

**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: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Прикладные программные средства в теплоэнергетике**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федюхин А.В.
	Идентификатор	Rc1c8a01a-FediukhinAV-59cb47d9

А.В.
Федюхин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.
Яворовский

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.
Яворовский

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 участвовать в эксплуатации теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

ИД-4 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

2. РПК-1 Способен применять информационные технологии для проведения исследований в профессиональной деятельности

ИД-2 Проводит исследования с использованием информационных технологий

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Изучение технических характеристик и возможностей программного обеспечения. Обзор и анализ существующих программных средств для решения поставленных задач в области теплоэнергетики. (Семинар)
2. Моделирование парогазовой установки (Семинар)
3. Моделирование ректификационной колонны и органического цикла Ренкина (Семинар)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	8	10
Изучение технических характеристик и возможностей программного обеспечения. Обзор и анализ существующих программных средств для решения поставленных задач в области теплоэнергетики.				
Знакомство с программным комплексом Aspen One и отдельными ее модулями.		+		
Решение тестовых задач и получение базовых навыков математического моделирования.		+		
Моделирование ректификационной колонны и органического цикла Ренкина.				
Моделирование ректификационной колонны.			+	

Моделирование органического цикла Ренкина.		+	
Моделирование парогазовой установки.			
Моделирование парогазовой установки.			+
Моделирование газификатора твердого топлива.			
Моделирование газификатора твердого топлива.	+		
Вес КМ:	30	30	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-4ПК-3 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	Знать: – типовые методики проведения расчетов и проектирования элементов оборудования и объектов деятельности (систем) в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации. Уметь: – анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике деятельности. – выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающие в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь	Изучение технических характеристик и возможностей программного обеспечения. Обзор и анализ существующих программных средств для решения поставленных задач в области теплоэнергетики. (Семинар) Моделирование ректификационной колонны и органического цикла Ренкина (Семинар) Моделирование парогазовой установки (Семинар)

		для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	
РПК-1	ИД-2 _{РПК-1} Проводит исследования с использованием информационных технологий	Уметь: – проводить эксперимент с помощью численного моделирования по заданным методикам и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата.	Изучение технических характеристик и возможностей программного обеспечения. Обзор и анализ существующих программных средств для решения поставленных задач в области теплоэнергетики. (Семинар)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Изучение технических характеристик и возможностей программного обеспечения. Обзор и анализ существующих программных средств для решения поставленных задач в области теплоэнергетики.

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Семинар

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение учебных и тестовых лабораторных заданий с использованием изучаемого программного обеспечения.

Краткое содержание задания:

Выполнение учебных и тестовых лабораторных заданий с использованием изучаемого программного обеспечения.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: – типовые методики проведения расчетов и проектирования элементов оборудования и объектов деятельности (систем) в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации.	1.1. Какие ключевые особенности Aspen PLUS? 2. Какие основные задачи решает Aspen PLUS? 3. Какие существуют пакет термодинамических свойств? 4. Для каких веществ корректно применять уравнение Пенга-Робинсона? 5. В чем отличие модулей PLUS и HYSYS?
Уметь: – проводить эксперимент с помощью численного моделирования по заданным методикам и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата.	1.1. Как проводится первоначальная настройка Aspen PLUS / HYSYS? 2. Какие основные элементы содержит вкладка <i>Model Palette</i> ? 3. Как выбрать пакет термодинамических свойств? 4. Как корректно задать свойства смеси? 5. Как осуществляется настройка камеры сгорания? 6. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы газотурбинной установки со сжиганием метана в камере сгорания. Расход метана – 120 кг/ч, давление на выходе из воздушного компрессора – 20 бар, давление разрежения после газовой турбины – 1 бар. Давление и температура окружающего воздуха равны 1 бар и - 10 С. С помощью процедуры оптимизации подобрать такой расход воздуха, при котором будет полное сжигание метана, и температура дымовых газов на входе в газовую турбину не превысит 1500 С.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 75

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Моделирование ректификационной колонны и органического цикла Ренкина

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Семинар

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение учебных и тестовых лабораторных заданий с использованием изучаемого программного обеспечения.

Краткое содержание задания:

Выполнение учебных и тестовых лабораторных заданий с использованием изучаемого программного обеспечения.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: – выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающие в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	1.1. Какие основные типы ректификационных колонн, представлены в Aspen HYSYS? 2. Что будет если увеличить или уменьшить температуру сырьевого потока? 3. Как настроить конденсатор ректификационной колонны? 4. Как построить профиль температур тарелок ректификационной колонны? 5. Как ввести блок Рецикл в схему органического цикла Ренкина? 6. С использованием программы Aspen HYSYS провести моделирование схемы органического цикла Ренкина. Параметры исходного потока: циклопентан, 32 С, 320 кПа, 1200 кг·моль/ч. Потеря давления в испарителе 20 кПа, разница температур + 70 С. Перепад давления в турбине 200 кПа. Режимные характеристики конденсатора и насоса подобрать таким образом, чтобы цикл замкнулся и правильно функционировал.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 75

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Моделирование парогазовой установки

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Семинар

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение учебных и тестовых лабораторных заданий с использованием изучаемого программного обеспечения.

Краткое содержание задания:

Выполнение учебных и тестовых лабораторных заданий с использованием изучаемого программного обеспечения.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: – анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике деятельности.	1.1. Какие отличия моделирования ПГУ в Aspen PLUS и THERMOFLEX? 2. Как провести оптимизационный расчет в THERMOFLEX? 3. Из каких основных компонентов состоит ПГУ в Aspen Plus? 4. Как задать температуру оборотной воды в паросиловом цикле. 5. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы паротурбинной установки с котлом-утилизатором. Утилизируемое тепло – диоксид углерода с температурой на входе 1800 С. Расход питательной воды принять 3 т/ч, давление на нагнетании питательного насоса 15 бар, температура оборотной воды +10 С, давление в конденсаторе 0.3 бар. В ручном режиме или с использованием процедуры оптимизации подобрать расход диоксида углерода, при котором температура дымовых газов после котла – утилизатора будет в диапазоне 200 – 300 С и паротурбинный цикл будет верно функционировать (происходить процессы испарения, конденсации воды и совершаться полезная работа в паровой турбине).
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 75

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы газотурбинной установки со сжиганием метана в камере сгорания. Расход метана – 80 кг/ч, давление на выходе из воздушного компрессора – 18 бар, давление разрежения после газовой турбины – 1 бар. Давление и температура окружающего воздуха равны 1 бар и -20 С. Добавить в контур газотурбинной установки теплообменник регенерации тепла дымовых газов для подогрева воздуха, идущего на горение. С помощью процедуры оптимизации подобрать такой расход воздуха, при котором на газовой турбине будет максимальная выработка электрической энергии.
2. Как проводится первоначальная настройка Thermoflex?
3. Для чего необходимо охлаждать верхний продукт и нагревать нижний в ректификационной колонне?

Процедура проведения

Проведение очного зачета с опросом студентов.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-3} Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

Вопросы, задания

- 1.1. С использованием программы Thermoflex рассчитать режим работы теплового насоса для воздушного отопления жилого дома. Температуру наружного воздуха принять по СНиП 23-01-99 (2002) «Строительная климатология» для города Ярославля, расход подогреваемого воздуха – 100 кг/ч, температура грунта в январе +2,8 С.
 2. Как проводится первоначальная настройка Aspen HYSYS? Какие методы расчета термодинамических свойств используются в Aspen HYSYS?
 3. Что представляет собой цикл ПГУ, какие его основные особенности?
-
1. С использованием программы Thermoflex рассчитать режим работы теплового насоса для воздушного отопления жилого дома. Температуру наружного воздуха принять по СНиП 23-01-99 (2002) «Строительная климатология» для города Владивостока, расход подогреваемого воздуха – 70 кг/ч, температура грунта в январе +3,7 С.
 2. Какие основные задачи решает Aspen Plus? Как проводится первоначальная настройка Aspen Plus?
 3. Что представляет собой процесс ректификации?

1. С использованием программы Thermoflex рассчитать режим работы теплового насоса для воздушного отопления жилого дома. Температуру наружного воздуха принять по СНиП 23-01-99 (2002) «Строительная климатология» для города Магадана, расход подогреваемого воздуха – 50 кг/ч, температура грунта в январе -6,5 С.
2. Какие ключевые особенности Aspen HYSYS? Какие основные задачи решает Aspen HYSYS?
3. Как задать критерий оптимизации и оптимизируемые параметры математической модели, на примере ПГУ?

1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы газотурбинной установки со сжиганием метана в камере сгорания. Расход метана – 120 кг/ч, давление на выходе из воздушного компрессора – 20 бар, давление разрежения после газовой турбины – 1 бар. Давление и температура окружающего воздуха равны 1 бар и -10 С. С помощью процедуры оптимизации подобрать такой расход воздуха, при котором будет полное сжигание метана, и температура дымовых газов на входе в газовую турбину не превысит 1500 С.

2. Какие ключевые особенности Thermoflex? Какие основные задачи решает Thermoflex?

3. Чем отличается органический цикл Ренкина от цикла Ренкина-Клаузиуса?

1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы газотурбинной установки со сжиганием метана в камере сгорания. Расход метана – 250 кг/ч, давление на выходе из воздушного компрессора – 15 бар, давление разрежения после газовой турбины – 2 бар. Давление и температура окружающего воздуха равны 1 бар и -15 С. Добавить в контур газотурбинной установки теплообменник регенерации тепла дымовых газов для подогрева воздуха, идущего на горение. С помощью процедуры оптимизации подобрать такой расход воздуха, при котором на газовой турбине будет максимальная выработка электрической энергии.

2. Из каких элементов состоит тепловой насос в Thermoflex?

3. Какие элементы используются для моделирования реактора газификации?

1. С использованием программы Aspen HYSYS провести моделирование схемы органического цикла Ренкина. Параметры исходного потока: циклопентан, 30 С, 300 кПа, 1000 кг·моль/ч. Потеря давления в испарителе 10 кПа, разница температур + 75 С. Перепад давления в турбине 150 кПа. Режимные характеристики конденсатора и насоса подобрать таким образом, чтобы цикл замкнулся и правильно функционировал.

2. Из каких основных компонентов состоит ПГУ в Aspen Plus?

3. Варьированием, каких параметров в среде Thermoflex достигается оптимизация режимов работы теплового насоса?

1. С использованием программы Aspen HYSYS провести моделирование схемы органического цикла Ренкина. Параметры исходного потока: циклопентан, 32 С, 320 кПа, 1200 кг·моль/ч. Потеря давления в испарителе 20 кПа, разница температур + 70 С. Перепад давления в турбине 200 кПа. Режимные характеристики конденсатора и насоса подобрать таким образом, чтобы цикл замкнулся и правильно функционировал.

2. Что представляет собой процесс газификации твердого топлива, и какие его основные технологические параметры?

3. На основе каких балансовых уравнений, возможно строить математические модели Aspen Plus?

1. С использованием программы Aspen HYSYS провести моделирование схемы органического цикла Ренкина. Параметры исходного потока: циклопентан, 35 С, 360 кПа, 1500 кг·моль/ч. Потеря давления в испарителе 30 кПа, разница температур + 65 С. Перепад давления в турбине 220 кПа. Режимные характеристики конденсатора и насоса подобрать таким образом, чтобы цикл замкнулся и правильно функционировал.
2. В чем особенность моделирования процесса горения (газификации) твердого топлива?
3. Какие параметры влияют на процесс ректификации?

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Какие ключевые особенности Aspen PLUS?
2. Какие основные задачи решает Aspen PLUS?
3. Как проводится первоначальная настройка Aspen PLUS?
4. Какие основные элементы содержит вкладка *Model Palette*?
5. Что представляет собой процесс газификации твердого топлива, и какие его основные технологические параметры?
6. Какие элементы используются для моделирования реактора газификации?
7. Какие основные особенности и преимущества органического цикла Ренкина?

Ответы:

Ответы озвучиваются студентами в устной форме при проведении зачета.

Верный ответ: Студенты могут использовать математическую модель в качестве вспомогательного инструмента при ответе на вопросы.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{РПК-1} Проводит исследования с использованием информационных технологий

Вопросы, задания

- 1.1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы газотурбинной установки со сжиганием метана в камере сгорания. Расход метана – 80 кг/ч, давление на выходе из воздушного компрессора – 18 бар, давление разрежения после газовой турбины – 1 бар. Давление и температура окружающего воздуха равны 1 бар и -20 С. Добавить в контур газотурбинной установки теплообменник регенерации тепла дымовых газов для подогрева воздуха, идущего на горение. С помощью процедуры оптимизации подобрать такой расход воздуха, при котором на газовой турбине будет максимальная выработка электрической энергии.
2. Как проводится первоначальная настройка Thermoflex?
3. Для чего необходимо охлаждать верхний продукт и нагревать нижний в ректификационной колонне?

1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы паротурбинной установки с котлом-утилизатором. Утилизируемое тепло – диоксид углерода с температурой на входе 1800 С. Расход питательной воды принять 3 т/ч, давление на нагнетании питательного насоса 15 бар, температура оборотной воды +10 С, давление в конденсаторе 0.3 бар. В ручном режиме или с использованием процедуры оптимизации подобрать расход диоксида углерода, при котором температура дымовых газов после котла – утилизатора будет в диапазоне 200 – 300 С и паротурбинный цикл будет верно функционировать (происходить процессы испарения, конденсации воды и совершаться полезная работа в паровой турбине).
2. Какие достоинства и недостатки есть Aspen HYSYS по сравнению с Aspen Plus?

3. Что будет если увеличить или уменьшить температуру сырьевого потока в ректификационной колонне?

1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы паротурбинной установки с котлом-утилизатором. Утилизируемое тепло – диоксид углерода с температурой на входе 1700 С. Расход питательной воды принять 2 т/ч, давление на нагнетании питательного насоса 12 бар, температура оборотной воды +10 С, давление в конденсаторе 0.2 бар. В ручном режиме или с использованием процедуры оптимизации подобрать расход диоксида углерода, при котором температура дымовых газов после котла – утилизатора будет в диапазоне 200 – 300 С и паротурбинный цикл будет верно функционировать (происходить процессы испарения, конденсации воды и совершаться полезная работа в паровой турбине).
2. В чем заключается принцип работы, и какие особенности теплового насоса?
3. Какие основные элементы содержит вкладка *ModelPalette* в Aspen Plus?

1. С использованием программы Aspen Plus провести моделирование схемы паротурбинной установки с котлом-утилизатором. Утилизируемое тепло – диоксид углерода с температурой на входе 1600 С. Расход питательной воды принять 2 т/ч, давление на нагнетании питательного насоса 11 бар, температура оборотной воды +10 С, давление в конденсаторе 0.1 бар. В ручном режиме или с использованием процедуры оптимизации подобрать расход диоксида углерода, при котором температура дымовых газов после котла – утилизатора будет в диапазоне 200 – 300 С и паротурбинный цикл будет верно функционировать (происходить процессы испарения, конденсации воды и совершаться полезная работа в паровой турбине).
2. Какие основные типы ректификационных колонн, представлены в Aspen HYSYS?
3. Какие основные особенности и преимущества органического цикла Ренкина?

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Из каких основных компонентов состоит ПГУ в Aspen PLUS?
2. С помощью каких процедур решается задача оптимизации энергетической установки на примере ПГУ?
2. Как провести расчет эксергетического КПД приводной ГТУ?

Ответы:

Ответы озвучиваются студентами в устной форме при проведении зачета.

Верный ответ: Студенты могут использовать математическую модель в качестве вспомогательного инструмента при ответе на вопросы.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу