой электростанции) Технические характеристики двигателя Mitsubishi GS16R2-MPTK: Номинальная электрическая мощность установки: 1500 кВт. Диаметр поршня = 170 мм, рабочий ход поршня = 220 мм, степень сжатия = 18. Определите объем камеры сгорания, а также термический КПД идеального цикла Отто для данного двигателя. Показатель адиабаты принять равным 1,36. КПД генератора $\eta_{эмг} = 96\%$; механический КПД двигателя $\eta_m = 85\%$; эффективность тепловой изоляции двигателя $\eta_{см} = 98\%$; степень приближения реального цикла установки к идеальному циклу Отто составляет 83%. Определите расход природного газа с теплотой сгорания 34 МДж/м³ при работе</p>

установки в номинальном режиме.

3.Задание 1 (КПД газопоршневой электростанции)

Технические характеристики двигателя Mitsubishi GS6R2-MPTK:

Номинальная электрическая мощность установки: 400 кВт. Диаметр поршня = 170 мм, рабочий ход поршня = 220 мм, степень сжатия = 17. Определите

объем камеры сгорания, а также **термический КПД** идеального цикла Отто для данного двигателя.

Показатель адиабаты принять равным 1,36.

КПД генератора $\eta_{\text{эмг}} = 95\%$; механический КПД двигателя $\eta_{\text{м}} = 88\%$; эффективность тепловой изоляции двигателя $\eta_{\text{см}} = 96\%$; степень приближения реального цикла установки к идеальному циклу Отто составляет 81%. Определите **расход природного газа** с теплотой сгорания 34 МДж/м³ при работе установки в номинальном режиме.

4.Задание 2 (Объем топливной смеси)

Газопоршневая электростанция с электрическим КПД 35% имеет номинальную электрическую мощность 500 кВт. В качестве топлива используется биогаз с теплотой сгорания 19.7 МДж/м³ и стехиометрическим соотношением $L_v = 5.2$ м³/м³.

Зная, что установка работает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1.1$, определите объем топливной смеси в нормальных м³, потребляемый установкой за 1 с.

5.Задание 2 (Объем топливной смеси)

Газопоршневая электростанция с электрическим КПД 31% имеет номинальную электрическую мощность 300 кВт. В качестве топлива используется генераторный газ с теплотой сгорания 5.7 МДж/м³ и стехиометрическим соотношением $L_v = 1.24$ м³/м³.

Зная, что установка работает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1.15$, определите объем топливной смеси в нормальных м³, потребляемый установкой за 1 с.

6.Задание 2 (Объем топливной смеси)

Газопоршневая электростанция с электрическим КПД 37% имеет номинальную электрическую мощность 900 кВт. В качестве топлива используется синтез-газ с теплотой сгорания 11.2 МДж/м³ и стехиометрическим соотношением $L_v = 2.38$ м³/м³.

Зная, что установка работает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1.05$, определите объем топливной смеси в нормальных м³, потребляемый установкой за 1 с.

7.Задание 3 (потребление топлива)

На рисунке 1 приведен суточный график электрической нагрузки обособленного потребителя.

На рисунке 2 приведен график зависимости $\eta_{\text{эл}}$ от уровня нагрузки для электростанции на базе газовой

турбины, которая обеспечивает электроснабжение рассматриваемого потребителя. Номинальная мощность турбины составляет 1200 кВт. Определите суточный расход топлива на электроснабжение, если известно, что в качестве топлива агрегат потребляет природный газ с теплотой сгорания $Q_H = 37$ МДж/м³.

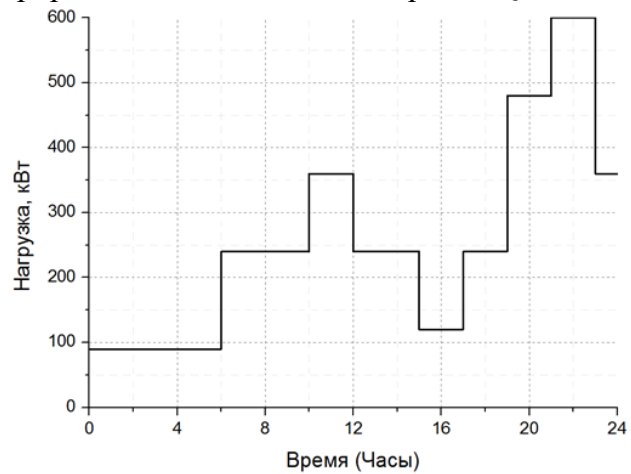


Рисунок 1. График электрической нагрузки.

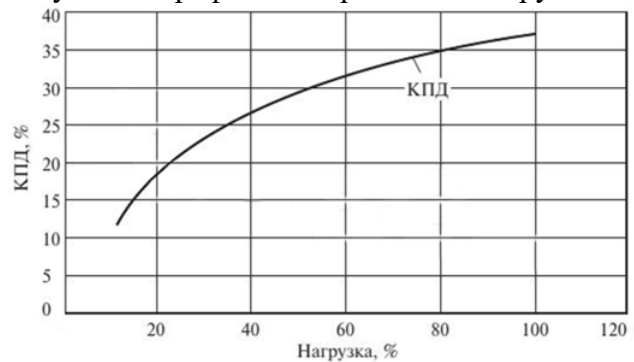


Рисунок 2. Характеристика электрического КПД газотурбинной электростанции.

8.Задание 3 (потребление топлива)

На рисунке 1 приведен суточный график электрической нагрузки обособленного потребителя. На рисунке 2 приведен график зависимости $\eta_{эл}$ от уровня нагрузки для электростанции на базе газовой турбины, которая обеспечивает электроснабжение рассматриваемого потребителя. Номинальная мощность турбины составляет 300 кВт. Определите суточный расход топлива на электроснабжение, если известно, что в качестве топлива агрегат потребляет природный газ с теплотой сгорания $Q_H = 29$ МДж/м³.

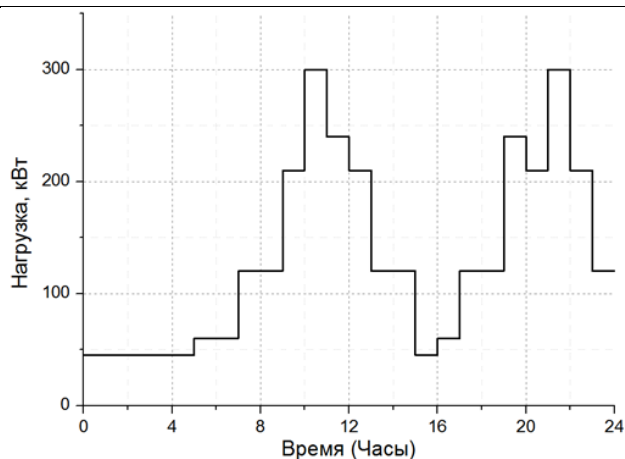


Рисунок 1. График электрической нагрузки.

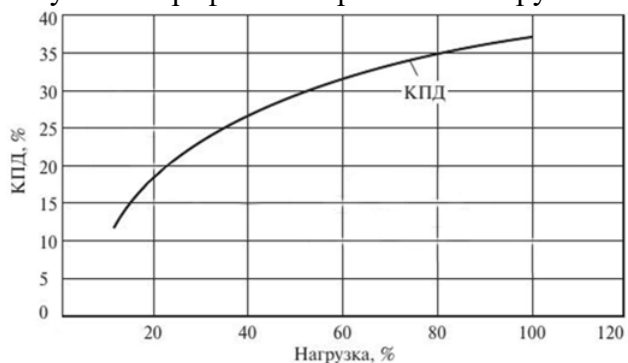


Рисунок 2. Характеристика электрического КПД газотурбинной электростанции.

9.Задание 3 (потребление топлива)

На рисунке 1 приведен суточный график электрической нагрузки обособленного потребителя. На рисунке 2 приведен график зависимости $\eta_{эл}$ от уровня нагрузки для электростанции на базе газовой турбины, которая обеспечивает электроснабжение рассматриваемого потребителя. Номинальная мощность турбины составляет 1200 кВт. Определите суточный расход топлива на электроснабжение, если известно, что в качестве топлива агрегат потребляет природный газ с теплотой сгорания $Q_n = 37$ МДж/м³.

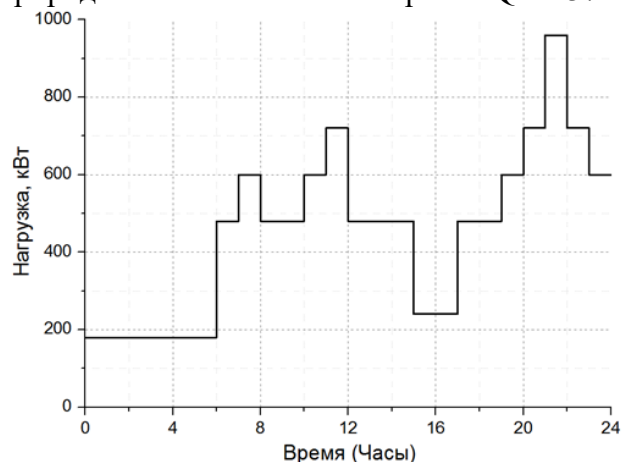
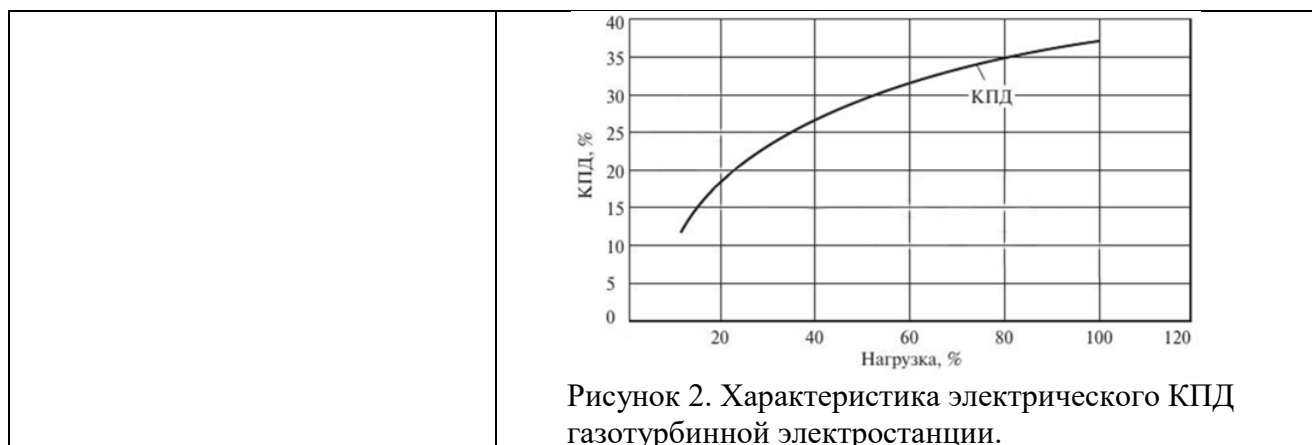


Рисунок 1. График электрической нагрузки.



Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Все три задачи решены верно. Допускается случайная ошибка в цифрах, но последовательность решения для каждой задачи должна быть изложена подробно и точно. В случае, если ошибок нет, допускается неверный ответ на 1 теоретический вопрос.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Хотя бы две задачи решены верно. Допускается неверный ответ на 1 теоретический вопрос при решении 2 задач, либо неверный ответ на 2 теоретических вопроса при решении 3 задач.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: Хотя бы 1 из задач решена верно, а также дан корректный ответ хотя бы на 2 теоретических вопроса.

КМ-3. Экспериментальные исследования свойств биомассы

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: В рамках одного из семинаров, студентов знакомят с оборудованием Лаборатории распределенной генерации ОИВТ РАН и объясняют принципы его работы. Студенты не выполняют лабораторных работ, однако сотрудники лаборатории подробно описывают процессы исследования образцов биомассы. Студенты делятся на группы по 2-3 человека, а затем каждой группе выдается задание для расчетной работы, включающее 3 темы. Задание выполняется самостоятельно до 12-й недели. Студенты приносят на контрольное занятие выполненные и оформленные в письменном виде задания в соответствии с вариантом данных, который ранее получили. Преподаватель проверяет качество выполнения задания и верность произведенных расчетов, затем задает каждому из студентов в группе вопросы на понимание величин и формул, которые используются в расчетах.

Краткое содержание задания:

Вы получили результаты 4-х экспериментальных исследований свойств биомассы и процессов ее термической переработки. Обработайте эти результаты и вычислите неизвестные величины в соответствии с требованиями, указанными в задании.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: определять энергетический потенциал и другие теплотехнические характеристики ВУР (ПК-2.2)

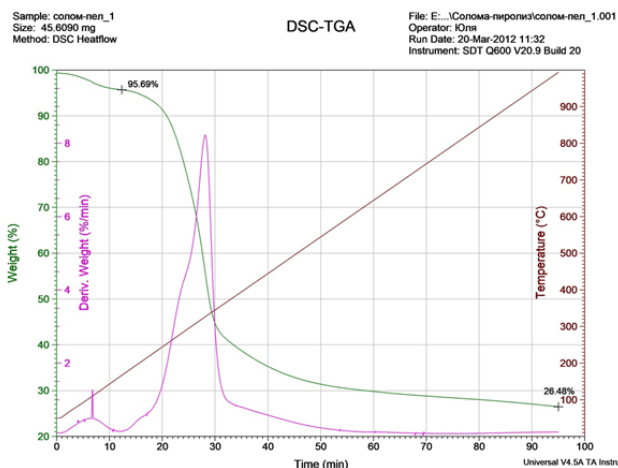
1. Вариант 1

Эксперимент №1: Моделирование процессов горения и пиролиза биомассы на термоанализаторе SDT Q600

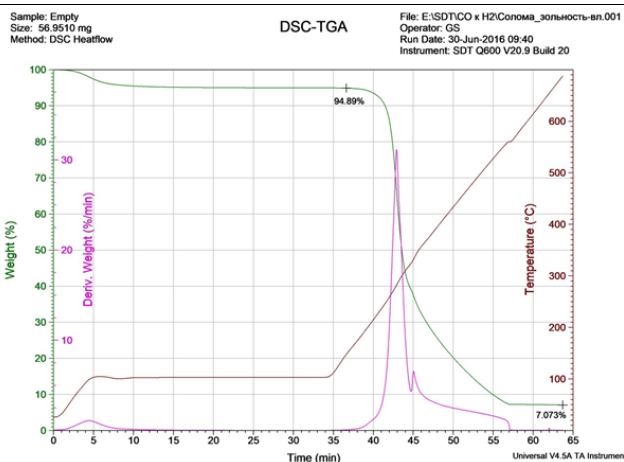
Заполните таблицу, опираясь на анализ термогравиметрических кривых и дифференциальных термогравиметрических кривых

<i>Соломенные пеллеты</i>	
Нагрев в потоке воздуха (горение)	
Влажность, %	
Зольность (на исх. состояние), %	
Зольность (на сухое состояние), %	
Нагрев в потоке азота (пиролиз)	
Влажность, %	
Твердый остаток от пиролиза (на исх. состояние), %	
Количество летучих соединение (на исх. состояние), %	
Твердый остаток от пиролиза (на сухое состояние), %	
Связанный углерод (на сухое состояние), %	
Количество летучих соединение (на сухое состояние), %	
Связанный углерод (на сухое беззольное состояние), %	
Количество летучих соединение (на сухое беззольное состояние), %	

Кривые, полученные в потоке азота:



Кривые, полученные в потоке воздуха:



Эксперимент №2: Измерение и расчёт высшей и низшей теплоты сгорания соломенных пеллет
Определите высшую и низшую теплоту сгорания для исследуемых образцов с учетом погрешности.

Исходные данные:

Таблица 1 – Общие данные для образцов

Наименование	Обозначение	Значение
Массовая доля влаги общей в образцах, %		1,62
Массовая доля водорода на сухое состояние в образцах, %		
Относительная приборная погрешность измерения массовой доли водорода в анализаторе, %		0,2
Относительная приборная погрешность измерения высшей теплоты сгорания в калориметре, %		0,4

Таблица 2 – Индивидуальные данные для образцов

№ образца	Масса образца, г	Измеренная высшая теплота сгорания на рабочее состояние, Дж
1	0,516	9417
2	0,505	9016
3	0,514	9161
4	0,513	9270
5	0,508	9382
6	0,510	9279
7	0,517	9205
8	0,517	9548

Таблица 3 – Коэффициенты Стьюдента для различных n и α .

Число измерений	Доверительная вероятность			
	0,90	0,95	0,99	0,999
2	6,3	12,7	63,7	636,6
3	2,9	4,3	9,9	31,6

4	2,4	3,2	5,8	12,9
5	2,1	2,8	4,6	8,6
6	2,0	2,6	4,0	6,9
7	1,9	2,4	3,7	6,0
8	1,9	2,4	3,5	5,4
9	1,9	2,3	3,4	5,0
10	1,8	2,3	3,3	4,8
∞	1,6	1,96	2,6	3,3

Эксперимент №3: элементный анализ твердого углеводородного сырья

Определите содержание кислорода в соломенных пеллетах по результатам элементного анализа:

Состав	Соломенные пеллеты
Углерод (C), %	45,89
Водород (H), %	6,01
Азот (N), %	0,31
Сера (S), %	0,06
Кислород (O)*, %	
Расчётная теплота сгорания (низшая), МДж/кг	

Эксперимент №4: двухстадийная пиролизическая конверсия биомассы

Заполните таблицу, опираясь на результаты эксперимента:

		Соломенные пеллеты
Перед экспериментом		
Масса угля $m_{у0}$, г		19.96
Масса материала m_0 , г		16.66
Суммарная масса Σ_0 , г		
Теплота сгорания материала низшая Q , МДж/кг		17.37
После эксперимента		
Масса угля $m_{у}$, г		18.32
Масса материала m , г		4.98
Объем синтез-газа V , дм ³		21.11
Состав синтез-газа, об. %	CO ₂	0.55
	CO	44.71
	H ₂	53.46
	CH ₄	1.16
	N ₂	0.12
Плотность синтез-газа $\rho_{г}$, кг/м ³		
Масса синтез-газа $m_{г}$, г		
Суммарная масса Σ , г		
Погрешность материального баланса, %		
Массовая степень конверсии, %		
Удельный объем v , м ³ /кг		

	Теплота сгорания синтез-газа низшая Q_g , МДж/м ³		
	Энергетическая степень конверсии, %		
Дополнительные исходные данные - плотность и теплота сгорания газов при 25°C и нормальном давлении:			
Газы	Формула	Плотность, кг/м ³	Теплота сгорания, МДж/м ³
Азот	N ₂	1.146	-
Водород	H ₂	0.08233	9.88
Двуокись углерода	CO ₂	1.811	-
Метан	CH ₄	0.6567	32.85
Окись углерода	CO	1.145	11.58

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студенты в группе могут претендовать на оценку "5" при условии, что все задания выполнены верно. Допускается случайная ошибка в цифрах, но процесс вычисления величин и логика анализа данных должны быть изложены точно. Студент получает оценку "5", если может прокомментировать все этапы решения и обозначения величин для каждого задания.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студенты в группе не могут претендовать на оценку выше "4", если одно из заданий выполнено неверно, либо не выполнено до конца.

Студент получает оценку "4", если может прокомментировать все этапы решения и обозначения величин для 3 заданий.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Студенты в группе не могут претендовать на оценку выше "3", если два задания выполнены неверно, либо не выполнены до конца.

Студент получает оценку "3", если может прокомментировать все этапы решения и обозначения величин хотя бы для 2 заданий.

КМ-4. Энергетическая эффективность в распределенной энергетике

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают один из четырех вариантов задания, содержащий 6 вопросов по темам соответствующего раздела дисциплины. Ответы на вопросы оформляются письменно и сдаются преподавателю по мере готовности. На написание проверочной работы отводится 1 академический час.

Краткое содержание задания:

Ответьте подробно на вопросы из задания.

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: классификацию источников энергии, роль и место распределенной энергетики в мировом энергетическом балансе (ПК-2.1)</p>	<p>1. Вопрос 1. Перечислите основные признаки распределенного энергоснабжения. Перечислите преимущества распределенного энергоснабжения перед централизованным.</p> <p>2. Вопрос 1. Перечислите основные признаки систем централизованного энергоснабжения. Перечислите недостатки централизованного энергоснабжения по сравнению с распределенным.</p> <p>3. Вопрос 2. Перечислите проблемы отечественной энергетики, которые могут быть частично решены за счет развития малой распределенной энергетики.</p> <p>4. Вопрос 4. Какая математическая модель энергетического комплекса может быть названа обобщенной? Какие уравнения входят в обобщенную математическую модель энергетического комплекса? Какова связь матмодели энергетического комплекса с целевой функцией оптимизации?</p>
<p>Знать: существующие проблемы и решения в области использования ВУР в распределенной энергетике (ПК-2.1)</p>	<p>1. Вопрос 2. Сформулируйте задачу оптимизации схемных решений и режимов работы энергетических комплексов.</p> <p>2. Вопрос 3. Перечислите типы оптимизационных задач, которые могут решаться при проектировании или модернизации энергетических комплексов.</p> <p>3. Вопрос 3. Перечислите типы энергетических комплексов, которые рассматриваются в рамках решения задач оптимизации схемных решений и режимов работы.</p> <p>4. Вопрос 4. Перечислите исходные данные для решения задачи оптимизации схемы и режимов работы оборудования энергетического комплекса, при условии, что задача решается в общем виде.</p> <p>5. Вопрос 4. Дайте определение критерию оптимизации. Какие величины могут быть критерием оптимизации для энергетических систем? Какая величина может выступить в качестве универсального критерия оптимизации?</p> <p>6. Вопрос 4. Дайте определение целевой функции оптимизации. Напишите, какие величины могут входить в целевую функцию при оптимизации схемных решений и режимов работы энергетических комплексов.</p> <p>7. Вопрос 5. При решении задачи оптимизации схемы и режима работы энергетического комплекса было получено решение, в соответствии с которым, общие затраты на энергоснабжение объекта снизились, а расход топлива вырос по сравнению с исходной схемой. Возможно ли такое? Ответ обоснуйте.</p> <p>8. Вопрос 5. При решении задачи оптимизации схемы и режима работы энергетического комплекса было получено решение, в соответствии с которым, затраты на закупку оборудования сильно возросли,</p>

	<p>но общие затраты существенно снизились. Возможно ли такое? Ответ обоснуйте.</p> <p>9. Вопрос 5. Насколько подробные данные об энергетических нагрузках потребителей необходимы при решении задач оптимизации энергетических комплексов (обязательно указать горизонт расчета и частоту разбиения на временные интервалы)? Чем вызвана эта необходимость?</p> <p>10. Вопрос 5. Перечислите методы краткосрочного моделирования трендовой составляющей графиков энергетических нагрузок. Каковы преимущества и недостатки моделирования нагрузок с применением искусственных нейронных сетей?</p> <p>11. Вопрос 6. Дайте определение концепции SmartGrid.</p> <p>12. Вопрос 6. Дайте определение виртуальной электростанции.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Развернутые ответы на все 6 вопросов даны и корректны. Допустимо ставить оценку 5, если один из ответов по мнению преподавателя не полностью раскрывает вопрос.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Развернутые ответы даны и корректны по крайней мере для 5 вопросов. Допустимо ставить оценку 4, если один из ответов на эти 5 вопросов по мнению преподавателя не полностью раскрывает вопрос.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Развернутые ответы даны и корректны по крайней мере для 4 вопросов. Допустимо ставить оценку 3, если один из ответов на эти 4 вопроса по мнению преподавателя не полностью раскрывает вопрос.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №1

Вопрос 1. Возобновляемая энергетика. Виды возобновляемых источников энергии, их достоинства и недостатки.

Вопрос 2. Теплота сгорания топлива и методы ее определения.

Вопрос 3. Методы конверсии биомассы и целевые продукты. Показатели, характеризующие процесс конверсии.

Процедура проведения

Студенты случайным образом тянут билеты. Каждый билет содержит 3 вопроса. Номера билетов 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_{ПК-2} Знает современные технологии использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов

Вопросы, задания

1.БИЛЕТ № 1

1. Возобновляемая энергетика. Виды возобновляемых источников энергии, их достоинства и недостатки.

2. Теплота сгорания топлива и методы ее определения.

3. Методы конверсии биомассы и целевые продукты. Показатели, характеризующие процесс конверсии.

2.БИЛЕТ № 2

1. Понятие малой распределенной энергетике, основные отличия от централизованного энергоснабжения. Преимущества и недостатки распределенной энергетике.

2. Состав растительной биомассы. Характеристики ее основных составляющих.

3. Пиролиз биомассы. Виды пиролиза и целевые продукты.

3.БИЛЕТ № 3

1. Основные предпосылки для развития распределенной энергетике в РФ. Ресурсная база распределенной энергетике в РФ.

2. Свойства биомассы. Технический и элементный анализ.
3. Газификация биомассы. Основные типы реакций при газификации.

4.БИЛЕТ № 4

1. Виды биомассы. Возможности ее использования в энергетике. Достоинства и недостатки биомассы как энергоресурса.
2. Способы представления характеристик биомассы.
3. Термогравиметрический анализ и его возможности.

5.БИЛЕТ № 5

1. Использование биомассы в качестве твердого топлива. Достоинства и недостатки.
2. Диаграммы Ван Кревелена и Тернера.
3. Торрефикация. Зависимость характеристик торрефицированного биотоплива от режимных параметров процесса.

6.БИЛЕТ № 6

1. Виды жидкого топлива из биомассы, способы их получения и области применения.
2. Типы газификаторов. Влияние типа газификатора и газифицирующего агента на свойства получаемого газа.
3. Двухстадийная пиролитическая конверсия биомассы.

7.БИЛЕТ № 7

1. Типы газовых двигателей, особенности организации рабочего процесса в газовых двигателях разных типов.
2. Роль и способы резервирования и аккумулирования для возобновляемой энергетики.
3. Принцип работы противоточного газогенератора (прямой процесс).

8.БИЛЕТ № 8

1. Газопоршневые электроагрегаты, достоинства и недостатки. Основные области применения газопоршневых технологий.
2. Генерирующие и аккумулирующие установки комплексов малой энергетики. Обобщенная математическая модель энергетического комплекса.
3. Принцип работы прямоточного газогенератора (обращенный процесс).

9.БИЛЕТ № 9

1. Газотурбинные электроагрегаты, достоинства и недостатки. Основные области применения газотурбинных технологий.
2. Факторы, влияющие на энергетические и экономические показатели газового двигателя.
3. Задача оптимизации схем и режимов работы энергетических комплексов малой распределенной энергетики. Целевая функция оптимизации.

10.БИЛЕТ № 10

1. Сопоставление циклов поршневых двигателей.
2. Критерии эффективности энергетических комплексов. Типы оптимизационных задач, решаемых применительно к малой распределенной энергетике.
3. Проблема оптимизации производства и транспортировки электроэнергии в распределительных сетях. Концепции умной энергосети (smart grid) и виртуальной электростанции (virtual power plant).

11.БИЛЕТ № 11

1. Сопоставление циклов газотурбинных двигателей.
2. Проблема моделирования энергетических нагрузок. Существующие подходы к моделированию электрических нагрузок.
3. Исходные данные при решении задачи оптимизации схем и режимов работы энергетических комплексов.

12.БИЛЕТ № 12

1. Газомоторные топлива, проблемы использования водорода в качестве газомоторного топлива.

2. Использование газовых турбин в парогазовых установках.
3. Применение искусственных нейронных сетей для моделирования электрических нагрузок. Проблемы и преимущества метода.

13.БИЛЕТ № 13

1. Физические принципы измерения температуры и давления.
2. Принцип работы газового хроматографа.
3. Принцип работы калориметра сжигания.

14.БИЛЕТ № 14

1. Технологии получения биоугля, их сопоставление по выходу конечного продукта.
2. Кинетические модели, используемые для описания термической деструкции биомассы, их достоинства и недостатки.
3. Гидротермальная карбонизация. Достоинства и недостатки.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какие бывают виды энергетического потенциала у энергоресурсов? Перечислите в порядке убывания.

Верный ответ: Валовой, технический, экономический

2.Перечислите основные полимеры в составе биомассы в порядке от наименее устойчивого термически к наиболее устойчивому.

Верный ответ: Гемиллюлоза, целлюлоза, лигнин

3.Перечислите виды плотности пористых материалов от наименьшей к наибольшей.

Верный ответ: Насыпная, кажущаяся, истинная

4.За счет чего высшая теплота сгорания топлива выше, чем низшая?

Верный ответ: Высшая теплота сгорания учитывает скрытую теплоту конденсации паров воды, образующихся при сгорании топлива (и аналогичные по смыслу утверждения).

5.Какие характеристики биомассы определяют в результате технического анализа?

Верный ответ: Влажность, зольность, содержание летучих соединений, содержания связанного углерода (порядок не важен).

6.Перечислите основные элементы, из которых состоит биомасса.

Верный ответ: С, Н, О, N, S (порядок не важен)

7.В чем основное отличие процессов пиролиза и газификации?

Верный ответ: Пиролиз протекает в отсутствие окислителя, в то время как газификация – при его наличии в количестве, недостаточном для полного сгорания (и аналогичные по смыслу утверждения).

8.Перечислите основные компоненты синтез-газа.

Верный ответ: CO, H₂, в малых количествах – CH₄, H₂O, CO₂.

9.Перечислите недостатки биомассы как топлива.

Верный ответ: Низкая насыпная плотность, низкая теплота сгорания, высокая гигроскопичность, низкая температура плавления золы, высокие энергозатраты на размол (достаточно 4 любых).

10.Перечислите продукты анаэробного сбраживания.

Верный ответ: Влага, дигестат, биогаз.

11.Перечислите основные компоненты биогаза, получаемого путем сбраживания, по мере убывания их доли в составе.

Верный ответ: CH₄, CO₂, в малых количествах H₂, H₂S.

12.Чему соответствует октановое число (ОЧ) у моторного топлива?

Верный ответ: ОЧ указывает, что детонационная стойкость топлива эквивалентна детонационной стойкости смеси изооктана и n-гептана с объемным содержанием изооктана, равным ОЧ. Изооктан обладает высокой детонационной стойкостью (и аналогичные по смыслу рассуждения).

13. Сравнивая ГТУ и ГПУ одинаковой мощности, укажите, у какой из установок скорее всего будет выше: а) устойчивость к детонации, б) расход масла, в) КПД.

Верный ответ: а) ГТУ, б) ГПУ, в) ГПУ.

14. Перечислите основные методы моделирования энергетических нагрузок.

Верный ответ: Прямое прогнозирование, использование типовых графиков, применение аппроксимирующих зависимостей, применение искусственных нейронных сетей.

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.

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.