МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.01.06 «Структурное моделирование и управление теплоэнергетическими системами с распределенными параметрами»

Код и направление подготовки (специальность)	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Оптимизация и интеллектуализация автоматизированных процессов управления в теплоэнергетике и энерготехнологиях
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2026
Институт / факультет	Теплоэнергетический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов"
Кафедра-разработчик	кафедра "Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	144 / 4
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Самара 2026

Б1.В.01.06 «Структурное моделирование и управление теплоэнергетическими системами с распределенными параметрами»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 146 от 28.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Профессор, доктор технических наук, профессор	Ю.Э Плешивцева
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)
Заведующий кафедрой	М.Ю. Лившиц, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	Н.В Маслобойникова, кандидат филологических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	М.Ю. Лившиц, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 5
4.2 Содержание лабораторных занятий 6
4.3 Содержание практических занятий 8
4.4. Содержание самостоятельной работы 9
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 13
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 13
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 14
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 14
9. Методические материалы 15
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 17

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-2 Способен применять современные методы моделирования, управления и системного анализа при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике	ПК-2.1 Знает современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.	Знать современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.
		ПК-2.2 Умеет применять современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.	Уметь применять современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.
		ПК-2.3 Владеет практическими навыками решения профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике на основе современных методов моделирования, управления и системного анализа.	Владеть практическими навыками решения профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике на основе современных методов моделирования, управления и системного анализа.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-2		Математическое моделирование теплоэнергетических и энерготехнологических объектов управления	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Производственная практика: научно-производственная практика

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	2 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	40	40
Лабораторные работы	16	16
Лекции	8	8
Практические занятия	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	4	4
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	64	64
подготовка к лабораторным работам	18	18
подготовка к практическим занятиям	46	46
Контроль	36	36
Итого: час	144	144
Итого: з.е.	4	4

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	4	8	12	40	64
2	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	4	8	4	24	40
	КСР	0	0	0	0	4
	Контроль	0	0	0	0	36
	Итого	8	16	16	64	144

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
2 семестр				
1	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Введение. Тема 1.1 Основные термины и понятия.	Особенности моделирования СРП. Предмет изучения дисциплины. Краткий исторический обзор современного состояния развития теории управления СРП. Объект с распределёнными параметрами. Особенности задач моделирования и управления ОРП. Управляющие воздействия: сосредоточенное, пространственное и пространственно-временное управления. Ограничения на управляющие воздействия и фазовые координаты объекта управления. Требования к конечному состоянию ОРП. Критерии оптимизации.	2
2	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Тема 1.2 Математические модели типовых объектов и систем с распределёнными параметрами.	Базовые уравнение математической физики. Уравнения математической физики гиперболического, параболического и эллиптического типов. Однородные и неоднородные граничные условия. Краевые условия I, II и III рода. Краевые задачи Коши и Дирихле. Смешанная краевая задача.	2
3	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Тема 2.1 Анализ и синтез систем с ОРП для сосредоточенных управляющих воз-действий.	Модальное управление ОРП. Метод модального управления. Собственные числа и функции. Временные моды. Пример модального управления ОРП второго порядка. Решение уравнений для пространственных мод. Уравнения для временных мод. Функциональная схема системы пространственно-временного управления. Функциональная схема системы модального управления при сосредоточенном управлении ОРП по граничным условиям.	2
4	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Пример задачи оптимального управления ОРП. Формулировка задачи. Применяемые методы решение. Общий вид алгоритма оптимального по быстродействию управления. Оптимальное по быстродействию управление процессом нагрева массивных тел. Управляемость ОРП. Принципиально недостижимое конечное состояние объекта управления. Управляемый ОРП. Пример неуправляемого объекта.	2
			Итого за семестр:	**8**
			Итого:	**8**

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
2 семестр				
1	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Моделирование типовых ОРП первого порядка	Математическая модель процесса непрерывного нагрева движущегося тела. Передаточная функция объекта управления при управлении по тепловому потоку и по температуре печи. Переходная функция и переходная характеристика объекта управления.	2
2	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Моделирование типовых ОРП первого порядка (продолжение)	Частотные характеристики ОРП первого порядка при управлении по тепловому потоку. Частотные характеристики ОРП первого порядка при управлении по температуре печи.	2
3	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Моделирование типовых ОРП второго порядка (продолжение)	Моделирование ОРП бесконечной пространственной протяженности. Моделирование ОРП конечной пространственной протяженности.	2
4	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Моделирование типовых ОРП второго порядка	Математическая модель типового ОРП второго порядка. Типовой ОРП второго порядка, описываемый уравнением теплопроводности. Общее решение дифференциального уравнения.	2
5	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Моделирование и оптимальное управление периодическими процессами индукционного нагрева металла	Формулировка задачи оптимального по быстродействию управления процессами индукционного нагрева.	2
6	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Моделирование и оптимальное управление периодическими процессами индукционного нагрева металла (продолжение)	Разработка модели процесса индукционного нагрева. Алгоритм оптимального по быстродействию управления процессами индукционного нагрева.	2
7	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Моделирование и оптимальное управление периодическими процессами индукционного нагрева металла (продолжение)	Параметризация алгоритмов управления. Альтернансные свойства температурных полей в конце оптимального процесса. Системы уравнений альтернансного метода.	2

8	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Моделирование и оптимальное управление периодическими процессами индукционного нагрева металла (продолжение)	Решения систем уравнений альтернансного метода для одноинтервальных управлений. Решения систем уравнений	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема практического занятия**	**Содержание практического занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
2 семестр				
1	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Постановки задачи моделирования и управления перио-дическим процессом нагрева	Процесс индукционного нагрева как ОРП. Математиче-ская модель объекта процесса периодического нагрева. Уравнение теплопроводности. Начальные условия. Граничные условия I, II и III рода. Управление по тепло-вому потоку, температуре печи и распределению мощ-ности внутренних источников тепла. Ограничения на управляющие воздействия. Ограничения на фазовые координаты объекта управления.	2
2	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Постановки задачи моделирования и управления перио-дическим процессом нагрева (продолже-ние)	Требования к конечному состоянию ОРП. Фиксирован-ное конечное состояние ОРП. Квадратичная интеграль-ная оценка допустимой точности попадания в требуе-мое конечное состояние. Задание допустимого абсо-лютного отклонения конечной температуры от задан-ной. Критерии оптимизации. Критерий быстродействия. Минимизация интегральной среднеквадратичной ошиб-ки. Минимизация максимального абсолютного отклоне-ния конечной температуры от заданной. Энергетиче-ский критерий. Отдельные критерии, связанные с кон-кретными технологическими требованиями.	2
3	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Постановки задачи моделирования и управления подвиж-ным	ОРП Математическая модель объекта управления. Уравнение гиперболического типа. Краевые условия. Возмущения, существующие в системе. Вариация теп-лофизических параметров процесса. Критерии оптими-зации. Минимизация интегральной среднеквадратичной ошибки или максимального абсолютного отклонения конечной температуры от заданной на выходе из нагре-вателя.	2

4	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Постановки задачи управления ОРП, описываемого си-стемой дифферен-циальных уравне-ний.	Прямоточные и противоточные теплообменники. Си-стема уравнений, описывающая взаимодействие двух движущихся сред. Краевые условия. Изменение номен-клатуры нагреваемых изделий и скорости движения взаимодействующих сред. Критерий оптимальности.	2
5	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Получение пере-ходных функций и частотных характе-ристик типовых ОРП первого порядка	Переходная функция. Импульсная переходная (весо-вая) функция. Амплитудно-частотная характеристика. Фазочастотная характеристика Амплитудно-фазовая характеристика	2
6	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Получение пере-ходных функций и частотных характе-ристик типовых ОРП второго порядка	Переходная функция. Импульсная переходная (весо-вая) функция. Амплитудно-частотная характеристика. Фазочастотная характеристика Амплитудно-фазовая характеристика Элементарные динамические звенья для ОРП второго порядка Полуинтегрирующее звено, его временные и частотные характеристики. Полуапе-риодическое звено, его временные и частотные харак-теристики. Звено полузапаздывания, его временные и частотные характеристики	2
7	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Решение уравнений для пространствен-ных и временных мод	Пространственные и временные моды. Составление уравнения для пространственных мод. Составление уравнения для временных мод. Собственные числа кра-евой задачи.	2
8	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Решение задач оп-тимального по быстродействию управления процес-сами нестационар-ной теплопроводно-сти	Формулировка задачи оптимального по быстродействию управления процессами нестационарной теплопровод-ности. Принцип максимума Понтрягина. Решение зада-чи оптимального по быстродействию управления про-цессами нестационарной теплопроводности с помощью принципа максимума.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
2 семестр			

Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к лабораторному за-нятию	Моделирование типовых ОРП первого порядка Математическая модель процесса непрерывного нагрева движущегося тела. Передаточная функ-ция объекта управления при управлении по теп-ловому потоку и по температуре печи. Переход-ная функция и переходная характеристика объек-та управления. Частотные характеристики ОРП первого порядка при управлении по тепловому потоку. Частотные характеристики ОРП первого порядка при управлении по температуре печи. 4 11 № заняти я Номер раздела Наименование ла-бораторной работы и перечень дидактических единиц Трудоемкость, часов	5
Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к лабораторному за-нятию	Моделирование типовых ОРП второго порядка Математическая модель типового ОРП второго порядка. Типовой ОРП второго порядка, описыва-емый уравнением теплопроводности. Общее ре-шение дифференциального уравнения. Модели-рование ОРП бесконечной пространственной протяженности. Моделирование ОРП конечной пространственной протяженности	5
Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к практическому за-нятию	Постановки задачи моделирования и управления периодическим процессом нагрева Процесс ин-дукционного нагрева как ОРП. Математическая модель объекта процесса периодического нагре-ва. Уравнение теплопроводности. Начальные условия. Граничные условия I, II и III рода. Управ-ление по тепловому потоку, температуре печи и распределению мощности внутренних источников тепла. Ограничения на управляющие воздей-ствия. Ограничения на фазовые координаты объ-екта управления.	5

Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к практическому занятию	Постановки задачи моделирования и управления периодическим процессом нагрева (продолже-ние)Требования к конечному состоянию ОРП. Фик-сированное конечное состояние ОРП. Квадратич-ная интегральная оценка допустимой точности попадания в требуемое конечное состояние. За-дание допустимого абсолютного отклонения ко-нечной температуры от заданной. Критерии оп-тимизации. Критерий быстродействия. Миними-зация интегральной среднеквадратичной ошибки. Минимизация максимального абсолютного откло-нения конечной температуры от заданной. Энер-гетический критерий. Отдельные критерии, свя-занные с конкретными технологическими требо-ваниями.	5
Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к практическому занятию	Постановки задачи моделирования и управления подвижным ОРП Математическая модель объекта управления. Уравнение гиперболического типа. Краевые условия. Возмущения, существующие в системе. Вариация теплофизических параметров процесса. Критерии оптимизации. Минимизация интегральной среднеквадратичной ошибки или максимального абсолютного отклонения конечной температуры от заданной на выходе из нагрева-теля.	5
Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к практическому занятию	Постановки задачи управления ОРП, описываемо-го системой дифференциальных уравне-ний.Прямоточные и противоточные теплообмен-ники. Система уравнений, описывающая взаимо-действие двух движущихся сред. Краевые условия. Изменение номенклатуры нагреваемых изделий и скорости движения взаимодействующих сред. Критерий оптимальности.	5
Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к практическому заняти	Получение переходных функций и частотных ха-рактеристик типовых ОРП первого порядка Пере-ходная функция. Импульсная переходная (весо-вая) функция. Амплитудно-частотная характери-стика. Фазочастотная характеристика Амплитуд-но-фазовая характеристика.	5

Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	Подготовка к практическому за-няти	Получение переходных функций и частотных ха-рактеристик типовых ОРП второго порядка Пере-ходная функция. Импульсная переходная (весо-вая) функция. Амплитудно-частотная характери-стика. Фазочастотная характеристика Амплитуд-но-фазовая характеристика Элементарные дина-мические звенья для ОРП второго порядка Полу-интегрирующее звено, его временные и частот-ные характеристики. Полуапериодическое звено, его временные и частотные характеристики. Зве-но полузапаздывания, его временные и частот-ные характеристики	5
Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Подготовка к лабораторному за-нятию	Моделирование и оптимальное управление пери-одическими процессами индукционного нагрева металла Формулировка задачи оптимального по быстродействию управления процессами индук-ционного нагрева Разработка модели процесса индукционного нагрева. Алгоритм оптимального по быстродействию управления процессами ин-дукционного нагрева. Параметризация алгорит-мов управления. Альтернансные свойства темпе-ратурных полей в конце оптимального процесса. Системы уравнений альтернансного метода. Ре-шения систем уравнений альтернансного метода для одноинтервальных управлений. Решения си-стем уравне	8
Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Подготовка к практическому за-няти	Решение уравнений для пространственных и временных мод Пространственные и временные моды. Составление уравнения для простран-ственных мод. Составление уравнения для вре-менных мод. Собственные числа краевой задачи.	8
Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	Подготовка к практическому за-няти	Решение задач оптимального по быстродействию управления процессами нестационарной тепло-проводности Формулировка задачи оптимального по быстродействию управления процессами не-стационарной теплопроводности. Принцип мак-симума Понтрягина. Решение задачи оптимально-го по быстродействию управления процессами нестационарной теплопроводности с помощью принципа максимума.	8
		Итого за семестр:	**64**

	Итого:	**64**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Афиногентов, А.А. Моделирование и оптимальное управление объектами с распределенными параметрами : учеб. пособие / А. А. Афиногентов, Ю. Э. Плешивцева; Самар.гос.техн.ун-т, Управление и системный анализ в теплоэнергетических и социотехнических комплексов.- Самара, 2018.- 95 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||3015	Электронный ресурс
2	Дилигенская, А.Н. Математическое моделирование систем с распределенными параметрами : учеб.-метод. пособие / А. Н. Дилигенская, А. И. Данилушкин; Самар.гос.техн.ун-т.- 2012.- 65 с.	Книжный фонд
3	Рапопорт, Э.Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами : Учеб.пособие / Э. Я. Рапопорт.- М., Высш.шк., 2009.- 677 с.	Книжный фонд
4	Рапопорт, Э.Я. Оптимальное управление температурными режимами индукционного нагрева / Э. Я. Рапопорт, Ю. Э. Плешивцева.- М., Наука, 2012.- 309 с.	Книжный фонд
Дополнительная литература		
5	Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления : учеб.пособие / А. А. Первозванский .- 2-е изд., стер..- М., Лань, 2010.- 615 с.	Книжный фонд

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Mathcad Education-Student Edition среда вычис-лений	Math soft корпорации Para-metric Technology Corporation (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	консультационный центр Matlab и Simulink	http://matlab.exponenta.ru	Ресурсы открытого доступа
2	Образовательный математический сайт	http://www.exponenta.ru.	Ресурсы открытого доступа
3	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	https://cyberleninka.ru	Ресурсы открытого доступа
4	Библиотека компьютерной литературы	http://it.eup.ru/	Ресурсы открытого доступа
5	Библиотека компьютерной литературы	http://it.eup.ru/	Ресурсы открытого доступа
6	Электронная библиотека РФФИ	http://www.rfbr.ru/rffi/ru/	Ресурсы открытого доступа
7	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/	Ресурсы открытого доступа
8	Научная сеть	http://nature.web.ru/	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

комплект электронных презентаций/слайдов (при наличии);

аудитория 49 (корп. 6), оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), пакетами ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, электронные таблицы, средства подготовки мультимедийных презентации); пакетами ПО специального назначения (VisSim), а также 12 компьютерами в следующей конфигурации: CPU Intel(R) Celeron(R) D326 @2.53GHz Socket 775 LGA Motherboard Model Intel D915GEV RAM 512MB HDD WDC WD800JD-00MSA1 80 GB DVD ROM LITE-ON SHD-16P1S Display LG Flatron L1732S, 17" сервер IBM BladeCenter S/HS22; ауд. 48 (корп. 6) ИВЦ ТЭФ, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), пакетами ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, электронные таблицы), пакетами ПО специального назначения (MathCAD, Matlab), компьютерами, с выходом в сеть Интернет.

Практические занятия

- ауд. 49 (корп. 6), оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), пакетами ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, электронные таблицы, средства подготовки мультимедийных презентации), пакетами ПО специального назначения (VisSim), а также 12 компьютерами в следующей конфигурации: CPU Intel(R) Celeron(R) D326 @2.53GHz Socket 775 LGA Motherboard Model Intel D915GEV;

- ауд. 48 (корп. 6) ИВЦ ТЭФ, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), пакетами ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, электронные таблицы), пакетами ПО специального назначения (MathCAD, Matlab), компьютерами, с выходом в сеть Интернет: персональный компьютер Cel DC 1200/ ASUSP5KVM/ 512/ HDD80Gb/ Inwin Black монитор LG 1753, б/у, 2008 г – 15 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295 монитор Acer G245HQ, 23,6", 2010 г. -4 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295 монитор Samsung SyncMaster EX 2220, 21,5", 2010 г. -2 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 21 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295 монитор Samsung SyncMaster EX 2230, 22", 2010 г. – 2 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295, монитор Acer V203H, 20", 2010 г. – 2 шт.; мультимедийный проектор CASIO XJ-A140V, 2011г; мультимедийный проектор NEC VT45, , 2002 г.; мультимедийный проектор Hitachi CP-L850W/E, б/у, 1998 г.; МФУ HP LaserJet Pro 400 MFP M425dn, 2012 г.; принтер HP LaserJet P1006 – монохромный лазерный, A4, б/у, 2008 г.; принтер HP LaserJet P2055d – монохромный лазерный, A4, б/у, 2010 г.; точка доступа для беспроводного интернета D-Link DWL-3200AP с

беспроводным адаптером D-Link DWA-125, 2010 г.; коммутатор DES-1050G, 32-х портовый, 2010 г.; комплект сетевого оборудования на 25 ПК и 1 ноутбук, 2008-2012 г.; сплит-системы McQuay MWM020G/MLC020C, 2011 г.; источник бесперебойного питания IpponBackVerso 600 lite version, 2012 г.; колонки активные DIALOG W-203, 2012 г.; экран на треноге Da-Lite Versatol 152*152, белый, матовый, 2013 г.; пульт дистанционного управления Logitech Wireless Presenter R400 USB (910-001357), 2013 г., оборудованный учебной мебелью: доска, компьютерные столы и стулья для обучающихся и преподавателя.

Лабораторные занятия

- ауд. 49 (корп. 6), оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), пакетами ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, электронные таблицы, средства подготовки мультимедийных презентации), пакетами ПО специального назначения (VisSim), а также 12 компьютерами в следующей конфигурации: CPU Intel(R) Celeron(R) D326 @2.53GHz Socket 775 LGA Motherboard Model Intel D915GEV;

- ауд. 48 (корп. 6) ИВЦ ТЭФ, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), пакетами ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, электронные таблицы), пакетами ПО специального назначения (MathCAD, Matlab), компьютерами, с выходом в сеть Интернет: персональный компьютер Cel DC 1200/ ASUSP5KVM/ 512/ HDD80Gb/ Inwin Black монитор LG 1753, б/у, 2008 г – 15 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295 монитор Acer G245HQ, 23,6", 2010 г. -4 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295 монитор Samsung SyncMaster EX 2220, 21,5", 2010 г. -2 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 21 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295 монитор Samsung SyncMaster EX 2230, 22", 2010 г. – 2 шт.; персональный компьютер Dell Precision T1500 IntelCore i5-750 2.66Ghz/4GB/500Gb,256 Mb Quadro NVIDIA NVS 295, монитор Acer V203H, 20", 2010 г. – 2 шт.; мультимедийный проектор CASIO XJ-A140V, 2011г; мультимедийный проектор NEC VT45, , 2002 г.; мультимедийный проектор Hitachi CP-L850W/E, б/у, 1998 г.; МФУ HP LaserJet Pro 400 MFP M425dn, 2012 г.; принтер HP LaserJet P1006 – монохромный лазерный, А4, б/у, 2008 г.; принтер HP LaserJet P2055d – монохромный лазерный, А4, б/у, 2010 г.; точка доступа для беспроводного интернета D-Link DWL-3200AP с беспроводным адаптером D-Link DWA-125, 2010 г.; коммутатор DES-1050G, 32-х портовый, 2010 г.; комплект сетевого оборудования на 25 ПК и 1 ноутбук, 2008-2012 г.; сплит-системы McQuay MWM020G/MLC020C, 2011 г.; источник бесперебойного питания IpponBackVerso 600 lite version, 2012 г.; колонки активные DIALOG W-203, 2012 г.; экран на треноге Da-Lite Versatol 152*152, белый, матовый, 2013 г.; пульт дистанционного управления Logitech Wireless Presenter R400 USB (910-001357), 2013 г., оборудованный учебной мебелью: доска, компьютерные столы и стулья для обучающихся и преподавателя.

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интеренет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

- читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус № 8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки, ауд. 83а, 414, 416, 0209 АСА СамГТУ; ауд. 401 корпус №10);

- компьютерные классы (ауд. 208, 210 корпус № 8).

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание,

анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий,

требования и форму отчетности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.01.06 «Структурное моделирование и управление теплоэнергетическими системами с распределенными параметрами»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.01.06 «Структурное моделирование и управление теплоэнергетическими системами с распределенными параметрами»

Код и направление подготовки (специальность)	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Оптимизация и интеллектуализация автоматизированных процессов управления в теплоэнергетике и энерготехнологиях
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2026
Институт / факультет	Теплоэнергетический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов"
Кафедра-разработчик	кафедра "Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	144 / 4
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-2 Способен применять современные методы моделирования, управления и системного анализа при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике	ПК-2.1 Знает современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.	Знать современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.
		ПК-2.2 Умеет применять современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.	Уметь применять современные методы моделирования, управления и системного анализа, применяемые при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике.
		ПК-2.3 Владеет практическими навыками решения профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике на основе современных методов моделирования, управления и системного анализа.	Владеть практическими навыками решения профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике на основе современных методов моделирования, управления и системного анализа.

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код и индикатор достижения компетенции	Оценочные средства	
	Раздел 1.	**Раздел 2.**
	Наименование оценочного средства	Наименование оценочного средства
З2 ПК-2.1	Тест Вопросы по экзамену	Тест Вопросы по экзамену
У2 ПК-2.2	Опрос, отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам, тест	Опрос, отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам, тест
В2 ПК-2.3	Опрос, отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам, тест	Опрос, отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам, тест

2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.

2.1. Формы текущего контроля успеваемости

Примерный перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое ОСП.
2. Дайте определение ОРП.
3. Принципиальные особенности задач управление ОРП:
4. Управляющие воздействия для ОРП.
5. Управляющие воздействия, применяемые только для управления ОРП.
6. Общая форма записи граничных условий для уравнений математической физики второго порядка.
7. Какой вид имеют граничные условия первого рода.
8. Какой вид имеют граничные условия второго рода.
9. Граничные условия третьего рода имеют вид:

Примерный тест

1. Дайте определение ОСП:

a) Объекты, состояние которых описывается функциями, зависящими от пространственных координат;

b) Объекты, состояние которых описывается функциями, зависящими от времени;

c) Объекты и системы состояние которых описывается функциями, зависящими от пространственных координат и времени;

d) Объекты и системы состояние которых описывается функциями, зависящими только от двух пространственных координат;

2. Дайте определение ОРП:

a) Объекты, состояние которых описывается функциями, зависящими от пространственных координат;

b) Объекты, состояние которых описывается функциями, зависящими от времени;

c) Объекты, состояние которых описывается функциями, зависящими от пространственных координат и времени;

d) Объекты, состояние которых описывается функциями, зависящими только от двух пространственных координат;

3. Принципиальные особенности задач управление ОРП:

a) ОРП описываются обыкновенными ДУ, могут применяться пространственно-временные управляющие воздействия;

b) ОРП описываются обыкновенными ДУ, могут применяться пространственно-временные управляющие воздействия, фазовые ограничения, пространственно-распределенный контроль функции состояния;

c) ОРП описываются частными ДУ, может применяться пространственно-распределенной контроль функции состояния;

d) ОРП описываются частными ДУ, могут применяться пространственно-временные управляющие воздействия, фазовые ограничения, пространственно-распределенный контроль функции состояния;
приближенного моделирования путем аппроксимации точных решений уравнений объекта?

4. Все управляющие воздействия для ОРП делятся на:

a) Три группы: сосредоточенные, пространственно-распределенные, пространственно-временные;

b) Две группы: пространственно-распределенные, пространственно-временные;

c) Три группы: сосредоточенно-распределенные, пространственные, пространственно-временные;

d) Четыре группы: сосредоточенные, сосредоточенно-временные, пространственные, пространственновременные;

5. Управляющие воздействия, применяемые только для управления ОРП:

a) сосредоточенные, пространственные, пространственно-временные;

b) пространственно-распределенные, пространственно-временные;

c) сосредоточенные, пространственные;

d) сосредоточенно-распределенные, пространственные, пространственно-временные;

6. Решение уравнения математической физики второго порядка общего вида:

a) $L\{Q(x,t)\} = f(x,t); x \in D, t < 0;$

b) $L\{Q(t)\} = f(x); x \in D, t < 0;$

c) $L\{Q(x)\} = f(t); x \in D, t > 0;$

d) $L\{Q(x,t)\} = f(x,t); x \in D, t > 0;$

7. Уравнения математической физики второго порядка общего вида, содержащие производную первого порядка по t и производную второго порядка по x, относятся к:

a) Уравнениям гиперболического типа;

b) Уравнениям параболического типа;
c) Уравнениям эллиптического типа;
d) Уравнениям линейного типа;

8. Уравнения математической физики второго порядка общего вида, которые не содержат производной по t, описывают статическое состояние объекта, относятся к:

a) Уравнениям гиперболического типа;
b) Уравнениям параболического типа;
c) Уравнениям эллиптического типа;
d) Уравнениям линейного типа;

9. Уравнения математической физики второго порядка общего вида, содержащие вторые производные функции состояния по x и t, относятся к:

a) Уравнениям гиперболического типа;
b) Уравнениям параболического типа;
c) Уравнениям эллиптического типа;
d) Уравнениям линейного типа;

10. Общая форма записи граничных условий для уравнений математической физики второго порядка общего вида:

a) $\alpha(x,t)*Q(x,t)-\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=-q(x,t), x\in D;$

b) $\alpha(x,t)/Q(x,t)+\beta(x,t)/(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D;$

c) $\alpha(x,t)/Q(x,t)+\beta(x,t)/(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D;$

d) $\alpha(x,t)*Q(x,t)+\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D;$

11. Граничные условия первого рода имеют вид:

a) $Q(x,t)=q(x,t), x\in \partial D, (\alpha=1,\beta=0);$

b) $(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha=0,\beta=1);$

c) $\alpha(x,t)*Q(x,t)+\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha>0,\beta>0);$

d) $\alpha(x,t)*Q(x,t)-\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha<0,\beta<0);$

12. Граничные условия второго рода имеют вид:

a) $Q(x,t)=q(x,t), x\in \partial D, (\alpha=1,\beta=0);$

b) $(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha=0,\beta=1);$

c) $\alpha(x,t)*Q(x,t)+\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha>0,\beta>0);$

d) $\alpha(x,t)*Q(x,t)-\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha<0,\beta<0);$

13. Граничные условия третьего рода имеют вид:

a) $\alpha(x,t)*Q(x,t)+\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha>0,\beta>0);$

b) $\alpha(x,t)*Q(x,t)-\beta(x,t)*(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha<0,\beta<0);$

c) $(\frac{\partial Q(x,t)}{\partial n})=q(x,t), x\in D, (\alpha=0,\beta=1);$

d) $Q(x,t)=q(x,t), x\in \partial D, (\alpha=1,\beta=0);$

14. Передаточная функция типового ОРП первого порядка имеет вид (процесс нагрева в печи движущихся заготовок с постоянной скоростью

a) $W(p)=\frac{1}{(T*p)*e^{-p*\tau_0}};$

b) $W(p)=\frac{1}{(T*p)}*(1-e^{-p*\tau_0});$

c) $W(p)=\frac{p}{(T*p)*e^{p*\tau_0}};$

d) $W(p)=\frac{1}{(T*p)}*(1+e^{p*\tau_0});$

15. Передаточная функция ОРП второго порядка бесконечной пространственной протяженности при ГУ-II имеет вид:

a) $W_{II}(p)=\frac{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}{\sqrt{T*p}}$;

b) $W_{II}(p)=\frac{\sqrt{T*p}}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

c) $W_{II}(p)=\frac{e^{\sqrt{p*\tau_0}}}{\sqrt{T/p}}$;

d) $W_{II}(p)=\frac{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}{1-\sqrt{T*p}}$;

16. Передаточная функция ОРП второго порядка бесконечной пространственной протяженности при ГУIII имеет вид:

a) $W_{III}(p)=\frac{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}{1-\sqrt{T*p}}$;

b) $W_{III}(p)=\frac{\sqrt{T*p}}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

c) $W_{III}(p)=\frac{e^{\sqrt{p*\tau_0}}}{1+\sqrt{T*p}}$;

d) $W_{III}(p)=\frac{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}{\sqrt{T*p}}$;

17. Полуинтегрирующее звено имеет вид:

a) $W_{ПИ}(p)=\frac{1}{\sqrt{T*p}}$;

b) $W_{ПИ}(p)=\frac{\sqrt{T*p}}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

c) $W_{ПИ}(p)=\frac{1}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

d) $W_{ПИ}(p)=\sqrt{T*p}$;

18. Полуапериодическое звено имеет вид:

a) $W_{ПА}(p)=\frac{\sqrt{T*p}+1}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

b) $W_{ПА}(p)=\frac{1}{\sqrt{T*p}+1}$;

c) $W_{ПА}(p)=\sqrt{T*p}+1$;

d) $W_{ПА}(p)=e^{-\sqrt{\tau_0*p}}$;

19. Звено полузапаздывания имеет вид:

a) $W_{ПЗ}(p)=\frac{1}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

b) $W_{ПЗ}(p)=\sqrt{T*p}+1$;

c) $W_{ПЗ}(p)=e^{-\sqrt{\tau_0*p}}$;

d) $W_{ПЗ}(p)=\frac{\sqrt{T*p}+1}{e^{-\sqrt{p*\tau_0}}}$;

20. Чем отличается полуапериодическое звено от апериодического?

a) Диапазон изменения амплитуды полуапериодического звена в 2 раза меньше, чем у апереодического;

b) Диапазон изменения фазы полуапериодического звена в 2 раза меньше, чем у апереодического;

c) Диапазон изменения амплитуды и фазы полуапериодического звена в 2 раза меньше, чем у апереодического;

d) Нет верного ответа;

21. Чем отличается полуинтегрирующее звено от интергирующего?

a) Диапазон изменения амплитуды полуинтегрирующего звена в 2 раза меньше, чем у интегрирующего;

b) Диапазон изменения фазы данного полуинтегрирующего звена в 2 раза меньше, чем у интегрирующего;

c) Диапазон изменения амплитуды и фазы полуинтегрирующего звена в 2 раза меньше, чем у интегрирующего;

d) Нет верного ответа;

22. Чем отличается звено полузапаздывания от звена запаздывания?

a) Диапазон изменения амплитуды звена полузапаздывания в 2 раза меньше, чем у звена запаздывания;

b) Диапазон изменения фазы звена полузапаздывания в 2 раза меньше, чем у звена запаздывания;

c) Диапазон изменения амплитуды и фазы звена полузапаздывания в 2 раза меньше, чем у звена запаздывания;

d) Нет верного ответа;

23. Переходная функция для объекта второго порядка с бесконечной пространственной протяженностью при ГУ-II имеет вид:

a) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{2*\sqrt{a*t}}{\lambda}*ierfc\frac{x}{2*\sqrt{a*t}};$

b) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{2*\sqrt{a*t}}{x}*ierfc\frac{\lambda}{2*\sqrt{a*t}};$

c) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{\sqrt{a*t}}{x}*ierfc\frac{\lambda}{\sqrt{a*t}};$

d) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{\sqrt{a*t}}{\lambda}/ierfc\frac{x}{\sqrt{a*t}};$

24. Переходная функция для объекта второго порядка с бесконечной пространственной протяженностью при ГУ-III имеет вид:

a) $\lambda_{III}(x,t)=erfc\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}+e^{(x*H+t*a*H^2)}/erfc(\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}+H*\sqrt{a*t});$

b) $\lambda_{III}(x,t)=erfc\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}-e^{(x*H+t*a*H^2)}*erfc(\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}+H*\sqrt{a*t});$

c) $\lambda_{III}(x,t)=erfc\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}+e^{(x*H+t*a*H^2)}*erfc(\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}+H*\sqrt{a*t});$

d) $\lambda_{III}(x,t)=erfc\frac{x}{2*\sqrt{a*t}}-e^{(x*H+t*a*H^2)}*erfc(\frac{x}{\sqrt{a*t}}+\sqrt{a*t});$

25. Передаточная функция ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-II имеет вид:

a) $W_{II}(p)=\frac{ch\sqrt{T_x*p}}{\sqrt{T_0*p}*sh\sqrt{T_R*p}};$

b) $W_{II}(p)=\frac{ch\sqrt{T_x*p}}{\sqrt{T_0/p}*sh\sqrt{T_R/p}};$

c) $W_{II}(p)=\frac{sh\sqrt{T_x/p}}{\sqrt{T_0/p}*ch\sqrt{T_R*p}};$

26. Передаточная функция ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-III имеет вид:

a) $W_{III}(p)=\frac{sh\sqrt{T_x*p}}{sh\sqrt{T_R*p}+\sqrt{T_1*p}*ch\sqrt{T_R*p}};$

b) $W_{III}(p)=\frac{ch\sqrt{T_x*p}}{ch\sqrt{T_R*p}+\sqrt{T_1*p}*sh\sqrt{T_R*p}};$

c) $W_{III}(p)=\frac{ch\sqrt{T_x*p}}{ch\sqrt{T_R*p}-\sqrt{T_1*p}*sh\sqrt{T_R*p}};$

d) $W_{III}(p)=\frac{sh\sqrt{T_x*p}}{sh\sqrt{T_R*p}-\sqrt{T_1*p}*ch\sqrt{T_R*p}};$

27. Переходная функция для ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-II имеет вид:

a) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{R}{\lambda}*[\frac{a*t}{R^2}-\frac{R^2-3*x^2}{R^2}+\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*(-1)^{n+1}}{\mu_n^2}*\cos(\mu_n)*e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

b) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{R}{\lambda}*[\frac{a*t}{R^2}+\frac{R^2-3*x^2}{R^2}-\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*(-1)^{n+1}}{\mu_n^2}*\cos(\mu_n)*e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

c) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{R}{\lambda}*[\frac{a*t}{R^2}-\frac{R^2+3*x^2}{R^2}+\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*(-1)^{n-1}}{\mu_n^2}*\cos(\mu_n)*e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

d) $\lambda_{II}(x,t)=\frac{\lambda}{R}*[\frac{a*t}{R^2}-\frac{R^2-3*x^2}{R^2}+\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*(-1)^{n+1}}{\mu_n^2}*\cos(\mu_n)*e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

28. Переходная функция для ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-III имеет вид:

a) $\lambda_{III}(x,t)=1+\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*\sin\mu_n}{\mu_n+\sin\mu_n*\cos\mu_n}*\cos(\mu_n)/e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

b) $\lambda_{III}(x,t)=1-\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*\sin\mu_n}{\mu_n+\sin\mu_n*\cos\mu_n}*\cos(\mu_n*\frac{x}{R})*e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

c) $\lambda_{III}(x,t)=1-\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{\sin\mu_n}{\mu_n+\sin\mu_n*\cos\mu_n}*\cos(\mu_n)*e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

d) $\lambda_{III}(x,t)=1+\sum_{n=1}^{\infty}(\frac{2*\sin\mu_n}{\mu_n+\sin\mu_n*\cos\mu_n}*\cos(\mu_n*\frac{x}{R})/e^{-\mu_n^2*\frac{a*t}{R^2}});$

29. Модальное представление ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности имеет вид:

a) $\begin{cases} \frac{dZ_0(t)}{dt} = -\frac{k_0}{T_R} * q(t) \\ \frac{dZ_n(t)}{dt} = \frac{1}{T_n} * (k_0 * q(t) - Z_n(t)) \end{cases}$;

b) $\begin{cases} \frac{dZ_0(t)}{dt} = -\frac{k_0}{T_R} * q(t) \\ \frac{dZ_n(t)}{dt} = -\frac{1}{T_n} * (k_0 * q(t) + Z_n(t)) \end{cases}$;

c) $\begin{cases} \frac{dZ_0(t)}{dt} = \frac{k_0}{T_R} * q(t) \\ \frac{dZ_n(t)}{dt} = \frac{1}{T_n} * (k_0 * q(t) + Z_n(t)) \end{cases}$;

d) $\begin{cases} \frac{dZ_0(t)}{dt} = \frac{k_0}{T_R} * q(t) \\ \frac{dZ_n(t)}{dt} = \frac{1}{T_n} * (k_0 * q(t) - Z_n(t)) \end{cases}$;

30. Функция Грина имеет вид:

a) $G(x, t-\tau, \xi)$;

b) $G(x-t, \xi-\tau)$;

c) $G(x, \xi-t, \tau)$;

d) $G(x-\xi, t, \tau)$;

31. Модальное управление ОРП это:

a) Управление конечным числом временных мод функции состояния данного ОРП;

b) Управление бесконечным числом временных мод функции состояния данного ОРП;

c) Управление бесконечным числом координатных мод функции состояния данного ОРП;

d) Управление конечным числом координатных мод функции состояния данного ОРП;

32. Уравнение для временных мод имеет вид:

a) $\frac{dZ_n(t)}{dt} - \mu_n^2 * Z_n(t) = y_n(t)$;

b) $\frac{dZ_n(t)}{dt} + \mu_n^2 * Z_n(t) = y_n(t)$;

c) $\frac{dZ_n(t)}{dt} - \mu_n^2 / Z_n(t) = y_n(t)$;

d) $\frac{dZ_n(t)}{dt} + \mu_n^2 / Z_n(t) = y_n(t)$;

33. Решение для уравнения для временных мод имеет вид:

a) $Z_n(t) = \int_t^0 e^{-\mu_n^2 * (t-\tau)} * y_n(\tau) dt - Z_n(0) * e^{-\mu_n^2 * (t)}$;

b) $Z_n(t) = \int_0^t e^{-\mu_n^2 * (t-\tau)} * y_n(\tau) dt - Z_n(0) * e^{-\mu_n^2 * (t)}$;

c) $Z_n(t) = \int_0^t e^{-\mu_n^2 * (t-\tau)} * y_n(\tau) dt + Z_n(0) * e^{-\mu_n^2 * (t)}$;

d) $Z_n(t) = \int_0^t e^{\mu_n^2 * (t+\tau)} * y_n(\tau) dt + Z_n(0) * e^{\mu_n^2 * (t)}$;

34. ОРП называется управляемым относительно заданного начального и требуемого конечного состояний:

a) Если существует допустимое управление, которое переводит ОРП из начального состояния в конечное;

b) Если существует допустимое управление, которое переводит ОРП из конечного состояния в начальное;

c) Если не существует допустимое управление, которое переводит ОРП из начального состояния в конечное;

d) Если не существует недопустимое управление, которое переводит ОРП из начального состояния в конечное;

35. Альтернансный метод разработан для:

a) Для решения задач с фиксированным правым концом траектории и управляющими воздействиями с ограниченным числом интервалов постоянства;

b) Для решения задач с подвижным правым концом траектории и управляющими воздействиями с ограниченным числом интервалов постоянства;

c) Для решения задач с подвижным правым концом траектории и управляющими воздействиями с неограниченным числом интервалов постоянства;

d) Для решения задач с фиксированным правым концом траектории и управляющими воздействиями с неограниченным числом интервалов постоянства;

2.2. Формы промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Дайте определение ОСП

2. Дайте определение ОРП
3. Принципиальные особенности задач управление ОРП
4. Деление всех управляющих воздействия для ОРП
5. Управляющие воздействия, применяемые только для управления ОРП
6. Решение уравнения математической физики второго порядка общего вида:
7. Уравнения математической физики второго порядка общего вида, содержащие производную первого порядка по t и производную второго порядка по x
8. Уравнения математической физики второго порядка общего вида, которые не содержат производной по t, описывают статическое состояние объекта
9. Уравнения математической физики второго порядка общего вида, содержащие вторые производные функции состояния по x и t
10. Общая форма записи граничных условий для уравнений математической физики второго порядка общего вида
11. Граничные условия первого рода
12. Граничные условия второго рода
13. Граничные условия третьего рода
14. Передаточная функция типового ОРП первого порядка имеет вид (процесс нагрева в печи движущихся заготовок с постоянной скоростью
15. Передаточная функция ОРП второго порядка бесконечной пространственной протяженности при ГУ-II
16. Передаточная функция ОРП второго порядка бесконечной пространственной протяженности при ГУIII
17. Полуинтегрирующее звено
18. Полуапериодическое звено
19. Звено полузапаздывания
20. Чем отличается полуапериодическое звено от апериодического?
21. Чем отличается полуинтегрирующее звено от интергирующего?
22. Чем отличается звено полузапаздывания от звена запаздывания?
23. Переходная функция для объекта второго порядка с бесконечной пространственной протяженностью при ГУ-II
24. Переходная функция для объекта второго порядка с бесконечной пространственной протяженностью при ГУ-III
25. Передаточная функция ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-II
26. Передаточная функция ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-III
27. Переходная функция для ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-II
28. Переходная функция для ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности при ГУ-III
29. Модальное представление ОРП второго порядка конечной пространственной протяженности
30. Функция Грина
31. Модальное управление ОРП
32. Уравнение для временных мод
33. Решение для уравнения для временных мод
34. ОРП называется управляемым относительно заданного начального и требуемого конечного состояний
35. Альтернансный метод

Примерная структура билета

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине **Б1.В.01.06 «Структурное моделирование и управление теплоэнергетическими системами с распределенными параметрами»**

1. Принципиальные особенности задач управление ОРП
2. Модальное управление ОРП

Для направления **13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Семестр 2

Составитель: _____ Ю.Э. Плешивцева

«____» _____ 20__ года

Заведующий кафедрой _____ М.Ю. Лившиц

«____» _____ 20__ года

Тесты по компетенциям

Дисциплина Б1.В.01.06 «Структурное моделирование и управление теплоэнергетическими системами с распределенными параметрами

(шифр и наименование дисциплины)

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы в РПД	Семестр
ПК-2 Способен применять современные методы моделирования, управления и системного анализа при решении профессиональных задач в теплоэнергетике и теплотехнике				
1	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** В задача оптимального управления ОРП ограничение на управляющее воздействие чаще всего имеет вид … а) $U_{min} \le U(x,t) \le U_{max}, \forall\, x \in [0,R], \forall t \in [0,t^0]$ б) $\max_{x\in[0,R]} \Theta(x,t) \le \Theta_{доп}, \forall t \in [0,t^0]$ в) $\frac{\partial\Theta(0,t)}{\partial x} = 0$	а	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	2
2	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Типичным примером ОРП является … а) объект, выходная координата которого зависит от времени и не зависит от пространственной координаты б) объект, функцией состояния которого является изменяющее во времени и по пространственной координате температурное поле в) объект, выходной координатой которого является среднеинтегральная по объему тела температура	б	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	2
3	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Типовые ОРП описываются … а) дифференциальными уравнениями в частных производных б) обыкновенными дифференциальными уравнениями в) алгебраическими уравнениями	а	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	2
4	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Ограничение на максимально допустимую температуру в процессе нагрева имеет вид … а) $U_{min} \le U(x,t) \le U_{max}, \forall\, x \in [0,R], \forall t \in [0,t^0]$ б) $\max_{x\in[0,R]} \Theta(x,t) \le \Theta_{доп}, \forall t \in [0,t^0]$ в) $\frac{\partial\Theta(0,t)}{\partial x} = 0$	б	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	2
5	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Задача со свободным концом траектории – это … а) задача, в которой задается фиксированное конечное состояние ОРП б) задача, в которой не задаётся допустимое конечное состояние ОРП в) задача, в которой задается нулевое конечное состояние	б	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	2
6	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Краевые условия – это … а) начальные условия б) ограничения на фазовые координаты в) совокупность начальных и граничных условий	в	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	2
7	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** В уравнении теплопроводности	в	Структурное моделирование объектов и систем с	2

	$\frac{\partial\Theta(x,t)}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2\Theta(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x}\frac{\partial\Theta(x,t)}{\partial x}\right) + W(x,t),$ Г – это … а) температуропроводность б) теплопроводность в) коэффициент формы		распределенными параметрами	
8	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Максимальное перерегулирование характеризует: а. максимальное быстродействие процесса б. максимальное отклонение регулируемой величины от установившегося значения в. максимальную установившуюся ошибку	б	Управление теплоэнергетическими объектами с распределенными параметрами	2
9	**Прочитайте текст задания и выберите правильный ответ:** Выражение $\lambda(x,t) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty}\frac{2\sin\mu_n}{\mu_n+\sin\mu_n\cos\mu_n}\cos\mu_n\frac{x}{r}e^{-\mu_n^2 at}$ описывает … а) передаточную функцию ОРП второго порядка бесконечной протяжённости при ГУ-2 б) переходную функция ОРП второго порядка бесконечной протяжённости при ГУ- 3 в) переходную функция ОРП второго порядка конечной протяжённости при ГУ-3	в	Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами	2
10	**Прочитайте текст задания и выберите правильный один ответ:** Критерий, связанный с быстродействием процесса имеет вид … а) $J_2 = \int_0^R [\Theta(x,t^0) - \Theta_{доп}(x)]^v dx = t^0 \to \min_{u(x,t)}$ б) $J_1 = \int_0^{t^0} dt = t^0 \to \min_{u(x,t)}$ в) $J_3 = \int_0^{t^0} u(t)dt = t^0 \to \min_{u(t)}$ а.	б	Оптимальное управление ОРП	2

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Учебная дисциплина формирует компетенции процедура оценивания представлена и реализуется поэтапно:

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – индикаторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП. Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных индикаторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенций ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Отчеты по лабораторным работам и конспектов оцениваются: «зачет», «незачет».

Шкала оценивания

«Зачет» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций на 50% и более оценивается критериями не ниже «удовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

«Отлично» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций 80% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия критериев «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций.

«Хорошо» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций на 60% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно», допускается критерий «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций.

«Удовлетворительно» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций 40% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой.

«Неудовлетворительно», «незачет» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций менее чем 40% (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины