

**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
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	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

Ю.В.
Шацких

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-5ПК-2 Знает современные технологии использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов	Знать: конструкции и характеристики установок на базе ВУР, технологические схемы, показатели эффективности, методы их расчета и анализа (ПК-2.1) существующие проблемы и решения в области использования ВУР в распределенной энергетике (ПК-2.1) классификацию источников энергии, роль и место распределенной энергетике в мировом энергетическом балансе (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)

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

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:

Знать: основные физико-химические процессы, происходящие в устройствах по получению биотоплива (ПК-2.1)	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.
---	--

	10.Перечислите термохимические технологии переработки биомассы с указанием продуктов. 11.Перечислите биохимические технологии переработки биомассы с указанием продуктов. 12.Что такое пиролиз? Перечислите виды пиролиза с указанием характерного времени, температуры процесса, а также основных продуктов. 13.Что такое газификация? Объясните разницу между прямым и обращенным процессом газификации. 14.Что такое торрефикация? Каковы достоинства торрефицированного биотоплива? 15.Нарисуйте схему процесса двухстадийной пиролизической конверсии. На какой стадии процесса протекают реакции Будуара и парогазовой конверсии? Запишите формулы этих реакций. 16.Для биогаза и синтез-газа укажите примерный состав, основные методы производства и примерную теплоту сгорания.
Уметь: определять энергетический потенциал и другие теплотехнические характеристики ВУР (ПК-2.2)	1.Задание 1 (плотность) Вагон для транспортировки сыпучих грузов имеет рабочий объем 70 м^3. В него удалось загрузить ровно 45 тонн древесных пеллет. Пористость пеллет составляет 0.25, кажущаяся плотность составляет 1071 кг/м^3. Определите насыпную, истинную плотность пеллет, а также пористость слоя при засыпке. 2.Задание 1 (плотность) Истинная плотность древесины, из которой изготовлены пеллеты составляет 1400 кг/м^3. Пористость пеллет составляет 27%, а пористость насыпного слоя 48%. Определите насыпную плотность пеллет и массу груза, который можно перевезти в контейнере объемом 80 м^3. 3.Задание 2 (теплота сгорания) Газовая смесь состоит на 80% из метана и на 20% - из этана (C_2H_6). 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. 4.Задание 2 (теплота сгорания) Газовая смесь состоит на 80% из метана и на 10% - из этана (C_2H_6). 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. 5.Задание 3 (технический анализ и представление характеристик) Влажность соломенных пеллет составляет 7%.

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

6.Задание 3 (технический анализ и представление характеристик)

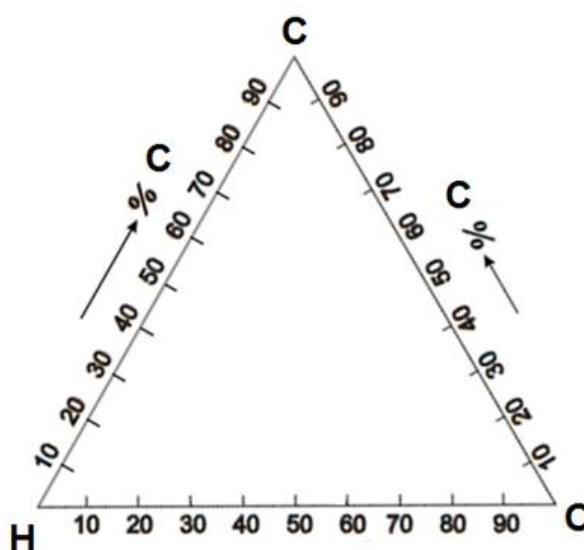
Зольность пеллет из ППМ составляет 13.8%.

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

Какова зольность пеллет? Определите влажность топлива.

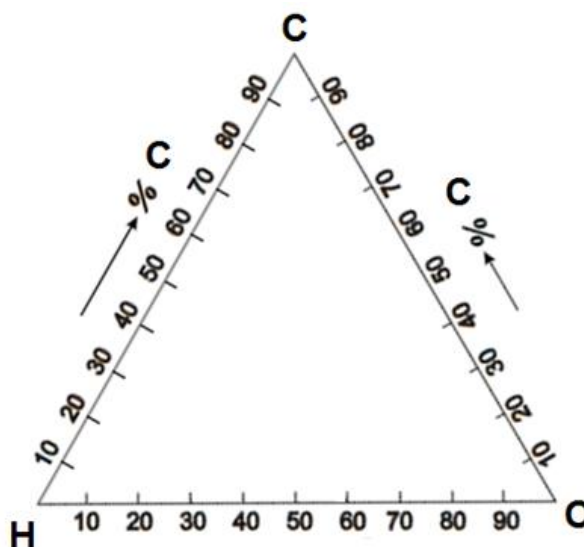
7.Задание 4 (тройная диаграмма)

Отметьте на тройной диаграмме точки, соответствующие: 1) чистому углероду; 2) монооксиду углерода; 3) синтез-газу с молекулярным соотношением $\text{CO}:\text{H}_2 = 1:2$.



8.Задание 4 (тройная диаграмма)

Отметьте на тройной диаграмме точки, соответствующие: 1) чистому углероду; 2) этану; 3) синтез-газу с молекулярным соотношением $\text{CO}:\text{H}_2 = 1:3$.



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.

Оценка: 2

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

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:

Знать: конструкции и характеристики установок на базе ВУР, технологические схемы, показатели эффективности, методы их расчета и анализа (ПК-2.1)	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 газопоршневых агрегатов. 10.Перечислите возможные нарушения процессов сгорания топлива. Что называют детонационным сгоранием? 11.Изобразите цикл Дизеля (подвод теплоты при постоянном давлении) в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла. 12.Изобразите цикл Отто (подвод теплоты при постоянном объеме) в P-V или T-S координатах и поясните процессы внутри цикла. 13.Термический КПД идеального цикла газопоршневого двигателя. Степень сжатия. Индикаторный КПД двигателя. 14.Требования к газомоторному топливу. Октановое число. 15.Для природного газа, биогаза, синтез-газа и чистого водорода перечислите удельную теплоту сгорания, стехиометрическое соотношение и удельную теплоту сгорания смеси газ-воздух. 16.Перечислите проблемы использования водорода в качестве топлива и подходы к их решению.
Уметь: выполнять расчеты, связанные с проектированием устройств, использующих ВУР	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 $\eta_{\text{мг}} = 97.7\%$; механический КПД двигателя $\eta_{\text{м}} = 90\%$; эффективность тепловой изоляции двигателя $\eta_{\text{см}} = 98\%$; степень приближения реального цикла установки к идеальному циклу Отто $\eta_{\text{отн.дейст.}}$ составляет 88%. Определите расход природного газа с теплотой сгорания 34 МДж/м³ при работе установки в номинальном режиме. 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 $\eta_{\text{мг}} = 96\%$; механический КПД двигателя $\eta_{\text{м}} = 85\%$; 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 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 $\eta_{мг} = 95\%$; механический КПД двигателя $\eta_{м} = 88\%$; эффективность тепловой изоляции двигателя $\eta_{см} = 96\%$; 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 $\eta_{эл}$ 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.

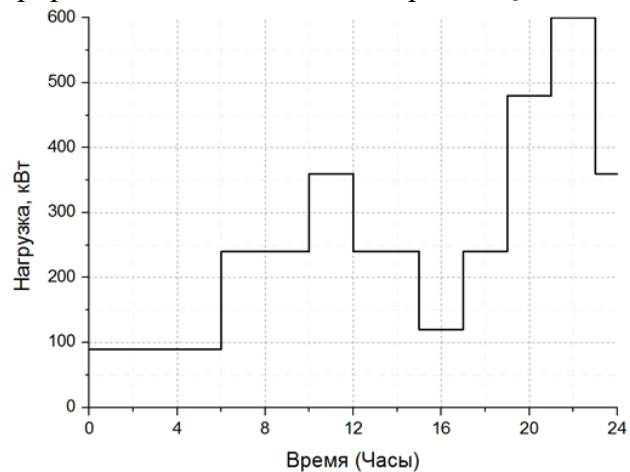


Рисунок 1. График электрической нагрузки.

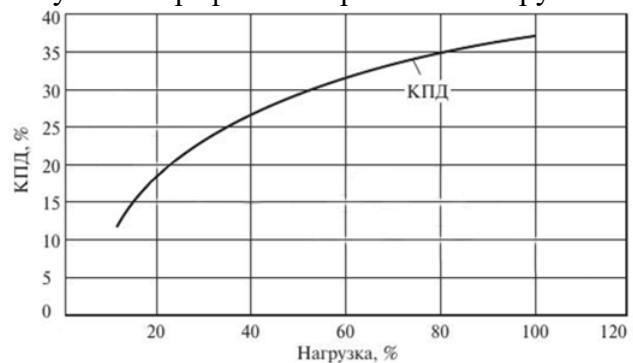


Рисунок 2. Характеристика электрического КПД газотурбинной электростанции.

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.

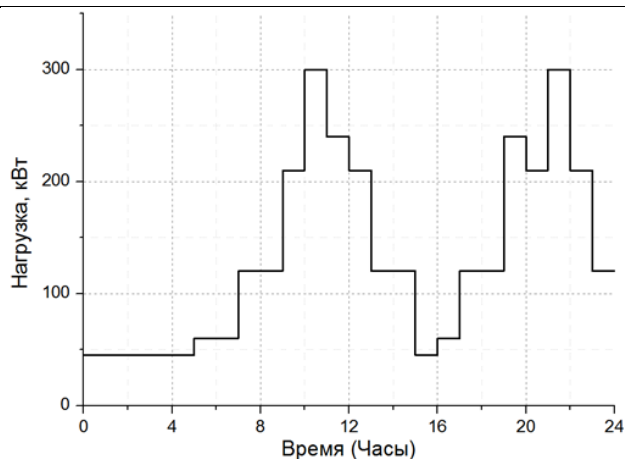


Рисунок 1. График электрической нагрузки.

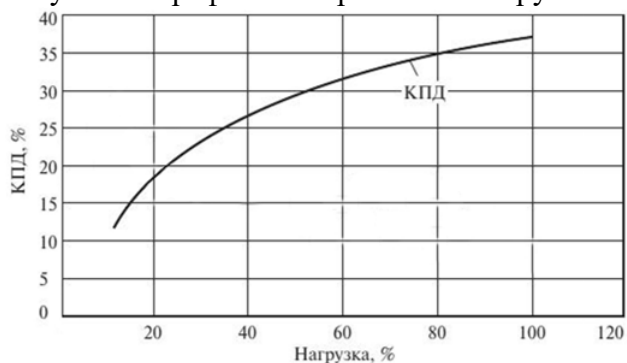


Рисунок 2. Характеристика электрического КПД газотурбинной электростанции.

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 $Q_H = 37$ МДж/м³.

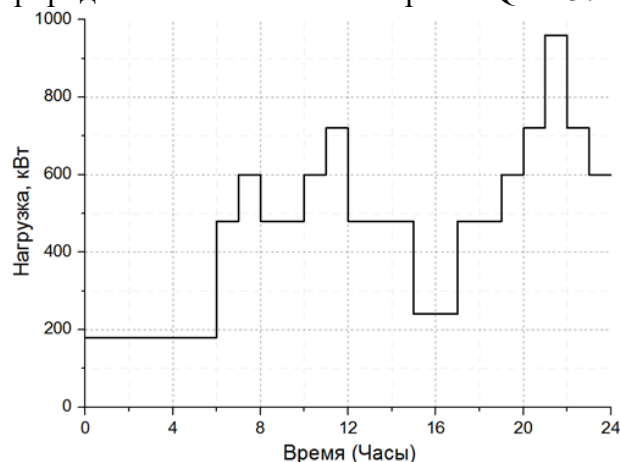
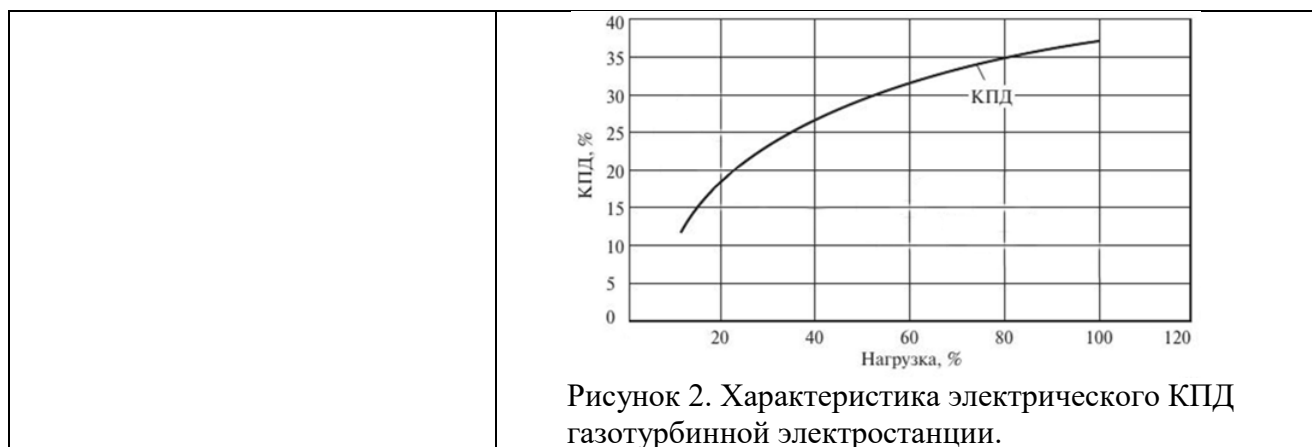


Рисунок 1. График электрической нагрузки.



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.

Оценка: 2

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

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.

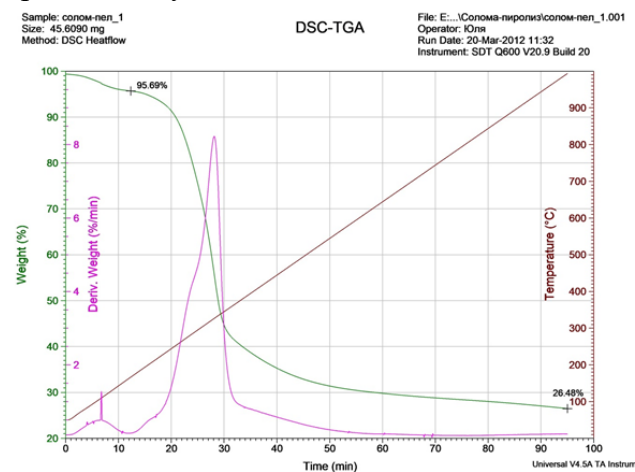
Контрольные вопросы/задания:

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

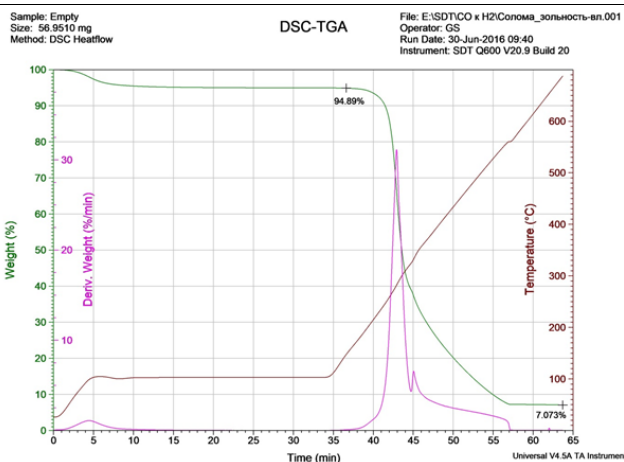
1.Вариант 1
Эксперимент №1: Моделирование процессов горения и пиролиза биомассы на термоанализаторе SDT Q600
Заполните таблицу, опираясь на анализ термогравиметрических кривых и дифференциальных термогравиметрических кривых

	Соломенные пеллеты
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_{y0} , 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_y , 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 ρ_g , кг/м ³		
Масса синтез-газа m_g , г		
Суммарная масса Σ , г		
Погрешность материального баланса, %		
Массовая степень конверсии, %		
Удельный объем v , м ³ /кг		

	Теплота сгорания синтез-газа низшая $Q_{г}$, МДж/м3	
	Энергетическая степень конверсии, %	

Дополнительные исходные данные - плотность и теплота сгорания газов при 25°C и нормальном давлении:

Газы	Формула	Плотность, кг/м3	Теплота сгорания, МДж/м3
Азот	N2	1.146	-
Водород	H2	0.08233	9.88
Двуокись углерода	CO2	1.811	-
Метан	CH4	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.

Оценка: 2

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

Студент не может получить удовлетворительную оценку, если он не в состоянии объяснить процесс 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:

Знать: классификацию источников энергии, роль и место распределенной энергетики в мировом энергетическом балансе (ПК-2.1)	1.Вопрос 1. Перечислите основные признаки распределенного энергоснабжения. Перечислите преимущества распределенного энергоснабжения перед централизованным. 2.Вопрос 1. Перечислите основные признаки систем централизованного энергоснабжения. Перечислите недостатки централизованного энергоснабжения по сравнению с распределенным. 3.Вопрос 2. Перечислите проблемы отечественной энергетики, которые могут быть частично решены за счет развития малой распределенной энергетики. 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?
Знать: существующие проблемы и решения в области использования ВУР в распределенной энергетике (ПК-2.1)	1.Вопрос 2. Сформулируйте задачу оптимизации схемных решений и режимов работы энергетических комплексов. 2.Вопрос 3. Перечислите типы оптимизационных задач, которые могут решаться при проектировании или модернизации энергетических комплексов. 3.Вопрос 3. Перечислите типы энергетических комплексов, которые рассматриваются в рамках решения задач оптимизации схемных решений и режимов работы. 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. 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? 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. 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. 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, но общие затраты существенно снизились. Возможно ли такое? Ответ обоснуйте. 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? 10.Вопрос 5. Перечислите методы краткосрочного моделирования трендовой составляющей графиков энергетических нагрузок. Каковы преимущества и недостатки моделирования нагрузок с применением искусственных нейронных сетей? 11.Вопрос 6. Дайте определение концепции SmartGrid. 12.Вопрос 6. Дайте определение виртуальной электростанции.
--	---

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.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Студент не смог дать корректных ответов (в т.ч. неполных) хотя бы на 4 вопроса.

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-5ПК-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 энергетики, основные отличия от централизованного энергоснабжения. Преимущества и недостатки распределенной энергетики.

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 энергетики в РФ. Ресурсная база распределенной энергетики 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 пиролизическая 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: Гемицеллюлоза, 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 н-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.

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.