

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Институт радиоэлектроники и информационных технологий-РТФ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
_____ В.В. Кружаев
«___» _____ 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Образовательная программа: <i>Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии. Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Радиолокация и радионавигация.</i>	Код ОП <i>11.06.01</i>
Направление подготовки: <i>Электроника, радиотехника и системы связи</i>	Код направления и уровня подготовки <i>11.06.01</i>
Уровень подготовки: <i>подготовка кадров высшей квалификации</i>	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: <i>30.07.2014 г. № 876 с изменениями и дополнениями от 30.04.2015 г.</i>

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Важенин Владимир Григорьевич	К.т.н., доцент	доцент	департамент радиоэлектроники и связи	
2	Лесная Любовь Леонидовна	нет	научный сотрудник	департамент радиоэлектроники и связи	

Рекомендовано учебно-методическим советом Института радиоэлектроники и информационных технологий-РТФ

Председатель учебно-методического совета _____ В.Г. Коберниченко

Согласовано:

Начальник ОПНПК _____ Е.А.Бутрина

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ»

1.1 Аннотация содержания дисциплины

Настоящая программа базируется на вузовских дисциплинах, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлению «Радиотехника»: основы цифровой обработки сигналов; алгоритмизация и основы программирования; информационные технологии; основы компьютерного проектирования РЭС; электроника; основы формирования и обработки сигналов; инструментальные средства моделирования радиотехнических устройств; вычислительные устройства и системы; цифровая обработка изображений; цифровые сигнальные процессоры; цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы; автоматизированное проектирование высокочастотных устройств; моделирование систем и сетей телекоммуникаций.

Дисциплина «Компьютерное моделирование сложных систем» является факультативной дисциплиной учебного плана послевузовского профессионального образования для направленностей «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии», «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» и «Радиолокация и радионавигация».

1.2 Язык реализации дисциплины – русский.

1.3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

Для направленности «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»:

- способность проводить исследования, разработку, проектирование и эксплуатацию устройств и систем, использующих электромагнитные волны для передачи и приема информации в средствах радиосвязи и телевидения, в метрологии, биологии, медицине и промышленной технологии; а также проводить исследования по созданию теории новых электромагнитных явлений и принципов работы радиотехнических устройств и систем (ПК-1).

Для направленности «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»:

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования антенн и устройств СВЧ, применяя теоретические методы исследований, численные методы моделирования, экспериментальные методы измерений антенн и устройств СВЧ для различных видов конструктивного и технологического исполнения (ПК-1).

Для направленности «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»:

- способность синтезировать и анализировать системы, сети и устройства телекоммуникации (ПК-1).

Для направленности «Радиолокация и радионавигация»:

- способность проводить исследования и разрабатывать новые системы и устройства радиолокации и радионавигации, новые методы и алгоритмы обработки радиолокационной и радионавигационной информации с целью расширения функциональных возможностей, увеличения дальности действия, точности и разрешающей способности, повышения помехозащищенности и помехоустойчивости (ПК-1).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

- осуществлять инновационную, организационную и коммуникативную деятельность, самосовершенствоваться и развивать творческий потенциал (РО-1);
- проводить теоретические и прикладные исследования по расчету, проектированию и эксплуатации оборудования электроники, радиотехники и систем связи с применением современных информационных технологий (РО-2);
- проводить научные исследования в области разработки и совершенствования радиоэлектронного оборудования, представлять их результаты, использовать полученные знания при разработке учебно-методического обеспечения и в преподавательской деятельности по направлению «Электроника, радиотехника и системы связи» (РО-3);
- осуществлять управленческую, проектную и научно-аналитическую деятельность по направлению «Электроника, радиотехника и системы связи» (РО-4).

Знать:

- определения и понятия дисциплины;
- методы моделирования: аналитические, численные, имитационные;
- классификацию видов моделирования систем;
- метод статистического моделирования;
- метод имитационного моделирования;
- методы проверки адекватности имитационной модели.

Уметь:

- осуществлять оптимизацию модельного эксперимента и стратегическое планирование;
- использовать научно-техническую и справочную литературу.

Владеть:

- методами математического моделирования с учетом требований системности и современных технологии имитационного моделирования систем;
- методами моделирования активных приборов, используемых в устройствах электроники, радиотехники и систем связи;
- методами проведения расчетов и вычислительных экспериментов на ЭВМ для оценки показателей эффективности устройств;
- методами выполнения инженерных расчетов и принятия профессиональных решений по проектированию устройств электроники, радиотехники и систем связи;
- методами работы с научно-технической документацией, технической литературой и другими информационными источниками для решения профессиональных задач.

1.4 Объем дисциплины

№ п/ п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	0	104
6.	Промежуточная аттестация			Зачет
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108		108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные определения и понятия	Системный и классический подходы к моделированию сложных систем. Методы моделирования: аналитические, численные, имитационные. Классификация видов моделирования систем. Понятие математической схемы. Математическая модель системы. Типовые математические схемы. Непрерывно-детерминированные модели (<i>D</i> -схемы). Дискретно-детерминированные модели (<i>F</i> -схемы). Дискретно-стохастические модели (<i>P</i> -схемы). Непрерывно-стохастические модели (<i>Q</i> -схемы). Сетевые модели (<i>N</i> -схемы). Комбинированные модели (<i>A</i> -схемы).
P2	Имитационное моделирование систем	Введение в имитационное моделирование систем. Проблемы имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Общие принципы построения имитационных моделей. Организация модельного времени: принцип «принцип Δt » и «принцип Δz ». Алгоритм регламентации модельного времени. Способы описания динамики и квазипараллелизма системы. Метод статистического моделирования. Предельные теоремы теории вероятностей. Обобщенная блок-схема имитационной модели на основе метода

		<p>статистического моделирования</p> <p>Методы генерации случайных чисел. Генераторы псевдослучайных последовательностей. Случайные величины и их распределения. Основные характеристики случайной величины. Методы имитационного моделирования случайных величин. Метод обратной функции. Метод, основанный на кусочной аппроксимации функции плотности распределения. Приближенные методы. Метод Неймана. Моделирование случайных событий.</p> <p>Методы проверки адекватности имитационной модели: метод предельных точек, метод верификации. Основные положения и понятия математической статистики. Использование статистических критериев для проверки адекватности модели. Особенности статистической обработки результатов моделирования. Первичная и вторичная обработка результатов моделирования.</p> <p>Оптимизация модельного эксперимента. Стратегическое планирование. Элементы теории факторного анализа. Особенности планирования экспериментов. Регрессионный анализ. Виды планов экспериментов. Основные задачи тактического планирования эксперимента. Определение объема статистических испытаний.</p>
Р3	Имитационное моделирование СМО	<p>Элементы теории массового обслуживания, применяемые при моделировании систем. Основные типы СМО и показатели их эффективности. Аналитические модели СМО. Граф состояний и переходов для СМО. Система уравнений Колмогорова для аналитического расчета СМО. Непрерывные марковские цепи. Системы массового обслуживания, в которых протекает марковский случайный процесс «гибели и размножения».</p> <p>Имитационное моделирование СМО в рамках формализма Q-схем. Генерация входных потоков. Математическая модель потока событий. Свойства простейшего пуассоновского потока. Потоки Эрланга, их свойства и применение. Принципы построения алгоритмов моделирования СМО. Обобщенная блок-схема алгоритма имитационной модели СМО.</p> <p>Принципы построения моделирующих алгоритмов ИМ, основанные на использовании N-схем. Синхронизация событий в N-схемах. Особенности программирования N-схем. Расширения N-схем.</p> <p>Математическая схема агрегата. Кусочно-линейный агрегат и примеры его применения для моделирования D-, F-, P-, Q-схем. Имитационное моделирование систем на основе A-схем. Современные реализации комбинированного подхода. Гибридные автоматы. Модель индустриальной динамики Форрестера. Модель Месаровича-Пестеля. Многоагентное моделирование. Когнитивные модели.</p>
Р4	Языки и инструментальные	<p>Особенности языков имитационного моделирования. Классификация языков моделирования. Основные</p>

	<p>средства имитационного моделирования</p>	<p>направления развития инструментальных средств моделирования. Сравнительная характеристика систем имитационного моделирования. Имитационное моделирование и CASE-средства.</p> <p>Имитационное моделирование систем в среде GPSS Word. Объекты языка GPSS. Модельное время. Типы операторов GPSS. Пример моделирования работы вычислительной системы в среде GPSS World.</p> <p>Моделирование последовательности значений случайных величин с заданным законом распределения в GPSS World. Обработка результатов моделирования средствами GPSS World.</p> <p>Организация экспериментов в GPSS Word. Дисперсионный и регрессионный анализ результатов моделирования.</p> <p>Современные парадигмы в имитационном моделировании. Характеристика СИМ AnyLogic. Этапы имитационного моделирования в среде AnyLogic. Основные концепции имитационного моделирования в среде AnyLogic. Активные объекты, классы и экземпляры активных объектов. Визуальная разработка модели. Средства описания поведения объектов. Встроенный язык Java. Модельное и реальное время. Возможности анимации и интерактивного анализа модели. Базовые инструменты для разработки модели в среде AnyLogic. Графический редактор AnyLogic. Запуск и просмотр модели.</p> <p>Дополнительные математические и программные возможности. Поддержка непрерывного моделирования. Встроенные библиотеки. Стохастическое моделирование. Обработка статистики. Поддержка экспериментов в AnyLogic. Простой эксперимент. Анализ чувствительности модели. Эксперимент для варьирования параметров. Оптимизационный эксперимент. Нестандартный эксперимент.</p> <p>Дискретно-событийное моделирование в среде AnyLogic. Примеры построения моделей систем. Моделирование простой системы массового обслуживания. Пример оптимизации системы.</p> <p>Средства AnyLogic для построения моделей системной динамики. Поддержка многоагентного подхода в AnyLogic. Примеры моделей.</p>
--	--	--

3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1 Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

1. Никитин, Н.П. Прием и обработка сигналов в цифровых системах передачи: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Никитин, В.И. Лузин. – Екатеринбург : УрФУ, 2013. – 124 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98917>.
2. Шевчук, В.П. Моделирование метрологических характеристик интеллектуальных измерительных приборов и систем : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / В.П. Шевчук. – Москва : Физматлит, 2011. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5301>.
3. Капля, Е.В. Моделирование процессов управления в интеллектуальных измерительных системах : монография [Электронный ресурс] / Е.В. Капля, В.С. Кузеванов, В.П. Шевчук. – Москва : Физматлит, 2009. – 512 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59524>.
4. Закревский, А.Д. Логические основы проектирования дискретных устройств: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.Д. Закревский, Ю.В. Потгосин, Л.Д. Черемисова. – Москва : Физматлит, 2007. – 592 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2369>.
5. Глазков, В.В. Программируемые логические интегральные схемы фирмы Altera: учеб. пособие [Электронный ресурс] / В.В. Глазков. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 133 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58395>.
6. Петров, М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб. пособие [Электронный ресурс] / М.Н. Петров, Г.В. Гудков. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 464 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/661>.
7. Щетинин, Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.И. Щетинин. – Новосибирск : НГТУ, 2011. – 115 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229142>.
8. Джиган, В. И. Адаптивная фильтрация сигналов : теория и алгоритмы [Электронный ресурс] / В.И. Джиган. – Москва : Техносфера, 2013. – 528 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233460>.
9. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. С.Ф. Боев. – 3-е изд., испр. – Москва : Техносфера, 2012. – 1048 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>.

7.1.2 Дополнительная литература

1. Строгонов, А.В. Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем : учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Строгонов. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 310 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/68427>.
2. Шикин, Е.В. Компьютерная графика: полигональные модели [Электронный ресурс] / Е.В. Шикин, А.В. Боресков. – М. : Диалог-МИФИ, 2005. – 462 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89300>.
3. Маклаков, С. Имитационное моделирование с Arena / С. Маклаков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.interface.ru.
4. AnyLogic. Среда разработки моделей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xjtek.ru>.

5. AnyLogic User's Manual. XJ Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (<http://www.xjtek.com>).

7.2 Методические разработки

1. Шостак, А.С. Формирование и передача сигналов : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А.С. Шостак. – Москва : ТУСУР, 2012. – 40 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10910>.
2. Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD: учеб. пособие [Электронный ресурс] / С.В. Поршнева. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 736 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/650>.

7.3 Программное обеспечение

Уральский федеральный университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения (MathCAD, Matlab, LabView и др.).

7.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных (в том числе международным реферативным базам данных научных изданий) и информационным справочным системам. Электронно-библиотечная система УрФУ и электронная информационно-образовательная среда обеспечивает возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, как на территории образовательной организации, так и вне ее и обеспечивают одновременный доступ не менее 25% обучающихся по данному направлению подготовки.

1. Национальный открытый университет «ИНТУИТ» <http://www.intuit.ru/>.
2. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
4. Федеральный портал. Российское образование <http://www.edu.ru/>.
5. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>.
6. Российская Государственная Библиотека (Информационно-поисковая система РГБ), Москва <http://www.rsl.ru/>.
7. Российская национальная библиотека (РНБ), Санкт-Петербург <http://www.nlr.ru/>.
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ), Москва <http://www.gpntb.ru/>.
9. Открытый международный архив электронных препринтов arXiv.org.
10. Базы патентов, открытый поиск wipo.int.
11. Базы данных ВИНТИ <http://viniti.ru/>.
12. ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru.
13. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://cnb.uran.ru/resource/katalog>.

7.5 Электронные образовательные ресурсы

Режимы доступа к электронно-библиотечной системе:

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>

Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>

Электронный каталог <http://opac.urfu.ru/>

Электронно-библиотечные системы

<http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>

Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>

Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>

В том числе:

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
Scopus: <http://www.scopus.com/>

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

1. Лаборатория, Мира, 32, Р-318
Современная эргономичная мебель для аспирантов – 8 рабочих мест,
Компьютеры (core 2 duo e6550 2.33, 4gb, radeon 4350,250gb) – 8 шт.,
Телевизор sharp – 1 шт.
Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, , System Center Endpoint Protection
2. Лаборатория современных телекоммуникационных систем. Мира, 32. Р-417
Рабочих мест - 3,
учебных мест - 12,
рабочее место преподавателя (стол, стул),
доска маркерная,
телевизионный приемник - 2,
компьютер (3 ед.);
векторный генератор R&S SMU200A (двухканальный векторный генератор до 6 ГГц с опциями всех существующих телекоммуникационных и навигационных систем);
анализатор сигналов R&S FSQ26 (от 20 Гц до 26 ГГц);
лицензионное ПО: MS Office; Adobe Reader; System Center Endpoint Protection;
программное обеспечение HFSS (среда трехмерного электродинамического моделирования);
программное обеспечение AWR Design Environment (среда электродинамического моделирования микрополосковых устройств);
3. Лаборатория Центра высоких технологий. Мира, 32. Р-046
Лабораторная мебель на 8 рабочих мест.
Демокомплекс на базе интерактивной доски esprin TIWEDT79,
Контроллер NI регистрирующий скоростной - 8шт,
Комплект датчиков Grove Smart Plant Care Kit for Arduino - 10 шт,
Комплект для отладки встроенных систем TE-STM32F4 STARTERKIT PRO с камерой и дисплейным модулем - 3 шт,
Комплект для отладки встроенных систем ARDUINO -4 шт,
Источник питания GPS-72303 - 3 шт,
Индукционная паяльная станция Quick-202D ESD - 10 шт,
Климатическая камера MC-711Py,
Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, , System Center Endpoint Protection
4. Лаборатория. Мира, 32. Р-442
Учебная мебель на 25 рабочих мест;
компьютеры (Intel Core 2Duo CPU E6550 @ 2,33GHz 2 Gb RAM ATI Radeon HD 4350 БП Asus 450W Seagate 250Gb) – 9 шт.,
телевизор sharp – 1 шт.,
генераторы:
низко-част.сигналов – 6 шт.,
высокочастотных сигналов – 6 шт.,
стенды – 7 шт.,
цифровой осциллограф – 7 шт.
Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, , System Center Endpoint Protection, MatLab, LabView, АСК4106(Акмаком)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

6.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

6.2.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено.

6.2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено.

6.2.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено.

6.2.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Основные определения и понятия. Системный и классический подходы к моделированию сложных систем. Методы моделирования: аналитические, численные, имитационные. Классификация видов моделирования систем.
2. Понятие математической схемы. Математическая модель системы. Типовые математические схемы. Непрерывно-детерминированные модели (*D*-схемы). Дискретно-детерминированные модели (*F*-схемы). Дискретно-стохастические модели (*P*-схемы). Непрерывно-стохастические модели (*Q*-схемы). Сетевые модели (*N*-схемы). Комбинированные модели (*A*-схемы).
3. Введение в имитационное моделирование систем. Проблемы имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Общие принципы построения имитационных моделей.
4. Организация модельного времени: принцип «*принцип Δt*» и «*принцип Δz*». Алгоритм регламентации модельного времени. Способы описания динамики и квазипараллелизма системы. Метод статистического моделирования. Предельные теоремы теории вероятностей. Обобщенная блок-схема имитационной модели на основе метода статистического моделирования.
5. Методы генерации случайных чисел. Генераторы псевдослучайных последовательностей. Случайные величины и их распределения. Основные характеристики случайной величины.
6. Методы имитационного моделирования случайных величин. Метод обратной функции. Метод, основанный на кусочной аппроксимации функции плотности распределения. Приближенные методы. Метод Неймана. Моделирование случайных событий.
7. Методы проверки адекватности имитационной модели: метод предельных точек, метод верификации. Основные положения и понятия математической статистики. Использование статистических критериев для проверки адекватности модели. Особенности статистической обработки результатов моделирования. Первичная и вторичная обработка результатов моделирования.
8. Оптимизация модельного эксперимента. Стратегическое планирование. Элементы теории факторного анализа. Особенности планирования экспериментов. Регрессионный анализ.
9. Виды планов экспериментов. Основные задачи тактического планирования эксперимента. Определение объема статистических испытаний.
10. Элементы теории массового обслуживания, применяемые при моделировании систем. Основные типы СМО и показатели их эффективности. Аналитические модели СМО. Граф состояний и переходов для СМО. Система уравнений Колмогорова для аналитического расчета СМО. Непрерывные марковские цепи. Системы массового обслуживания, в которых протекает марковский случайный процесс «гибели и размножения».
11. Имитационное моделирование СМО в рамках формализма *Q*-схем. Генерация входных потоков. Математическая модель потока событий. Свойства

- простейшего пуассоновского потока. Потоки Эрланга, их свойства и применение. Принципы построения алгоритмов моделирования СМО. Обобщенная блок-схема алгоритма имитационной модели СМО.
12. Принципы построения моделирующих алгоритмов ИМ, основанные на использовании N -схем. Синхронизация событий в N -схемах. Особенности программирования N -схем. Расширения N -схем.
 13. Математическая схема агрегата. Кусочно-линейный агрегат и примеры его применения для моделирования D-, F-, P-, Q-схем.
 14. Имитационное моделирование систем на основе A-схем. Современные реализации комбинированного подхода.
 15. Гибридные автоматы. Модель индустриальной динамики Форрестера. Модель Месаровича-Пестеля. Многоагентное моделирование. Когнитивные модели.
 16. Языки и инструментальные средства имитационного моделирования. Особенности языков имитационного моделирования. Классификация языков моделирования.
 17. Основные направления развития инструментальных средств моделирования. Сравнительная характеристика систем имитационного моделирования. Имитационное моделирование и CASE-средства.
 18. Имитационное моделирование систем в среде GPSS Word. Объекты языка GPSS. Модельное время. Типы операторов GPSS. Пример моделирования работы вычислительной системы в среде GPSS World.
 19. Моделирование последовательности значений случайных величин с заданным законом распределения в GPSS World. Обработка результатов моделирования средствами GPSS World.
 20. Организация экспериментов в GPSS Word. Дисперсионный и регрессионный анализ результатов моделирования.
 21. Современные парадигмы в имитационном моделировании. Характеристика СИМ AnyLogic. Этапы имитационного моделирования в среде AnyLogic. Основные концепции имитационного моделирования в среде AnyLogic. Активные объекты, классы и экземпляры активных объектов. Визуальная разработка модели.
 22. Средства описания поведения объектов. Встроенный язык Java. Модельное и реальное время. Возможности анимации и интерактивного анализа модели. Базовые инструменты для разработки модели в среде AnyLogic. Графический редактор AnyLogic. Запуск и просмотр модели.
 23. Дополнительные математические и программные возможности. Поддержка непрерывного моделирования. Встроенные библиотеки. Стохастическое моделирование. Обработка статистики.
 24. Поддержка экспериментов в AnyLogic. Простой эксперимент. Анализ чувствительности модели. Эксперимент для варьирования параметров. Оптимизационный эксперимент. Нестандартный эксперимент.
 25. Дискретно-событийное моделирование в среде AnyLogic. Примеры построения моделей систем. Моделирование простой системы массового обслуживания. Пример оптимизации системы.
 26. Средства AnyLogic для построения моделей системной динамики. Поддержка многоагентного подхода в AnyLogic. Примеры моделей.

6.2.4. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено.

9 ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РПД

Номер листа изменений	Номер протокола заседания учебно-методического совета института	Дата заседания учебно-методического совета института	Всего листов в документе	Подпись руководителя направления подготовки (ОП)