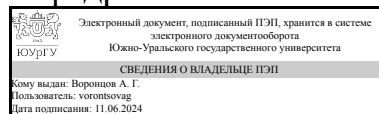


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.П0.06 Математическое моделирование и искусственный интеллект в электронике**

**для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**уровень Бакалавриат**

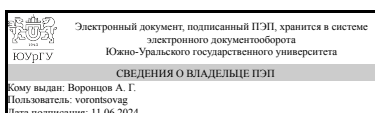
**профиль подготовки Нанoeлектроника: проектирование, технология, применение**

**форма обучения очная**

**кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем**

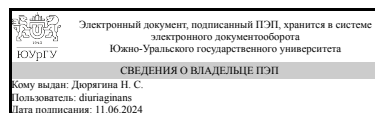
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доцент



Н. С. Дюрягина

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - познакомить студентов с общими принципами моделирования систем, а также с современными методами моделирования систем различной природы. Её задачи: - обучить студентов различным принципам моделирования систем, осветив их сходства и различия - дать практический опыт написания компьютерных программ, позволяющих смоделировать поведение различных систем и анализировать вывод таких программ; - познакомить студентов с современными методами машинного обучения и искусственного интеллекта, используемыми при анализе сложных систем; - обучить студентов работе с современными САПР на примере Ansys Electronics Desktop.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина "математическое моделирование и искусственный интеллект в электронике" читается студентам на седьмом и восьмом семестрах бакалавриата. Дисциплина знакомит студентов с видами математического моделирования систем, особое внимание при этом уделяется системам, возникающим в электронике. Особое внимание в дисциплине уделяется широко используемому для моделирования методу конечных элементов - второй семестр посвящен изучению программного пакета Ansys, де факто являющимся стандартной САЕ системой для проведения подобного рода расчетов. Кроме этого, в дисциплине затрагиваются вопросы применения методов машинного обучения и искусственного интеллекта для построения электронных систем.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен проводить НИР и ОКР по частным разделам заданного направления разработок	Знает: методы планирования и проведения экспериментов Умеет: планировать натурные и численные эксперименты в данной области знаний, их организацию и проведение Имеет практический опыт: моделирования электронных систем

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 98,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	84	48	36
Лекции (Л)	28	16	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	56	32	24
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	117,25	53,75	63,5
Подготовка к зачету	27	27	0
Подготовка к контрольным работам	59,75	26,75	33
Подготовка к экзамену	30,5	0	30,5
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Моделирование сложных систем	33	11	0	22
2	Методы искусственного интеллекта	15	5	0	10
3	Метод конечных элементов	36	12	0	24

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в математическое моделирование. Классификация систем Динамические системы. Каскады, потоки	2
2	1	Анализ моделей динамических систем. Точки равновесия Точки бифуркации в динамических системах. Бифуркационные диаграммы	2
3	1	Бифуркация удвоения периода. Динамический хаос Система Лорентца. Странные аттракторы	2
4	1	Системы взаимодействующих агентов. Конечные автоматы Приближение среднего поля. Перколяционные модели	2
5	1	Сегрегация в пространственных моделях. Социофизика Сети и графы. Феномен "шести рукопожатий".	2
6	1	Стохастические модели. Степенные законы распределения. Самоорганизованная критичность	1
6	2	Введение в методы машинного обучения. Основные понятия машинного обучения	1

7	2	Методы препроцессинга и анализа данных Модели обучения с подкреплением	2
8	2	Глубокое обучение. Нейронные сети Применение методов машинного обучения и нейронных сетей	2
9	3	Системы компьютерного инжиниринга (CAE). Знакомство с интерфейсом CAE Ansys Введение в метод конечных элементов (МКЭ). Формулировка задачи в сильной и слабой форме	2
10	3	Решение дифференциальных уравнений в частных производных в МКЭ. Метод Галёркина Построение геометрии в CAE Ansys	2
11	3	Виды решателей в CAE Ansys. Статический решатель Переходные решатели	2
12	3	Разбиение на конечные элементы в CAE Ansys. Операции на сетке конечных элементов Задание начальных и граничных условий в CAE Ansys	2
13	3	Оптимизационные методы в CAE Ansys Постпроцессинг результатов моделирования в CAE Ansys	2
14	3	Проведение мультифизического анализа в CAE Ansys Повторение и заключение	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Введение в математическое моделирование	2
2	1	Примеры моделей динамических систем	2
3	1	Анализ моделей динамических систем	2
4	1	Контрольная работа "Построение и анализ модели динамической системы"	2
5	1	Поиск точек бифуркации в динамических системах	2
6	1	Многомерные динамические системы. Анализ системы Лорентца	2
7	1	Контрольная работа "Поиск аттрактора многомерной динамической системы"	2
8	1	Правило 184. Модель Нагеля-Шрекенберга	2
9	1	Построение многомерного клеточного автомата. Правило большинства	2
10	1	Построение графа. Анализ модели Уоттса-Строгаца	2
11	1	Контрольная работа "Построение и анализ пространственной модели (конечный автомат, граф)"	2
12	2	Фреймворки для машинного обучения	2
13	2	Препроцессинг и анализ данных	2
14	2	Построение ML моделей: линейной регрессии,	2
15	2	Построение нейронных сетей	2
16	2	Контрольная работа "Методы машинного обучения и искусственного интеллекта"	2
17	3	Знакомство с CAE Ansys Electronics	2
18	3	Алгоритм решения задачи в CAE Ansys	2
19	3	Построение геометрии в CAE Ansys Electronics	2
20	3	Контрольная работа "Построение геометрии в CAE Ansys"	2
21	3	Решение статических задач в CAE Ansys Electronics	2
22	3	Решение переходных задач в CAE Ansys Electronics	2

23	3	Разбиение на конечные элементы в CAE Ansys	2
24	3	Задание начальных и граничных условий в CAE Ansys	2
25	3	Контрольная работа "Решение задач в CAE Ansys Electronics"	2
26	3	Методы постпроцессинга результатов	2
27	3	Оптимизационный анализ в CAE Ansys Electronics	2
28	3	Контрольная работа "Моделирование электронных систем в CAE Ansys Electronics"	2

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Юмагулов, пп. 1.1-1.3, 2.2, 2.4, 3.1, 3.3, 3.5, гл. 4; Шарден, гл. 2-4, 6, 7	7	27
Подготовка к контрольным работам	Юмагулов, пп. 1.1-1.3, 2.2, 2.4, 3.1, 3.3, 3.5, гл. 4; Шарден, гл. 2-4, 6, 7	7	26,75
Подготовка к контрольным работам	Верхотуркин, гл. 2, 3, 4; Федорова и др., гл. 2, 3, 5	8	33
Подготовка к экзамену	Верхотуркин, гл. 2, 3, 4; Федорова и др., гл. 2, 3, 5	8	30,5

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

##### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Движение тела под углом к горизонту	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах налагается штраф в 1 балл	зачет
2	7	Текущий контроль	Модель Лотки-Вольтерра	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах	зачет

						налагается штраф в 1 балл	
3	7	Текущий контроль	Осциллятор ван-дер-Поля	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах налагается штраф в 1 балл	зачет
4	7	Текущий контроль	Модель Нагеля-Шрекенберга	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах налагается штраф в 1 балл	зачет
5	7	Текущий контроль	Закон Парето	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах налагается штраф в 1 балл	зачет
6	7	Текущий контроль	Определение емкости проводника методами машинного обучения	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах налагается штраф в 1 балл	зачет
7	7	Текущий контроль	Построение нейронной сети для классификации VLSI ячеек	1	5	В качестве ответа на задание принимается отчет, в котором должна быть программа на любом языке программирования, результат или график и сделаны выводы. Полностью верный отчет оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в требуемых компонентах налагается штраф в 1 балл	зачет
8	7	Бонус	Бонусные баллы	-	15	Студенту могут быть поставлены бонусные баллы за наличие конспекта лекций. Максимальный балл ставится за наличие всех лекций, отсутствие каждой лекции налагает штраф в 3 балла, 0 баллов ставится за отсутствие 5 лекций и более.	зачет
9	7	Проме-	Зачет	-	40	На зачете студенту предлагается 2	зачет

		журточная аттестация				теоретических и 2 практических вопроса, каждый из которых оценивается в 10 баллов. За каждую ошибку/недочет в ответе на каждый вопрос накладывается штраф в 2 балла.	
10	8	Текущий контроль	Расчет электросопротивления проводника	1	5	В качестве ответа на задание принимается проект Ansys Electronics Desktop. Полностью верный уникальный проект оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в модели налагается штраф в 1 балл. Максимальный балл за неуникальный проект - 2.	экзамен
11	8	Текущий контроль	Построение геометрии в Ansys Electronics Desktop	1	5	В качестве ответа на задание принимается проект Ansys Electronics Desktop. Полностью верный уникальный проект оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в модели налагается штраф в 1 балл. Максимальный балл за неуникальный проект - 2.	экзамен
12	8	Текущий контроль	Ротор и статор - статическая задача	1	5	В качестве ответа на задание принимается проект Ansys Electronics Desktop. Полностью верный уникальный проект оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в модели налагается штраф в 1 балл. Максимальный балл за неуникальный проект - 2.	экзамен
13	8	Текущий контроль	Ротор и статор - переходная задача	1	5	В качестве ответа на задание принимается проект Ansys Electronics Desktop. Полностью верный уникальный проект оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в модели налагается штраф в 1 балл. Максимальный балл за неуникальный проект - 2.	экзамен
14	8	Текущий контроль	Построение температурного профиля токопроводящей шины	1	5	В качестве ответа на задание принимается проект Ansys Electronics Desktop. Полностью верный уникальный проект оценивается в 5 баллов, за каждую ошибку в модели налагается штраф в 1 балл. Максимальный балл за неуникальный проект - 2.	экзамен
15	8	Бонус	Бонусные баллы	-	15	Студенту могут быть поставлены бонусные баллы за наличие конспекта лекций. Максимальный балл ставится за наличие всех лекций, отсутствие каждой лекции налагает штраф в 3 балла, 0 баллов ставится за отсутствие 5 лекций и более.	экзамен
16	8	Проме-	Экзамен	-	40	На экзамене студенту предлагается	экзамен

		жуточная аттестация			полностью решить задачу в Ansys Electronics Desktop. Полностью правильное решение оценивается в 40 баллов; ошибки влекут за собой следующие штрафы: в геометрии каждая ошибка - 5 баллов; в построении сетки (слишком крупная/неправильной формы) - 3 балла, в наложении начальных/граничных условий - 5 баллов/каждое условие; в постпроцессинге - 7 баллов.	
--	--	---------------------	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Итоговая оценка может быть поставлена по результатам текущего контроля. Студент может набрать дополнительные баллы, участвуя в мероприятии промежуточной аттестации (экзамене). Экзамен проводится на компьютерах. Продолжительность экзамена - 2 часа. Ответ на билет (проект Ansys Electronics Workbench) оценивается в конце экзамена, при этом студенту могут быть заданы несколько дополнительных вопросов по ответу для проверки понимания им материала.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
зачет	Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Зачет может быть поставлен по результатам текущего контроля. Студент может набрать дополнительные баллы, участвуя в мероприятии промежуточной аттестации (зачете). Зачет проводится в течение 90 минут в смешанной форме и включает в себя устный ответ на теоретические вопросы и написание программы на компьютере. Время подготовки - 15 минут для ответа на устные вопросы и 60 минут на написание программы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПК-2	Знает: методы планирования и проведения экспериментов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: планировать натурные и численные эксперименты в данной области знаний, их организацию и проведение	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: моделирования электронных систем			+	+			+	+	+	+			+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины



## Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Соболев А.Н. Математическое моделирование и искусственный интеллект в электронике. Методические материалы для самостоятельной работы студентов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Соболев А.Н. Математическое моделирование и искусственный интеллект в электронике. Методические материалы для самостоятельной работы студентов

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Юмагулов, М. Г. Введение в теорию динамических систем : учебное пособие / М. Г. Юмагулов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-1799-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168744">https://e.lanbook.com/book/168744</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Верхотуркин, Е. Ю. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench : учебное пособие / Е. Ю. Верхотуркин, В. Н. Пащенко, В. Б. Пясецкий. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 63 с. — ISBN 978-5-7038-3691-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/58419">https://e.lanbook.com/book/58419</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Основы работы в ANSYS 17 / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов, Ю. В. Захарова. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-425-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/90112">https://e.lanbook.com/book/90112</a> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шарден, Б. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python : учебное пособие / Б. Шарден, Л. Массарон, А. Боскетти ; перевод с английского А. В. Логунова. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 358 с. — ISBN 978-5-97060-506-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/105836">https://e.lanbook.com/book/105836</a> (дата

		обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
--	--	--

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
3. Python Software Foundation-Python (бессрочно)
4. Canonical Ltd.-Ubuntu(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -The Cambridge Crystallographic Data Centre(31.12.2023)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	463 (1)	Компьютеры с предустановленным ПО Ubuntu, Citrix Receiver и доступом в Интернет