

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 20.03.2023 15:54:36
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Интегрированные навигационные технологии»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»
для подготовки магистров
по направлению
12.04.01 «Приборостроение»
по программе
«Интегрированные навигационные технологии»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Ткаченко А.Н.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛИНС
26.04.2022, протокол № 3

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФИБС, 18.05.2022, протокол № 8

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ЛИНС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	1
Семестр	1

Виды занятий

Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	56
Всего (академ. часов)	108

Вид промежуточной аттестации

Дифф. зачет (курс) 1

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Рассматриваются понятия и принципы теории моделирования различных технических объектов и систем, вопросы построения линейных, нелинейных, дискретных моделей. Излагаются основные аспекты, область и условия применения имитационного моделирования, этапы создания имитационной модели, критерии оценки адекватности модели. Особое внимание уделяется приобретению практических навыков построения математических моделей технических систем и освоению современных программных средств для моделирования.

SUBJECT SUMMARY

«MODELING TECHNICAL SYSTEMS»

The concepts and principles of the theory of modeling various technical objects and systems, the construction of linear, nonlinear, discrete models are considered. Outlines the main aspects, scope and conditions of application of simulation modeling, the stages of creating a simulation model, criteria for assessing the adequacy of the model. Particular attention is paid to the acquisition of practical skills to build mathematical models of technical systems and the mastering of modern software tools for modeling.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является получение теоретических сведений о видах и процессах составления моделей, этапах моделирования, требованиях к моделям и практических навыков по созданию имитационных моделей с привлечением различных современных программных пакетов.
2. Задачами изучения дисциплины являются:
 - формирование цели и задач исследования;
 - изучение принципов построения моделей технических систем;
 - формирование навыков составления математических моделей различных процессов, объектов и систем, умения выделять цель и задачи моделирования, упрощать и оптимизировать модели;
 - освоение современных программных средств для моделирования технических систем и применение теоретического материала для решения практических задач;
 - формирование отчетных материалов и выработка рекомендаций по полученным результатам исследований.
3. Получение теоретических знаний, включающих классификацию моделей, требований, предъявляемых к моделям, этапы моделирования, математические схемы.
4. Формирование умения составлять математические модели технических систем, выбирать программные средства для реализации построенной математической модели, анализировать работу модели, оформлять отчетные материалы и вырабатывать рекомендации по полученным результатам.
5. Приобретение навыков четкого формулирования цели и задач исследований, практических навыков работы по созданию и анализу моделей в современных

программных средствах.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе знаний, полученных при освоении программы бакалавриата или специалитета.

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Междисциплинарный проект ”Разработка и испытания навигационных систем”»
2. «Инерциальные навигационные системы»
3. «Разработка и испытания интегрированных навигационных систем»
4. «Приборы навигации»

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен сформулировать цели, определить задачи, выбрать методы исследования в области приборостроения на основе изучения источников информации, использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности
ПК-1.1	<i>Формулирует цели, определяет задачи, выбирает методы исследования в области приборостроения на основе изучения источников информации</i>
СПК-11	Готов разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области интегрированных навигационных технологий
СПК-11.1	<i>Разрабатывает методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения в области интегрированных навигационных технологий</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			0
2	Процесс моделирования и разработки моделей.	3	1		5
3	Математические схемы (математические модели). Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы).	2	7		15
4	Дискретно-детерминированные модели (F-схемы).	2			2
5	Дискретно-стохастические модели (Р-схемы). Понятие вероятностного автомата.	1	2		2
6	Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Сетевые модели (N-схемы). Комбинированные модели (A-схемы).	1	3		2
7	Программные средства для имитационного моделирования.	2	7	1	0
8	Метод конечных элементов.	1	7		10
9	Основы построения геометрических объектов и их анализа	3	7		20
	Итого, ач	17	34	1	56
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе				108/3

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Основные понятия. Классификация моделей
2	Процесс моделирования и разработки моделей.	Основные этапы моделирования. Подходы к анализу и синтезу моделей. Формальная модель системы. Концептуальная модель системы. Этапы формализации.
3	Математические схемы (математические модели). Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы).	Закон функционирования системы. Пространство состояний. Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы): основные соотношения, математическое описание, примеры.
4	Дискретно-детерминированные модели (F-схемы).	Теория автоматов. Модели Мили и Мура. Способы задания автоматов. Примеры.
5	Дискретно-стохастические модели (Р-схемы). Понятие вероятностного автомата.	Понятие вероятностного автомата. Математическое описание.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Сетевые модели (N-схемы). Комбинированные модели (A-схемы).	Системы массового обслуживания (предмет, классификация, структурная схема). Сетевые модели (N-схемы): Сети Петри. Комбинированные модели (A-схемы).
7	Программные средства для имитационного моделирования.	Примеры работы и создания моделей в пакетах Matlab/Simulink, Ansys, Comsol Multiphysics, OOFELIE::Multiphysics
8	Метод конечных элементов.	Общие сведения о методе конечных элементов.
9	Основы построения геометрических объектов и их анализа	Основы построения геометрических объектов и задания граничных условий. Статический анализ нагруженных конструкций. Способы создания сетки конечных элементов. Метод послойного построения моделей

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Simulink (интерфейс пакета, библиотеки, окна, подготовка и запуск модели, настройка свойств модели, связь Simulink и Matlab, блоки из основной библиотеки)	4
2. Моделирование механической системы с одной степенью свободы (дифференциальные уравнения движения системы) в Simulink. Физическое моделирование с применением SimScape	4
3. Моделирование автомата Милли в Simulink	2
4. Реализация рекуррентного метода наименьших квадратов в Simulink на примере определения неизвестного параметра системы	4
5. Моделирование чувствительного элемента микроакселерометра. Динамический температурный анализ	4
6. Исследование собственных частот механических конструкций. Исследование эффектов пьезоэлектрики.	4
7. Применение скриптового языка Epilogue	4
8. Автоматизация расчета масштабного коэффициента микроакселерометра.	4
9. Разработка пользовательского интерфейса в редакторе Guide	4
Итого	34

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Темы ИДЗ связаны с разработкой модели объекта в среде Simulink, анализа системы с использованием конечно-элементного метода. Примерные названия:

1. Исследование поведения трехступенчатого астатического гироскопа.
2. Моделирование выходного сигнала волоконно-оптического гироскопа.
3. Моделирование чувствительного элемента микроакселерометра.

Выполнение и оформление ИДЗ студентами осуществляется индивидуально. Отчет оформляется после выполнения исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Правила оформления отчета практической работы и ИДЗ:

1. Отчет должен содержать титульный лист (в соответствии с принятыми в СПбГ-ЭТУ правилами оформления студенческих работ), лист с заданием, теоретические выкладки, схему модели, графики с пояснением, скрипты, выводы.
2. Отчет должен быть выполнен печатным способом (с применением текстового редактора, например Word) на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, размер шрифта - 12 пт. Рекомендуемый тип шрифта для основного текста отчета - Times New Roman. Полужирный шрифт применяют только для заголовков разделов и подразделов. Размер отчета зависит от темы задания и объема исследований, но не

менее 10 страниц.

3. Представление информации должно быть единообразным. Рекомендуется использование черно-белых рисунков, диаграмм, фотографий. Все таблицы (диаграммы, рисунки) должны упоминаться в тексте, например, (табл. 1) или «как показано в таблице 2», и располагаться сразу после текста, где о нем сказано первый раз.

Качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток программ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

Полные тексты скриптов, изображения моделей, содержащих большое количество блоков и подсистем, желательно представлять в приложениях к отчету.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Самостоятельная работа студента разделена на аудиторную и внеаудиторную. Аудиторная самостоятельная работа проводится на практических занятиях под контролем преподавателя, у которого в ходе выполнения задания можно получить консультацию. В рамках внеаудиторной самостоятельной работы студенты углубляют знания по лекционному материалу, доделывают задания,

которые решали на практических занятиях, разрабатывают оптимальные пути решения поставленных задач, оформляют отчеты к практическим заданиям и выполняют индивидуальное домашнее задание.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	2
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	2
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	2
Выполнение расчетно-графических работ	8
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	2
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	14
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	16
ИТОГО СРС	56

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Дьяконов, Владимир Петрович. Simulink 4 [Текст] : Спец. справ. / В.П.Дьяконов, 2002. -518 с.	10
2	Дьяконов, Владимир Петрович. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения [Текст] : монография / В.П.Дьяконов, 2002. -767 с.	10
3	Дьяконов, Владимир Петрович. Simulink [Текст] : самоучитель / В. П. Дьяконов, 2015. -781 с.	10
4	Дьяконов, Владимир Петрович. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем [Текст] : Спец. справ. / В.П.Дьяконов, В.Круглов, 2002. -444 с.	20
5	Мынбаев, Джрафар Каримович. Теория гирокопических устройств [Текст] : Учеб. пособие / Д.К. Мынбаев; ЛЭТИ им.В.И.Ульянова(Ленина), 1989. -75 с.	25
6	Ривкин, Самуил Симонович. Теория гирокопических устройств [Текст]. Ч. 2, 1964. -544, [1] с.	42
7	Ткаченко, Анна Николаевна. Практикум по компьютерному моделированию технических систем [Текст] : учеб.-метод. пособие / А. Н. Ткаченко, 2021. -46, [1] с.	20
8	Дэбни, Джеймс. Simulink 4. Секреты мастерства [Текст] : руководство / Дж. Дэбни, Т.Л. Харман; Пер. с англ. М.Л. Симонова, 2003. -403 с.	30
9	Курков, Сергей Викторович. Метод конечных элементов в задачах динамики механизмов и приводов [Текст] / С.В.Курков, 1992. -223 с. с.	5
10	Норри Д. Введение в метод конечных элементов [Текст] / Д. Норри, Ж. де Фриз ; пер. с англ. Г. В. Демидова, А. Л. Урванцева ; под ред. Г. И. Марчука, 1981. -304 с.	30
Дополнительная литература		
1	Карпов, Юрий Глебович. Теория автоматов [Текст] : Учеб. для вузов по направлению "Информатика и вычисл. техника" и по специальности "Вычисл. машины, комплексы, системы и сети" направления специалистов "Информатика и вычисл. техника" / Ю.Г.Карпов, 2002. -206 с.	25
2	Лоу, Аверилл М. Имитационное моделирование [Текст] : переводное издание / А.М. Лоу, В.Д. Кельтон, 2004. -846 с.	17

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Документация по работе в Matlab/Simulink https://docs.exponenta.ru/
2	Документация по работе в Matlab/Simulink https://www.mathworks.com/help/matlab/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=8962>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Моделирование технических систем» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

По дисциплине «Моделирование технических систем» предусмотрена промежуточная аттестация в форме:
-дифференцированного зачета по результатам текущего контроля.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Какая технология моделирования получила широкое распространение?
2	Для устранения какой погрешности необходимо возвращать на этап построения модели?
3	Какое приложение Matlab использует технологию Drag-and-Drop?
4	Как называется упрощенное представление реального объекта?
5	Что такое математическая схема? Какие бывают виды.
6	Что из себя представляет вероятностный автомат?
7	Чем отличается автомат Мили от автомата Мура?
8	Что такое системы массового обслуживания?
9	В чем заключается метод конечных элементов (МКЭ)?
10	Основные блоки Simulink. Особенности настройки модели.
11	Основы построения геометрических объектов.
12	Как задаются граничные условия?
13	Что такое САЕ-пакеты?
14	В чем заключается метод послойного построения моделей?
15	Критерии оценки работы модели.
16	Задачи имитационного моделирования.
17	Какие эффекты возможно исследовать, используя МКЭ?

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

На коллоквиумах проводится защита практических работ и ИДЗ.

Темы коллоквиумом представлены в разделе "График текущего контроля успеваемости".

Примерный список вопросов для подготовки к коллоквиумам:

1. Настройка параметров модели.

2. Что такое время моделирования.
3. Параметры стандартных блоков Simulink.
4. Варианты загрузки начальных значений для моделирования.
5. Блоки для построения графиков.
6. Передача данных из Simulink в Matlab.
7. В чем заключается метод наименьших квадратов (МНК).
8. Как производится оценка адекватности работы модели МНК.
9. Влияние начальных параметров, шумовых характеристик процесса на сходимость результатов.
10. Пояснить работы автомата Мили на примере счетчика чисел.
11. Способы задания автоматов в Simulink.
12. Пользовательский интерфейс GUI.
13. Этапы решения задачи в OOFELIE.
14. Этапы разработки 3Д-модели.
15. Суть метода конечных элементов.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Математические схемы (математические модели). Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы). Процесс моделирования и разработки моделей.	
2		
3		
4		Практическая работа
5	Дискретно-стохастические модели (Р-схемы). Понятие вероятностного автомата.	Практическая работа
6	Математические схемы (математические модели). Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы). Дискретно-стохастические модели (Р-схемы). Понятие вероятностного автомата.	Коллоквиум
7	Программные средства для имитационного моделирования. Метод конечных элементов. Основы построения геометрических объектов и их анализа	
8		
9		
10		Практическая работа
11	Метод конечных элементов. Основы построения геометрических объектов и их анализа	Коллоквиум
12	Математические схемы (математические модели). Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы). Основы построения геометрических объектов и их анализа	
13		
14		
15		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
16	Математические схемы (математические модели). Непрерывно-детерминированные модели (Д-схемы). Метод конечных элементов. Основы построения геометрических объектов и их анализа	
17		Коллоквиум

6.4 Методика текущего контроля

По дисциплине «Моделирование технических систем» предусмотрена **текущая аттестация** в форме:

- контроля посещаемости на лекционных и практических занятиях,
- выполнения практических заданий в течение семестра,
- выполнения 1 индивидуального домашнего задания (ИДЗ).

Методика текущего контроля на практических занятиях включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80% занятий);

- выполнение и защита практических работ согласно календарному плану;

- выполнение и защита индивидуального домашнего задания (ИДЗ).

Индивидуальное домашнее задание студент выполняет самостоятельно и защищает. По результатам защиты преподаватель выставляет оценку, которая зависит от правильности и полноты выполнения задания и полученных ответов на защите.

Оценка за практические работы и ИДЗ выставляется по четырехбалльной шкале по следующим критериям:

«отлично» - работа выполнена полностью;

«хорошо» - работа выполнена частично;

«удовлетворительно» - в работе имеются существенные ошибки;

«неудовлетворительно» - работа не выполнена или выполнена неправильно.

Пропуск занятий, не сданные в срок на проверку работы отражаются на итоговой оценке за практическую работу:

$$P = 0,8 * O,$$

где Р - итоговая оценка за работу, О - оценка по 4-балльной шкале.

Итоговая оценка (G) за курс формируется как средняя оценка по результатам текущего контроля:

$$G = (\sum_{i=1}^n (P_i)) / n$$

n - сумма количества практических работ и ИДЗ.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, проектор, экран, ноутбук.	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Matlab/Simulink 4) OOFELIE::Multiphysics
Практические занятия	Аудитория	Компьютерный класс (количество посадочных мест с ПК – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя).	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Matlab/Simulink 4) OOFELIE::Multiphysics
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА