

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор Д.А. Первухин

Проректор по образовательной
деятельности Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	27.04.04 Управление в технических системах
Направленность (профиль):	Анализ и синтез технических систем с распределёнными параметрами
Квалификация выпускника:	Магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Кухарова Т.В.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Моделирование систем с распределенными параметрами» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «27.04.04 Управление в технических системах», утвержденного приказом Минобрнауки России № 942 от 11.08.2020 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «27.04.04 Управление в технических системах» направленность (профиль) «Анализ и синтез технических систем с распределёнными параметрами».

Составитель _____ к.т.н., доцент Кухарова Т.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры системного анализа и управления от 01.02.2023 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой _____ профессор,
д.т.н. Первухин Д.А.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Моделирование систем с распределенными параметрами» является подготовка высококвалифицированного специалиста, обладающего знаниями методов моделирования систем с распределенными параметрами и умеющего выполнять исследовательские и расчетные работы по исследованию и синтезу систем с распределенными параметрами.

Задачами освоения дисциплины являются: приобретение знаний в области методов и средств моделирования систем с распределенными параметрами; формирование навыков анализа технологического процесса и выбора соответствующего поставленной задаче метода моделирования; формирование навыков разработки математических моделей, анализа и синтеза систем с распределенными параметрами; обеспечение подготовки студентов к изучению в последующих семестрах ряда специальных дисциплин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование систем с распределенными параметрами» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «27.04.04 Управление в технических системах» (уровень магистратуры) и изучается во 2-м семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Моделирование систем с распределенными параметрами» являются «Математическое моделирование объектов и систем управления», «Прикладное программирование».

Дисциплина «Моделирование систем с распределенными параметрами» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Управление технологическими процессами», «Синтез систем с распределенными параметрами».

Особенностью дисциплины является направленность на формирование у обучающихся навыков решения широкого класса задач управления системами с распределенными параметрами.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Моделирование систем с распределенными параметрами» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен выбирать методы и разрабатывать системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами	ОПК-8	ОПК-8.1. Уметь: проводить анализ объектов и систем управления
		ОПК-8.2. Уметь: синтезировать законы управления техническими объектами
		ОПК-8.3. Уметь: применять, а при необходимости разрабатывать собственные методы анализа и законы управления
Способен владеть навыками анализа, разработки, моделирования и внедрения элементов и систем автоматизации производственных процессов	ПКС-4	ПКС-4.1. Знать: технические характеристики и функциональные возможности программных средств автоматизации
		ПКС-4.2. Уметь: проводить идентификацию и диагностику систем и средств управления

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		ПКС- 4.3. Уметь: проводить математическое и компьютерное моделирование на основе результатов экспериментальных и аналитических исследований, в том числе с разработкой специализированного программного обеспечения
		ПКС-4.4. Уметь: проводить анализ технологических возможностей средств автоматизации и механизации этапов производственных процессов
		ПКС-4.5. Владеть: навыками подбора технических средств автоматизации, знать их типы и конструктивные особенности, средства и методы математического, программного описания
		ПКС- 4.6. Владеть: техническими средствами автоматизации, включающими элементы управления, системы и средства измерения, а также информационное обеспечение указанных средств

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		2
Аудиторная работа, в том числе:	34	34
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	38	38
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	38	38
Подготовка к лабораторным занятиям	-	-
Подготовка к зачету / дифф. зачету	-	-
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э (36)	Э (36)
Общая трудоёмкость дисциплины		
ак. час.	108	108
зач. ед.	3	3

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента,
Раздел 1 «Модели распределенных объектов. Частотный анализ динамических характеристик распределенных объектов»	38	8	10	-	20
Раздел 2 «Распределенные звенья и блоки»	4	4	-	-	-
Раздел 3 «Синтез регуляторов для систем с распределенными параметрами»	30	5	7	-	18
Итого:	72	17	17	-	38

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1 «Модели распределенных объектов. Частотный анализ динамических характеристик распределенных объектов»	Математические модели распределенных объектов различной физической природы. Математическая модель температурных полей нагревательной камеры. Математическая модель гидrolитосферного процесса. Математические модели магнитных и электромагнитных полей. Модальное представление распределенных объектов. Понятие пространственно-инвариантных объектов. Достаточное условие устойчивости распределенных систем. Особенности применения критерия Найквиста к пространственно-инвариантным системам.	8
2	Раздел 2 «Распределенные звенья и блоки»	Распределенные звенья. Аппроксимация динамических характеристик распределенных звеньев. Техническая реализация распределенных звеньев. Распределенный высокоточный регулятор. Распределенные блоки. Распределенный фильтр.	4
3	Раздел 3 «Синтез регуляторов для систем с распределенными параметрами»	Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов для процессов, описываемых линейной системой дифференциальных уравнений. Частотный метод синтеза регуляторов для систем с распределенными параметрами. Этапы проектирования распределенных систем управления параметрами гидrolитосферных процессов.	5
Итого:			17

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Моделирование процесса распространения тепла в многослойной пластине	5
2	Раздел 1	Моделирование гидrolитосферных процессов	5
3	Раздел 3	Синтез распределенного регулятора и моделирование замкнутой системы управления	7
Итого:			17

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Модели распределенных объектов. Частотный анализ динамических характеристик распределенных объектов

1. Перечислите основные методы моделирования объектов с распределенными параметрами.
2. Перечислите основные формы представления распределенных объектов.
3. Что представляет собой конечномерная аппроксимация систем с распределенными параметрами?
4. Как осуществляется численное моделирование объектов с распределенными параметрами?
5. Как осуществляется частотный анализ динамических характеристик распределенных объектов?
6. Что представляет собой пространственная мода?

7. Что представляет собой обобщенная пространственная координата?
8. В чем заключается достаточное условие устойчивости распределенных систем?
9. Назовите особенности применения критерия Найквиста к пространственно-инвариантным системам.
10. Назовите условия пространственной инвариантности системы с распределенными параметрами.
11. Приведите примеры пространственно-распределенных объектов и систем.

Раздел 2. Распределенные звенья и блоки

1. Приведите передаточную функцию пространственно-усилительного звена.
2. Приведите передаточную функцию идеального пространственно-дифференцирующего звена.
3. Приведите передаточную функцию пространственно-форсирующего звена.
4. Приведите передаточную функцию идеального пространственно-интегрирующего звена.
5. Приведите передаточную функцию пространственно-изодромного звена.
6. Приведите передаточную функцию распределенного высокоточного регулятора.
7. Изобразите структуру распределенного блока.
8. Каким образом осуществляется определение параметров распределенного аппроксимирующего звена?

Раздел 3. Синтез регуляторов для систем с распределенными параметрами

1. В чем заключается особенность применения метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов к системам с распределенными параметрами?
2. Как осуществляется синтез системы управления объектом с распределенными параметрами частотным методом?
3. Как определяются запасы устойчивости распределенной системы по модулю и фазе?
4. В чем заключается основное преимущество распределенной системы управления?
5. Приведите пример распределенного регулятора прямого действия.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):

1. Назовите основные виды математических моделей распределенных систем.
2. Какие существуют основные формы представления распределенных объектов?
3. Что такое линеаризация математических моделей распределенных систем?
4. Перечислите и опишите основные распределенные звенья.
5. Опишите алгоритм функционирования распределенного высокоточного регулятора.
6. Как осуществляется численное моделирование объектов с распределенными параметрами?
7. Как описать распределенные объекты дифференциальными уравнениями?
8. Что принято называть системами с сосредоточенными параметрами?
9. Что такое конечномерная аппроксимация систем с распределенными параметрами?
10. Какие существуют методы моделирования объектов с распределенными параметрами?
11. Какие существуют методы аппроксимации точных решений уравнений объекта?
12. Какие существуют методы аппроксимации исходных уравнений объекта?
13. Какие существуют методы конечномерных приближений?
14. Назовите достаточное условие устойчивости распределенных систем.
15. Что такое параметрический синтез регуляторов?
16. Что представляет собой аналитическое конструирование оптимальных регуляторов?
17. Как описать распределенные объекты на основе импульсных переходных функций?
18. Что такое импульсные и переходные функции?
19. Что такое модальное представление распределенных объектов?
20. Как представляются объекты в виде ряда Фурье?

21. Что такое пространственные координаты?
22. Что такое граничные условия и входное воздействие?
23. Опишите функцию Грина.
24. Что называют фундаментальным решением краевой задачи?
25. Сформулируйте основы векторно-матричного подхода к исследованию динамических распределенных систем.
26. В чем заключается сущность частотного метода синтеза?
27. Что представляет собой системы с подвижным управляющим воздействием?
28. Что есть замкнутая распределенная система со скалярной функцией?
29. Что в себя включает моделирование сложных технических объектов?
30. Поясните, в каких случаях вводят ряд допущений и упрощений?
31. Как описать реакцию управляемой распределенной системы?
32. Чем служит математическая модель технической системы?
33. Сформулируйте обязательное условие переноса теплоты путем теплопроводности.
34. Назовите способы переноса теплоты в реальных условиях.
35. Что такое зависимость процессов регулирования?
36. Каковы составляющие системы регулирования? Назовите их свойства.
37. Расскажите о микро-, макро- и метауровнях в моделировании.
38. Как происходит описание математической модели объекта волновым уравнением?
39. Где используются регуляторы прямого действия?
40. Как происходит моделирование работы замкнутой системы?
41. Назовите современные методы исследования распределенных систем управления.

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Процедуры обработки результатов моделирования включают:	<ol style="list-style-type: none"> 1. операции ввода информации в систему; 2. операции ввода, обработки, вывода результатов; 3. операции обработки и вывода результатов; 4. преобразование результатов моделирования и их отображение.
2.	Какие из приведённых ниже моделей являются статическими?	<ol style="list-style-type: none"> 1. программа, имитирующая движение механизма; 2. график переходного процесса; 3. структурная схема модели; 4. план проведения машинного эксперимента.
3.	Функция анализа моделирования:	<ol style="list-style-type: none"> 1. это выбор альтернативы, осуществляемый исследователем в рамках его компетенции, направленной на достижение конкретных целей моделирования; 2. осуществляется в процессе исследования и изучения системы управления, выбора альтернативы моделирования; 3. охватывает все стороны моделирования; 4. проводит анализ моделирования в рамках компетенции исследователя.

4.	Отношение преобразований Лапласа выходной и входной величин системы при нулевых начальных условиях называется:	<ol style="list-style-type: none"> 1. передаточной функцией; 2. переходной функцией; 3. системной функцией; 4. импульсной функцией.
5.	Системой называется:	<ol style="list-style-type: none"> 1. декартово пересечение множеств функций входа X и функций выхода Y; 2. множество функций входа X; 3. множество функций выхода Y; 4. нет правильного ответа.
6.	Все объекты управления могут быть разделены на следующие виды:	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейные и нелинейные; 2. с сосредоточенными и с распределенными параметрами; 3. стохастические и детерминированные; 4. квадратичные и распределенные.
7.	Нелинейной системой называется?	<ol style="list-style-type: none"> 1. система, которая не содержит звеньев и описывается нелинейным уравнением; 2. система, которая содержит хотя бы одно звено, описываемое нелинейным уравнением; 3. система, которая содержит несколько звеньев и описывается нелинейным уравнением; 4. система, которая не содержит звеньев и описывается линейным уравнением.
8.	В дифференциальном уравнении теплопроводности $\frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T(\dots)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T(\dots)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T(\dots)}{\partial z^2} \right)$, параметры $\partial x, \partial y, \partial z$ - это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. шаги дискретизации по пространственным координатам; 2. постоянные (переменные) числа; 3. допустимы оба варианта; 4. оба варианта не допустимы.
9.	Распределенные объекты (систем) описываются с использованием:	<ol style="list-style-type: none"> 1. дифференциальных уравнений в частных производных и передаточных функций; 2. временных и частотных характеристик; 3. допустимы оба варианта; 4. оба варианта не допустимы.
10.	Переменная ω в операторе Лапласа $p = j\omega$ - это?	<ol style="list-style-type: none"> 1. частота; 2. заданный коэффициент; 3. коэффициент устойчивости; 4. круговая частота.
11.	Что означает функция ψ_i в распределенном входном воздействии?	<ol style="list-style-type: none"> 1. пространственная координата; 2. пространственная частота; 3. коэффициент разложения в ряд Фурье; 4. коэффициент запаса устойчивости.
12.	Какой характеристики датчика не существует?	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейность; 2. диапазон измерения; 3. взвешенная способность; 4. разрешающая способность.

13.	При разработке математической модели нагревательной камеры разрабатывается полная математическую модель:	<ol style="list-style-type: none"> 1. в случае, когда анализ объекта управления проводится численным методом на ЦВМ; 2. в случае, когда для уточнения характеристик проводят экспериментальные исследования объекта; 3. в случае, когда допускается превышение значения ошибки стабилизации температурного поля более чем на 1%; 4. в случае, когда допускается превышение значения ошибки стабилизации температурного поля менее чем на 1%.
14.	В каком случае при разработке математической модели нагревательной камеры разрабатывается простая математическая модель, отражающая физическую сущность процесса?	<ol style="list-style-type: none"> 1. в случае, когда анализ объекта управления проводится численным методом на ЦВМ; 2. в случае, когда допускается превышение значения ошибки стабилизации температурного поля более чем на 1%; 3. в случае, когда допускается превышение значения ошибки стабилизации температурного поля менее чем на 1%; 4. в случае, когда для уточнения характеристик проводят экспериментальные исследования объекта.
15.	Чем описывается математическая модель нагревательной камеры для спекания световодов:	<ol style="list-style-type: none"> 1. совокупностью передаточных функций; 2. системой дифференциальных уравнений в частных производных; 3. частотными характеристиками объекта; 4. линейными уравнениями.
16.	Что определяется исходя из данного выражения: $\Delta\varphi_{\eta} = \pi + \varphi_{p,\eta}(\omega_{\eta})$	<ol style="list-style-type: none"> 1. частота среза фазы по моде; 2. запас устойчивости по фазе; 3. частота среза по критерию Чернышева; 4. запас устойчивости по модулю.
17.	Преимуществом систем управления с обратной связью является	<ol style="list-style-type: none"> 1. простота в математическом описании ОУ; 2. большая инвариантность по отношению к возмущающим воздействиям; 3. меньшая зависимость от изменения характеристик ОУ или УУ; 4. все вышеперечисленное.
18.	Главная обратная связь отсутствует в системах с управлением	<ol style="list-style-type: none"> 1. по отклонению и производным отклонения; 2. по отклонению; 3. по возмущению; 4. по отклонению и интегралу отклонения.
19.	Функция $f(t)$ называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. возмущающим воздействием; 2. задающим воздействием; 3. управляющим воздействием; 4. ошибкой регулирования.

20.	Если АФЧХ разомкнутой системы начинается в точке на комплексной плоскости с координатами $[-1, j0]$, то замкнутая система	<ol style="list-style-type: none"> 1. устойчива; 2. находится на периодической границе устойчивости; 3. находится на аperiodической границе устойчивости; 4. не устойчива.
-----	--	--

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Укажите задачу контроля процесса моделирования:	<ol style="list-style-type: none"> 1. контроль выполнения плана моделирования; 2. контроль результатов моделирования; 3. контроль промежуточных результатов моделирования; 4. контроль качества обработки результатов моделирования.
2.	Модель какого вида не существует?	<ol style="list-style-type: none"> 1. физическая; 2. математическая; 3. промышленная; 4. имитационная.
3.	Какой математический аппарат применяется при моделировании нелинейных систем?	<ol style="list-style-type: none"> 1. дифференциальные уравнения и логические операторы; 2. передаточные функции; 3. графы системы; 4. линейная алгебра.
4.	Для моделирования непрерывно-детерминированных систем применяют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейные уравнения; 2. дифференциальные уравнения; 3. стохастические характеристики; 4. разностные уравнения.
5.	К чему приводит уменьшение шага по времени при численном решении дифференциальных уравнений в частных производных?	<ol style="list-style-type: none"> 1. к увеличению устойчивости вычислительной схемы; 2. к неустойчивости вычислительной схемы; 3. не влияет на устойчивость вычислительной схемы; 4. к уменьшению устойчивости вычислительной системы.
6.	Регулятор – устройство, обеспечивающее поддержание заданного значения:	<ol style="list-style-type: none"> 1. внешнего воздействия; 2. задающего воздействия; 3. управляющего воздействия; 4. регулируемой величины.
7.	Задача регулирования:	<ol style="list-style-type: none"> 1. доведение выходной величины объекта регулирования до заданного определенного значения и удержания ее на данном значении с учетом влияния возмущающих воздействий; 2. стабилизация внешнего воздействия; 3. регулирование возмущающих воздействий; 4. стабилизация возмущающих воздействий.

8.	Совокупность фазовых траекторий для всевозможных изменений начальных состояний называют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. логарифмической характеристикой системы; 2. фазовым портретом системы; 3. частотной характеристикой системы; 4. условиями абсолютной нелинейности.
9.	<p>В дифференциальном уравнении теплопроводности</p> $\frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T(\dots)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T(\dots)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T(\dots)}{\partial z^2} \right)$ <p>, параметр $\partial \tau$ - это:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. переменная; 2. функция температуры; 3. шаг дискретизации по времени; 4. пространственная координата.
10.	Переходная характеристика характеризует реакцию системы:	<ol style="list-style-type: none"> 1. на единичный идеальный импульс $\delta(t)$; 2. на единичную ступенчатую функцию; 3. на реакцию системы на нелинейное входное воздействие; 4. на гармоническое входное воздействие.
11.	При формировании пространственной формы входного воздействия на распределенный объект управления учитываются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. начальные условия; 2. условия на границах раздела сред; 3. граничные условия; 4. никакие условия не учитываются.
12.	В каком случае распределенный объект (систему) структурно можно представить в виде бесконечной совокупности независимых условно сосредоточенных контуров?	<ol style="list-style-type: none"> 1. при определении реакции системы на входной сигнал, представленный в виде комбинации дельта функций в пространственной и временной областях; 2. при определении реакции объекта на собственные вектор-функции оператора объекта; 3. в обоих перечисленных случаях; 4. ни в одном из перечисленных случаев.
13.	Критическим (предельным) называется значение параметра, при котором система:	<ol style="list-style-type: none"> 1. становится замкнутой; 2. имеет перерегулирование более 30 %; 3. находится на границе устойчивости; 4. имеет запас устойчивости менее 30 %.
14.	Разница между значением минус 180° и значением ЛФЧХ на частоте среза называется:	<ol style="list-style-type: none"> 1. фазовой характеристикой; 2. степенью устойчивости; 3. перерегулированием; 4. добротностью.
15.	Если система замкнута, то для анализа её устойчивости в этом состоянии по критерию Найквиста перед построением АФЧХ системе нужно:	<ol style="list-style-type: none"> 1. разомкнуть; 2. замкнуть; 3. оставить в нынешнем состоянии; 4. найти число правых корней характеристического уравнения.
16.	АФЧХ дифференцирующего звена представляет собой:	<ol style="list-style-type: none"> 1. эллипс; 2. прямую линию; 3. треугольник; 4. многоугольник.
17.	АФЧХ безинерционного звена представляет собой:	<ol style="list-style-type: none"> 1. эллипс; 2. круг; 3. прямую линию; 4. точку.

18.	В каких единицах откладывается по оси ординат фазочастотная характеристика?	1. градусах; 2. децибелах; 3. октавах; 4. декадах.
19.	Как называется характеристика $\varphi(\omega)$?	1. логарифмическо частотная характеристика; 2. фазочастотная характеристика; 3. амплитудно частотная характеристика; 4. вещественно частотная характеристика.
20.	Чем осуществляется регулировка скорости движения теплоносителя в каналах, а, следовательно, интенсивности подвода тепловой энергии:	1. регулятором обратного действия; 2. воздействием температурного поля; 3. воздействием торсионного поля; 4. регулятором прямого действия.

Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Задача выделения из среды моделируемого объекта:	1. является неразрешимой; 2. имеет однозначное решение; 3. не может иметь однозначного решения; 4. является тривиальной.
2.	При аналитическом составлении математической модели обычно используются:	1. уравнения материального баланса; 2. уравнение энергетического баланса; 3. уравнение максимального правдоподобия; 4. варианты 1 и 2.
3.	Какой принцип реализует общая процедура построения моделей?	1. принцип последовательного раскрытия неопределённостей; 2. принцип максимума; 3. принцип параллельного раскрытия неопределённостей; 4. принцип эволюционного решения.
4.	Какой из законов механики используется при разработке математической модели исполнительного двигателя позиционной следящей системы?	1. закон сохранения количества движения; 2. первый закон Ньютона; 3. второй закон Ньютона; 4. второй закон Ньютона для вращательного движения.
5.	Если параметры распределенного объекта не зависят от времени, то соответствующий ему распределенный блок будет называться:	1. нестационарным; 2. стохастическим; 3. линейным; 4. стационарным.
6.	Распределенные объекты, математические модели которых допускают разложение по собственным вектор-функциям оператора объекта, передаточная функция распределенного объекта могут быть представлены в виде совокупности передаточных функций по пространственным модам?	1. да, при уменьшении устойчивости вычислительной системы; 2. да; 3. нет; 4. нет, при увеличении устойчивости вычислительной системы.

7.	Устройство любой природы, в котором выделены вход и выход, зависящие от пространственных координат, называется:	<ol style="list-style-type: none"> 1. сосредоточенным блоком; 2. распределенным блоком; 3. нелинейным блоком; 4. линейным блоком.
8.	Что означает функция ψ_i в распределенном входном воздействии?	<ol style="list-style-type: none"> 1. пространственная частота; 2. пространственная координата; 3. коэффициент разложения в ряд Фурье; 4. время.
9.	Если среди всех корней дисперсионного уравнения найдется хотя бы один, у которого имеется положительная действительная часть:	<ol style="list-style-type: none"> 1. то это не повлияет на устойчивость системы; 2. то система будет устойчива; 3. невозможно ответить; 4. то система будет неустойчива.
10.	Процесс регулирования:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не зависит ни от чего; 2. не зависит от физической природы регулируемой величины; 3. зависит от физической природы регулируемой величины; 4. в некоторых случаях зависит от физической природы регулируемой величины.
11.	В каких случаях следует использовать распределенные блоки?	<ol style="list-style-type: none"> 1. в случаях, когда требуется провести анализ разомкнутой системы; 2. в случаях, когда требуется провести анализ замкнутой системы; 3. в случаях, когда требуется провести синтез разомкнутой системы; 4. в случаях, когда требуется реализовать сложную частотную поверхность.
12.	Чем осложняется использование метода АКОР для систем с распределенными параметрами	<ol style="list-style-type: none"> 1. тем, что метод базируется на решении системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных; 2. тем, что метод базируется на решении системы уравнений типа Рикатти; 3. тем, что метод базируется на решении системы нелинейных интегральных уравнений в частных производных; 4. тем, что метод базируется на решении системы нелинейных уравнений.
13.	К чему стремится статическая ошибка регулирования, если в замкнутой системе управления используется распределенный высокоточный регулятор?	<ol style="list-style-type: none"> 1. к 1; 2. к нулю; 3. к бесконечности; 4. к количеству пространственных мод.
14.	Для оценки динамических характеристик нужно составить:	<ol style="list-style-type: none"> 1. физическую модель объекта управления; 2. математическую модель объекта управления; 3. геометрическую модель объекта управления; 4. инвариантная модель объекта управления.

15.	Выбор значений коэффициентов усиления регуляторов осуществляется с учетом радиусов спектров:	1. Найквиста; 2. Фурье; 3. Гершгорина; 4. Антонова.
16.	Входные воздействия в распределенный регулятор и объект реализуются в виде:	1. непрерывной по пространству функции; 2. оба варианта допустимы; 3. дискретной по пространству функции; 4. оба не верны.
17.	Значение времени, отсекаемое на линии установившегося значения касательной к переходной характеристике инерционного звена, восстановленной из начала координат, называется:	1. временем регулирования; 2. временем установления; 3. постоянной времени; 4. временем нарастания.
18.	Передачная функция последовательно соединенных звеньев равна:	1. разности функций звеньев; 2. сумме функций звеньев; 3. произведению функций звеньев; 4. комбинации 1 и 2.
19.	Степень устойчивости системы: характеризует:	1. запас устойчивости по фазе; 2. время регулирования; 3. перерегулирование; 4. запас устойчивости по амплитуде.
20.	Какие существуют способы включения корректирующих устройств в основную систему?	1. последовательно в прямой канал передачи; 2. в виде положительной или обратной связи, охватывающей часть элементов прямого канала; 3. в виде параллельной прямой связи, включаемой параллельно участку прямого канала; 4. все вышеперечисленные.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Сеславин, А. И. Теория автоматического управления. Линейные, непрерывные системы : учебник / А.И. Сеславин. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 314 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1014654. - ISBN 978-5-16-015022-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1014654> (дата обращения: 02.09.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. Жежера, Н. И. Проектирование цифровых систем автоматического управления на основе теории z-преобразований : учебное пособие / Н. И. Жежера. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 244 с. - ISBN 978-5-9729-0549-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1831996> (дата обращения: 02.09.2021). – Режим доступа: по подписке.

3. Совершенствование технологии производства окатышей и нового железорудного сырья для современной доменной плавки: теория, технология и оборудование подготовки шихт и их окомкования в производстве окатышей В 2 т. Т. 1 : монография / Ф. М. Журавлев, В. П. Лялюк, Н. И. Ступник [и др.]. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 332 с. - ISBN 978-5-9729-0455-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168571> (дата обращения: 02.09.2021). – Режим доступа: по подписке.

4. Совершенствование технологии производства окатышей и нового железорудного сырья для современной доменной плавки: теория, технология и оборудование термоупрочнения сырых окатышей и нового железорудного сырья. В 2 т.Т. 2 : монография / Ф. М. Журавлев, В. Я. Лялюк, Н. И. Ступнин [и др.] - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020 - 368 с. - ISBN 978-5-9729-0456-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168584> (дата обращения: 02.09.2021). – Режим доступа: по подписке.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Емельянов, С. Г. Автоматизированные нечетко-логические системы управления : монография / С.Г. Емельянов, В.С. Титов, М.В. Бобырь. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 175 с. — (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-009759-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167848> (дата обращения: 02.09.2021). – Режим доступа: по подписке.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания и рекомендации по проведению практических занятий по дисциплине «Моделирование систем с распределенными параметрами».

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Сайт Российской государственной библиотеки: <http://www.rsl.ru>.

2. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России:
<http://www.gpntb.ru>.

3. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>.

4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

1. Аудитория для проведения лекционных занятий и практических работ.

Оснащенность помещения: 16 посадочных мест. Стол аудиторный – 10 шт., компьютерное кресло – 23 шт., моноблок – 17 шт. (возможность доступа к сети «Интернет»), доска аудиторная под фломастер – 1 шт., лазерный принтер – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (ГК № 1464-12/10 от 15.12.10) Microsoft Office 2007 Professional Plus (Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, GPSS World (свободно распространяемое ПО), Arduino Software (IDE) (свободно распространяемое ПО), Microsoft SQL Server Express (свободно распространяемое ПО).

2. Аудитория для проведения лекционных занятий и практических работ.

Оснащенность помещения: 16 посадочных мест. Стол аудиторный – 9 шт., компьютерное кресло – 17 шт., моноблок – 17 шт. (возможность доступа к сети «Интернет»), лазерный принтер – 1 шт., доска – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (ГК № 1464-12/10 от 15.12.10) Microsoft Office 2007 Professional Plus (Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009 MathCad Education (Договор №1134-11/12 от 28.11.2012), GPSS World (свободно распространяемое ПО), Arduino Software (IDE) (свободно распространяемое ПО), Microsoft SQL Server Express (свободно распространяемое ПО).

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа

– 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года). CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения». Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1. Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 ProfessionalPlus,

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповёрт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional.

Microsoft Office 2007 Professional Plus.

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional. Microsoft Office 2007 Professional Plus. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

8.4. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Professional Plus.
3. MathCad Education.