

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 20.11.2023 17:43:43
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
« 12 » января 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Направление подготовки

12.03.01 Приборостроение

Направленность программы бакалавриата

Инновационные методы и системы преобразования информации в цифровой индустрии

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург

2021

Б1.О.18

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины.....	7
4.3. Занятия лекционного типа.....	7
4.4. Занятия семинарского типа.....	9
4.4.1. Семинары, практические занятия.....	9
4.4.2. Лабораторные работы.....	9
4.5. Самостоятельная работа обучающихся.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	13
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	14
10.1. Информационные технологии.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	15
Приложение № 1.....	16

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

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ОПК-1 Способен применять естественно-научные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения</p>	<p>ОПК 1.5. Способен формулировать задачи построения статических и динамических математических моделей различных технических объектов</p>	<p>Знать: принципы моделирования, классификацию способов представления моделей объектов и систем; методы математического моделирования сложных динамических систем и процессов (ЗН-1); основные принципы математического моделирования процессов химической технологии и построения оптимальных систем автоматического управления и основные методы построения математических моделей процессов химической технологии (ЗН-2);</p> <p>Уметь: составить математическую модель и выбрать метод исследования модели объекта или технологического процесса и системы управления этим объектом или процессом. (У-1); обоснованно ставить задачи оптимального управления динамическими системами, находить оптимальные структуры построения автоматических систем и рассчитывать оптимальные режимы работы систем (У-2);</p> <p>Владеть: методами математического моделирования с использованием современных технических и программных средств (Н-1) навыками расчетных и исследовательских приемов (Н-2).</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
--------------------------------	--	---

<p>ПК-1 Способен осуществлять комплектацию отдельных технических модулей, математического и алгоритмического обеспечения, обеспечивать организацию метрологического обеспечения и использовать типовые решения, материалы и современную элементную базу при проектировании измерительных систем</p>	<p>ПК 1.3 Использует методы математического моделирования на различных этапах разработки и проектирования технических средств измерений</p>	<p>Знать: методы определения параметров математических моделей объектов управления в разомкнутых и замкнутых системах (ЗН-1);</p> <p>Уметь: выполнять параметрическую идентификацию динамических моделей одномерных и многомерных объектов управления с применением имитационного моделирования управляемой системы и настраиваемых моделей (У-1);</p> <p>Владеть: умением учитывать особенности идентификации статических и динамических моделей технологических объектов управления (Н-1)</p>
--	--	--

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина (Б1.О.18) относится к дисциплинам, обязательной части и изучается на 4 курсе в 7 семестре

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Физика», «Математика», «Введение в информационные технологии», «Вычислительные машины и контроллеры», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория автоматического управления»

Полученные в процессе изучения дисциплины «Анализ, моделирование и оптимизация в приборостроении» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
Контактная работа с преподавателем:	126
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36(2)
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	КР (18)
КСР	-
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	18
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	КР, экзамен(36)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение, основные понятия метода моделирования	4	4	4	2	ОПК-1	ОПК 1.5
2.	Суть и особенности задач идентификации объектов управления	4	4	4	2	ОПК-1	ОПК 1.5
3.	Математическое моделирование и его применение при управлении технологическими процессами	4	4	4	2	ОПК-1	ОПК 1.5
4.	Идентификация статических и динамических моделей объектов управления	4	4	4	2	ОПК-1	ОПК 1.5
5.	Идентификация и установление адекватности моделей	4	4	4	2	ОПК-1	ОПК 1.5
6.	Технические и программные средства моделирования	4	4	4	2	ОПК-1	ОПК 1.5
7.	Методы исследования моделей, заключение	4	4	4	2	ПК-1	ПК 1.3
8.	Математические модели процессов и постановка задач оптимального управления	4	4	4	2	ПК-1	ПК 1.3
9.	Задачи статической оптимизации. Оптимизация непрерывных и дискретных динамических систем	4	4	4	2	ПК-1	ПК 1.3
Итого		36	36	36	18		

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ОПК 1.5.	Введение, основные понятия метода моделирования Суть и особенности задач идентификации объектов управления Математическое моделирование и его применение при управлении технологическими процессами Идентификация статических и динамических моделей объектов управления Идентификация и установление адекватности моделей Технические и программные средства моделирования
	ПК 1.3	Методы исследования моделей, заключение Математические модели процессов и постановка задач оптимального управления Задачи статической оптимизации. Оптимизация непрерывных и дискретных динамических систем

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение, основные понятия метода моделирования	4	ЛВ
2	<u>Применение математических моделей при управлении технологическими процессами</u> Двухуровневое управление технологическими процессами на основе статических и динамических моделей. Типовые законы регулирования для управления многомерными объектами с перекрестными связями. Настройка параметров типовых законов регулирования с использованием динамической модели объекта управления. Имитационное моделирование систем управления. Многоуровневое управление технологическими процессами на основе адаптивных моделей	2	ЛВ
2	<u>Применение математических моделей в системном анализе. Предмет идентификации. Математические модели в науке и технике. Типы математических моделей. Методы построения математических моделей. Понятие идентификации (Обзорная лекция)</u>	2	ЛВ
3	<u>Суть и особенности задач идентификации объектов управления. Задачи анализа и оптимизации систем управления. Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов. Задача идентификации объектов управления</u>	4	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	(Обзорная лекция)		
4	<u>Идентификация статических моделей объектов управления.</u> Общая схема постановки и решения задач статической идентификации. Расчет параметров модели по методу наименьших квадратов (МНК). Линейные и квадратичные по входам МНК-модели. Приведение моделей к линейным по параметрам. Вероятностная трактовка метода наименьших квадратов. Точность оценок по методу наименьших квадратов. Проверка значимости оценок параметров регрессии. Оценка качества регрессионной модели. Влияние входных воздействий на качество регрессионных моделей. Рекуррентная форма метода наименьших квадратов.	2	ЛВ
4	<u>Идентификация динамических моделей объектов управления.</u> Модели динамических систем и задачи их идентификации. Идентификация динамических объектов по реакциям на типовые воздействия (импульсные, гармонические, ступенчатые). Анализ возможностей идентификации объектов управления в режиме их нормальной эксплуатации с применением метода наименьших квадратов. Идентификация динамических объектов с применением имитационного моделирования и настраиваемых моделей.	2	ЛВ
5	Идентификация и установление адекватности	4	ЛВ
6	Технические и программные средства моделирования	4	ЛВ
7	Методы исследования моделей	4	ЛВ
8	<u>Математические модели процессов и постановка задач оптимального управления</u> Основные категории, взаимосвязь задач моделирования и оптимизации, типы математических моделей.	4	ЛВ
9	<u>Задачи статической оптимизации</u> Безусловная оптимизация, задачи оптимального управления при наличии ограничений	2	ЛВ
9	<u>Оптимизация непрерывных и дискретных динамических систем</u> Принцип максимума, уравнение Беллмана, задачи быстрогодействия, стабилизации, терминального управления Переход к дискретному времени. Методы модального управления, апериодическое управление, метод компенсации. Уравнение Беллмана, принцип максимума	2	ЛВ

4.4. Занятия семинарского типа.

4.4.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1,2	Математическое моделирование тепловых процессов; Математическое моделирование массообменных процессов; Математическое моделирование реакционных процессов	8		РД
3,4	Построение математических моделей систем экспериментальным методом. Нахождение уравнений регрессии по данным пассивного и активного эксперимента	8		РД
5	Установление адекватности моделей. Технические и программные средства моделирования.	4		РД
6,7	Расчет настроек типовых регуляторов по данным о параметрах модели объекта управления 1. Расчет настроек ПИ-регулятора для инерционных объектов с запаздыванием 2. Расчет настроек ПИД-регулятора для инерционных объектов с запаздыванием	8		РД
8	Построение статических моделей с применением метода наименьших квадратов 1. Построение модели объекта с применением МНК в форме системы нормальных уравнений. 2. Оценивание среднеквадратичной погрешности значений выходной переменной построенной модели. Оценивание среднеквадратичной погрешности значений параметров построенной модели.	4		РД
9	Оценивание параметров динамических моделей для одномерных и многомерных динамических объектов Построение моделей одномерных и многомерных динамических объектов с применением модулей системы Matlab	4	2	РД

4.4.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иннова- ционная форма
		всего	в том числе на практиче- скую подго- товку	
1.	Исследование линейной стационарной динамической системы в среде MBTU;	4		
2.	<u>Идентификация в условиях нормальной эксплуатации</u> Идентификация динамического объекта в замкнутой системе управления методом настраиваемой модели в условиях ступенчатых возмущений	4		
3.	Модели стационарных режимов процессов в поверхностных теплообменниках;	4		
4.	<u>Влияние погрешностей идентификации на качество управления</u> Исследование чувствительности системы управления к неточностям идентифицированных моделей.	4		
5.	<u>Идентификация и управление многомерными объектами</u> Идентификация динамических моделей многомерных объектов управления и настройка многомерных типовых регуляторов на основе найденных моделей	4		
6.	<u>Математические модели процессов и постановка задач оптимального управления</u> Моделирование непрерывного процесса полимеризации низкомолекулярного силоксанового каучука	4		
7.	<u>Задачи статической оптимизации</u> Изучение методов безусловной и условной оптимизации	4		
8.	<u>Оптимизация непрерывных динамических систем</u> Исследование и оптимизация многосвязного объекта методом оптимального демпфирования переходных процессов	4		
9.	<u>Оптимизация дискретных динамических систем</u> Выбор оптимальных настроек регулятора	4		

4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисци- плины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. ча- сы	Форма контроля
1	Математические модели в науке и технике. Типы математических моделей. Методы построения математических моделей. Понятие идентификации	1	Устный опрос
1	Задачи анализа и оптимизации систем управления.	1	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов. Задача идентификации объектов управления		
2	Имитационное моделирование систем управления. Многоуровневое управление технологическими процессами на основе адаптивных моделей	1	Устный опрос
2	Экспериментально-статистические модели квазистационарных технологических процессов. Оптимальный одношаговый алгоритм оценивания параметров. Особенности построения моделей технологических процессов в промышленных условиях	1	Устный опрос
3	Основные понятия метода моделирования Математические схемы моделирования систем. Основные подходы к построению математических моделей систем.	1	Устный опрос
3	Математическое моделирование Численные методы моделирования. Анализ погрешностей приближенных вычислений. Решение систем конечных уравнений. Системы линейных алгебраических уравнений. Элементы матричной алгебры. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Нелинейные уравнения. Системы нелинейных уравнений. Интерполяция и аппроксимация функций. Приближенное дифференцирование и интегрирование. Решение систем дифференциальных уравнений. Дифференциальные уравнения в частных производных. Оптимизация.	1	Устный опрос
4	Модели процессов и систем управления Эмпирические модели. Обработка результатов пассивных экспериментов и планирование экспериментов. Основные понятия теории вероятности и математической статистики. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей. Обработка результатов активных экспериментов и оптимальное планирование экспериментов. Блочный метод построения моделей объектов управления. Модели гидродинамики потоков. Моделирование процессов химического превращения в технологических объектах. Методы численной реализации математических моделей сложных технологических объектов.	1	Устный опрос
4	Технические и программные средства моделирования Инструментальные средства моделирования си-	1	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	стем. Сравнительный анализ языков имитационного моделирования. Пакеты прикладных программ моделирования систем. Базы данных моделирования. Гибридные моделирующие комплексы.		
5	Виды математических моделей для статической оптимизации, постановка задачи оптимального управления	1	Устный опрос
5	Теорема Куна-Таккера, необходимые условия существования седловой точки	1	Устный опрос
6	Основные понятия линейного программирования	1	Устный опрос
6	Принцип максимума Л. С. Понтрягина, принцип оптимальности Беллмана	1	Устный опрос
7	Решение частных задач оптимального управления: максимального быстродействия, аналитического конструирования оптимальных регуляторов, терминального управления	1	Устный опрос
7	Методы перехода от непрерывной модели динамики к дискретной модели	1	Устный опрос
8	Решение оптимальных задач дискретного управления	2	Устный опрос
9	Методы синтеза дискретных систем: модальное управление по состоянию и по выходу, аperiodическое управление, оптимальное управление, метод динамической компенсации	2	Устный опрос
	Итого	18	

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и курсовой работы в 7-м семестре.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: 2-а теоретических вопроса (для проверки знаний) и задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 40 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене в 7 семестре:

Вариант № 1

1. Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов
2. Точность оценок по методу наименьших квадратов
3. Метод Эрроу-Гурвица-Удзава для решения задач нелинейного программирования

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1. Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем: Учебник для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника" и "Информационные системы" / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев, 2007. - 343 с.
2. Системный анализ и принятие решений. Компьютерные технологии моделирования химико-технологических систем. Учебное пособие. / В.А. Холоднов[и др.]. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. - 160 с.
3. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : Учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. - 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-8114-1255-6.

б) электронные учебные издания:

1. Филимонов, А. Б. Методы оптимизации : учебное пособие / А. Б. Филимонов, Н. Б. Филимонов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 90 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218639> (дата обращения: 07.06.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Шатина, А. В. Методы оптимизации : учебное пособие / А. В. Шатина. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218642> (дата обращения: 04.06.2021). — Режим доступа: по подписке.
3. Бугакова, Т. Ю. Моделирование систем : учебное пособие / Т. Ю. Бугакова. — Новосибирск : СГУГиТ, 2020. — 82 с. — ISBN 978-5-907320-58-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/222365>. (дата обращения: 03.06.2021). — Режим доступа: по подписке.
4. Чикильдин, Г. П. Идентификация динамических объектов : учебное пособие / Г. П. Чикильдин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 88 с. — ISBN 978-5-7782-3275-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118199> (дата обращения: 03.06.2021). — Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

- учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

- Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»)
Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ).

Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114_135922 от 30.08.2011

Адрес сайта – <http://bibl.lti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- PTC Mathcad (ГК №19 от 13.10.08 г. на предоставление академической лицензии на MathCAD University Department Perpetual-200 Floating);
- MatLab (Simulink).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

<http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.

<http://borovic.ru> - база патентов России.

<http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности

<http://gost-load.ru>- база ГОСТов.

<http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.

<http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основное оборудование: столы; стулья; доска; демонстрационный экран, проектор, компьютер.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.

Основное оборудование:

столы; стулья; доска; демонстрационный экран; проектор; компьютеры

Помещение для самостоятельной работы,

Основное оборудование: столы; стулья; проектор; экран; компьютеры с доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Анализ, моделирование и оптимизация в приборостроении»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения	промежуточный
ПК-1	Способен осуществлять комплектацию отдельных технических модулей, математического и алгоритмического обеспечения, обеспечивать организацию метрологического обеспечения и использовать типовые решения, материалы и современную элементную базу при проектировании измерительных систем	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК 1.5. Способен формулировать задачи построения статических и динамических математических моделей различных технических объектов	Знает: принципы моделирования, классификацию способов представления моделей объектов и систем; методы математического моделирования сложных динамических систем и процессов (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы № 1-9 к экзамену.	Называет основные виды моделирования систем, методы и этапы моделирования.	Перечисляет виды моделирования систем, называет методы и этапы моделирования, но путается в последовательности составления технической документации	Дает характеристику любому виду моделирования систем, методу и этапам моделирования, поясняет последовательности составления технической документации
	Знает: основные принципы математического моделирования процессов химической технологии и построения оптимальных систем автоматического управления и основные методы построения математических моделей процессов химической технологии (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы № 10-20 к экзамену.	Называет основные принципы и методы построения оптимальных систем автоматического управления	Может дать в общих чертах сравнительную характеристику основных методов и принципов построения оптимальных систем автоматического управления	основные принципы построения оптимальных систем автоматического управления; основные методы построения математических моделей процессов химической технологии;
	Умеет: составить математическую модель и выбрать метод исследования модели объекта или технологического процесса и системы управления этим объектом или процессом. (У-1);	Правильные ответы на вопросы № 21-24 к экзамену.	Поясняет основные методы математического моделирования, идентификации и установления адекватности моделей. Не готов провести их сравнение.	Поясняет методы математического моделирования, идентификации и установления адекватности моделей. Сопоставляет их, но делает выводы с помощью наводящих вопросов.	Поясняет и раскрывает особенности методов математического моделирования, идентификации и установления адекватности моделей. Сопоставляет и делает выводы о

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
					целесообразности их применения в конкретных задачах.
	Умеет: обоснованно ставить задачи оптимального управления динамическими системами, находить оптимальные структуры построения автоматических систем и рассчитывать оптимальные режимы работы систем (У-2);	Правильные ответы на вопросы № 25-28,44 к экзамену.	Знает методику и алгоритмы реализации инструментов оптимального управления	Может пояснить основные методики и алгоритмы реализации инструментов оптимального управления	Использует методы и алгоритмы реализации инструментов оптимального управления
	Владеть: методами математического моделирования с использованием современных технических и программных средств (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 29-32 к экзамену.	Имеет представление о процедуре постановки задачи оптимизации, не может привести пример такой постановки и соответственно адекватно выбрать метод.	Решает задачи по оптимизации с использованием математических моделей. Допускает ошибки при составлении математического описания.	Готов осуществить постановку задачи оптимизации для контрольного примера и предложить целесообразное метод ее решения.
	Владеет: навыками расчетных и исследовательских приемов (Н-2).	Правильные ответы на вопросы № 33-43 к экзамену.	Имеет представление о расчетах и исследовательских приемах данной дисциплины	Владеет навыками основных методик расчетных и исследовательских приемов работы	навыками расчетных и исследовательских приемов работы по данной дисциплине
ПК 1.3 Использует методы математического моделирования на различных этапах разработки и проек-	Знает: методы определения параметров математических моделей объектов управления в разомкнутых и замкнутых системах (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы № 1-18 к экзамену.	Перечисляет основные методы построения математических моделей процессов химической технологии.	Перечисляет основные методы построения математических моделей процессов химической технологии, правильно объясняет основные	Перечисляет основные методы построения математических моделей процессов химической технологии, правильно объясняет основные

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
тирования технических средств измерений				принципы построения оптимальных систем автоматического управления.	принципы построения оптимальных систем автоматического управления. Может применить эти знания для решения инженерных задач
	Умеет: выполнять параметрическую идентификацию динамических моделей одномерных и многомерных объектов управления с применением имитационного моделирования управляемой системы и настраиваемых моделей (У-1);	Правильные ответы на вопросы № 19-32 к экзамену.	Решает оптимальные задачи оперативного управления. Пугается в постановке задачи оптимального управления динамическими системами, нахождения оптимальных структур построения автоматических систем и расчёте оптимальных режимов работы систем. Пугается в решении задачи анализа оптимальных систем управления	Решает оптимальные задачи оперативного управления. Пугается в постановке задачи оптимального управления динамическими системами.	Решает оптимальные задачи оперативного управления с постановкой задачи оптимального управления.
	Владеет: умением учитывать особенности	Правильные ответы на вопросы № 33-40 к экзамену, защита курсовой работы	Имеет представление об основных методах инженерных расчетов оптимальных систем управления технологическими процессами.	Использует основные методы инженерных расчетов оптимальных систем управления технологическими процессами.	Использует методы инженерных расчетов оптимальных систем управления технологическими процессами.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации
а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1:

1. Математические модели в науке и технике
2. Типы математических моделей
3. Методы построения математических моделей
4. Понятие идентификации
5. Задачи анализа и оптимизации систем управления
6. Принципы формирования управляющих воздействий на основе математических моделей управляемых процессов
7. Задача идентификации объектов управления
8. Двухуровневое управление технологическими процессами на основе статических и динамических моделей
9. Типовые законы регулирования для управления многомерными объектами с перекрестными связями
10. Настройка параметров типовых законов регулирования с использованием динамической модели объекта управления
11. Имитационное моделирование систем управления
12. Многоуровневое управление технологическими процессами на основе адаптивных моделей
13. Общая схема постановки и решения задач статической идентификации
14. Расчет параметров модели по методу наименьших квадратов (МНК)
15. Линейные и квадратичные по входам МНК-модели
16. Приведение моделей к линейным по параметрам
17. Вероятностная трактовка метода наименьших квадратов
18. Точность оценок по методу наименьших квадратов
19. Проверка значимости оценок параметров регрессии
20. Оценка качества регрессионной модели
21. Влияние входных воздействий на качество регрессионных моделей
22. Рекуррентная форма метода наименьших квадратов
23. Экспериментально-статистические модели квазистационарных ТП
24. Оптимальный одношаговый алгоритм оценивания параметров
25. Особенности построения моделей технологических процессов в промышленных условиях
26. Модели динамических систем и задачи их идентификации
27. Идентификация динамических объектов по реакциям на типовые воздействия (импульсные, гармонические, ступенчатые)
28. Анализ возможностей идентификации объектов управления в режиме их нормальной эксплуатации с применением метода наименьших квадратов
29. Идентификация динамических объектов с применением имитационного моделирования и настраиваемых моделей
30. Идентификация многомерных динамических объектов
31. Основные понятия моделирования. Проблемы моделирования.
32. Классификация видов моделирования систем. Классы моделей.
33. Методы моделирования. Теория подобия. Методы исследования моделей объектов.
34. Этапы и схема процесса моделирования. Составление технической документации по этапам моделирования.
35. Формализация процесса функционирования химико-технологической системы. Системный анализ процессов. Уровни иерархии химических производств.
36. Идентификация математического описания объектов моделирования
37. Оптимизация процессов с использованием математических моделей. Понятие адекватности. Целевая функция. Ресурсы оптимизации.

38. Построение эмпирических статистических моделей ХТП. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.
39. Построение эмпирических статистических моделей ХТП. Выборочный метод.
40. Оценки параметров распределения случайной величины. Распределение Стьюдента (малые объемы выборок).
41. Элементы корреляционного и регрессионного анализа. Уравнение регрессии. Поле корреляции. Корреляционное отношение.
42. Построение эмпирических моделей по данным пассивного эксперимента. Определение вида приближённого уравнения регрессии.
43. Построение эмпирических моделей по данным пассивного эксперимента. Определение коэффициентов регрессии – параметров эмпирических моделей. Метод наименьших квадратов.
44. Математическое описание химико-технологических процессов с помощью физико-химических моделей. Основные принципы.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:

1. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных.
2. Простой градиентный метод поиска экстремума функции.
3. Метод наискорейшего спуска.
4. Метод Ньютона.
5. Метод тяжелого шарика.
6. Метод сопряженных градиентов.
7. Метод Кифера-Вольфовица.
8. Метод Сакса.
9. Метод симплекс-планирования.
10. Решение системы линейных уравнений как задача поиска экстремума.
11. Идентификация на основе нейросетевых модельных структур.
12. Идентификация статического объекта.
13. Задачи планирования и оперативного управления в АСУТП. Виды ограничений.
14. Выпуклое и вогнутое программирование. Метод множителей Лагранжа.
15. Теорема Куна-Таккера.
16. Основные свойства задач линейного программирования.
17. Симплекс метод решения задач линейного программирования.
18. Начальное допустимое решение задачи линейного программирования при использовании симплекс метода. Понятие М-задачи.
19. Сведение задачи нелинейного программирования к задаче линейного программирования.
20. Приведение билинейной задачи к задаче линейного программирования.
21. Метод Эрроу-Гурвица-Удзава для решения задач нелинейного программирования.
22. Метод внутренней точки для решения задач нелинейного программирования.
23. Метод внешней точки для решения задач нелинейного программирования.
24. Метод квадратичного штрафа. Использование модифицированной функции Лагранжа.
25. Оперативное управление процессом приготовления сырьевой смеси.
26. Необходимое условие оптимальности для задач нелинейного программирования.
27. Дискретная модель непрерывной линейной динамической системы.
28. Оптимальное управление линейным дискретным объектом.
29. Принцип оптимальности Беллмана. Динамическое программирование.
30. Функция Беллмана-Ляпунова и ее использование для решения задачи динамического программирования.

31. Принцип максимума Л. С. Понтрягина.
32. Доказательство принципа максимума Л. С. Понтрягина.
33. Задача максимального быстродействия для непрерывного линейного динамического объекта.
34. Использование принципа максимума для решения задач оптимизации линейной системы с квадратичным интегральным критерием качества.
35. Задача терминального управления для линейного непрерывного объекта.
36. Получение уравнения Беллмана для непрерывной задачи оптимального управления.
37. Оптимальное управление линейным дискретным объектом.
38. Принцип оптимальности Беллмана. Динамическое программирование.
39. Функция Беллмана-Ляпунова и ее использование для решения задачи динамического программирования.
40. Решение линейно-квадратичной дискретной задачи оптимального управления методом динамического программирования.

4. Темы курсовой работы

Курсовой проект предназначена для закрепления знаний, полученных при изучении учебной дисциплины «Анализ, моделирование и оптимизация в приборостроении».

Пример задания для курсовой работы:

Исходные данные для модели объекта

$n := 2$ размерность вектора состояния
 $m := 1$ размерность вектора управления
 $a_{1,0} := 7.1$ $a_{1,1} := -0.8$ $b_1 := -1.5$ $x_{10} := -10$ $x_{20} := 0.2$

1. Построение непрерывной модели

$A_n := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ a_{1,0} & a_{1,1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 7.1 & -0.8 \end{pmatrix}$ матрица динамики

$B_n := \begin{pmatrix} 0 \\ b_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1.5 \end{pmatrix}$ матрица влияния управляющих воздействий

$x_0 := \begin{pmatrix} x_{10} \\ x_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -10 \\ 0.2 \end{pmatrix}$ вектор начального состояния

$\dot{x}(t) = A_n(t) \cdot x(t) + B_n(t) \cdot u(t)$ непрерывная детерминированная модель объекта

$x(t_0) = x_0$

Курсовая работа содержит пояснительную записку с результатами исследования моделирования систем управления.

Задание на курсовую работу включает в себя:

- 1) Построение непрерывной модели.
- 2) Построение дискретной модели.
- 3) Моделирование системы оптимального управления методом аналитического конструирования оптимальных регуляторов.
- 4) Построение стохастических моделей объекта и измерительного комплекса, моделирование системы управления по вектору измерений.

- 5) Оценивание состояния фильтром Калмана, моделирование системы управления по оценкам состояния при полном измерении.
- 6) Моделирование системы управления при неполном измерении.
Оформление пояснительной записки к курсовому проекту.
 1. Текст программного документа.
 2. Графики переходных процессов, оценок и управлений.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Шкала оценивания на зачёте – «зачёт», «незачет». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.

Умения и навыки в применении полученных знаний при синтезе систем регулирования проверяются при защите курсовой работы.