

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра №1

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

д.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

 А.О. Смирнов

(подпись)

«11» мая 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нелинейные математические модели»

(Название дисциплины)

Код направления	01.06.01
Наименование направления/ специальности	Математика и механика
Наименование направленности	Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

д.ф.-м.н.,доц.

должность, уч. степень, звание


_____ 11.05.21
подпись, дата

А.О. Смирнов

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«11» мая 2021 г, протокол № 5/1

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н.,доц.

должность, уч. степень, звание


_____ 11.05.21
подпись, дата

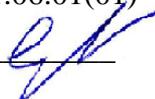
А.О. Смирнов

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 01.06.01(01)

д.ф.-м.н.,доц.

должность, уч. степень, звание



А.О. Смирнов

подпись, дата

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № ФПТИ по методической работе

проф.,д.т.н.,доц.

должность, уч. степень, звание



Е.А. Фролова

подпись, дата

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Нелинейные математические модели» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 01.06.01 «Математика и механика» направленность «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление». Дисциплина реализуется кафедрой №1.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

профессиональных компетенций:

ПК-2 «способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач»,

ПК-4 «способность к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов»,

ПК-5 «способность к проведению методических и экспертных работ в области математики».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами решения и анализа решений нелинейных дифференциальных и разностных уравнений

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, консультации.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины заключается в получении аспирантом навыков анализа поведения решений нелинейных дифференциальных, разностных и дифференциально-разностных уравнений.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ПК-2 «способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач»:

знать – наиболее известные интегрируемые нелинейные модели

уметь – выводить простейшие нелинейные модели

владеть навыками – анализа слабо нелинейных моделей

иметь опыт деятельности – по построению решений нелинейных дифференциальных или разностных уравнений;

ПК-4 «способность к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов»:

знать – методы построения интегрируемых нелинейных уравнений

уметь – находить точные решения интегрируемых нелинейных уравнений

владеть навыками – анализа неинтегрируемых нелинейных уравнений

иметь опыт деятельности – по анализу аттракторов неинтегрируемых нелинейных моделей;

ПК-5 «способность к проведению методических и экспертных работ в области математики»:

знать – методы анализа нелинейных моделей

уметь – определять наличие хаотического режима в нелинейной модели

владеть навыками – анализа современных публикаций

иметь опыт деятельности – по публикации результатов своих работ.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

– Математический анализ

– Дифференциальные уравнения

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при проведении научных исследований.

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по
--------------------	-------	-----------------

		семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	6/ 216	6/ 216
<i>Из них часов практической подготовки</i>		
<i>Аудиторные занятия, всего час.,</i> <i>В том числе</i>	30	30
лекции (Л), (час)	20	20
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	10	10
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего	150	150
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.,Экз.**)	Экз.**	Экз.**

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Слабо нелинейные модели	4	2			50
Раздел 2. Интегрируемые нелинейные модели	10	6			50
Раздел 3. Неинтегрируемые нелинейные модели	6	2			50
Итого в семестре:	20	10			150
Итого:	20	10	0	0	150

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	1.1 Нелинейные явления в природе и лаборатории. 1.2 Вывод уравнений методом малого параметра. 1.3 Слабо нелинейные волны. Расплывание, расщепление и неустойчивости.
2	2.1 Универсальные волновые уравнения. Уравнения Кортевега-де Фриза и Кадомцева-Петвиашвили. Нелинейное уравнение Шредингера. Уравнение sine-Gordon. 2.2 Пара Лакса и иерархии интегрируемых нелинейных уравнений. Иерархия уравнения Кортевега-де Фриза. Иерархия нелинейного уравнения Шредингера. 2.3 Метод преобразования Дарбу построения точных решений 2.4 Простейшие конечнозонные решения. Спектральные кривые. 2.5 Элементарное введение в алгебраическую геометрию. 2.6 Тэта функция. Конечнозонные решения общего вида. 2.7 Редукции общих конечнозонных решений к эллиптическим, тригонометрическим и рациональным.
3	3.1 Некогерентные явления. 3.2 Бифуркационные последовательности и хаос 3.3 Потоки и отображения 3.4 Странный аттрактор

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Вывод уравнений методом малого параметра	Решение задач аспирантами под контролем преподавателя	2	1.2
2	Вывод уравнений иерархий Кортевега-де Фриза и нелинейного уравнения Шредингера	Решение задач аспирантами под контролем преподавателя	2	2.2

3	Построение точных решений методом преобразования Дарбу	Решение задач аспирантами под контролем преподавателя	2	2.3
4	Вычисление параметров гиперэллиптических кривых	Решение задач аспирантами под контролем преподавателя	2	2.5
5	Исследование логистического отображения	Решение задач аспирантами под контролем преподавателя	2	3.2
Всего:			10	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего:				

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	100	100
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	30	30
Домашнее задание (ДЗ)	20	20
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	150	150

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 6-11.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ЭБС	Ибрагимов, Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2012. — 332 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5268 . — Загл. с экрана.	ЭБС

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ЭБС	Чуличков, А.И. Математические модели нелинейной динамики [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2003. — 296 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59325 . — Загл. с экрана.	ЭБС

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
www.arxiv.org	Сервер препринтов
http://nd.ics.org.ru	журнал «Нелинейная динамика»

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

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Wolfram Mathematica
2	Windows
3	Microsoft Office

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен**	Список вопросов к экзамену

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по
----------------	-----------------------------------

	дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ПК-2 «способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач»	
1	Научные исследования
1	Организация диссертационных исследований
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Научные исследования
2	Научные исследования
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
3	Научные исследования
4	Научные исследования
4	Научные исследования
7	Научные исследования
7	Нелинейные математические модели
7	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (научно-исследовательская)
8	Научные исследования
ПК-4 «способность к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов»	
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
5	Научные исследования
6	Научные исследования
6	Научные исследования
7	Научные исследования
7	Нелинейные математические модели
7	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (научно-исследовательская)
8	Научные исследования
ПК-5 «способность к проведению методических и экспертных работ в области математики»	
7	Научные исследования
7	Нелинейные математические модели
8	Научные исследования

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1	Вывод нелинейных уравнений методом малого параметра
2	Вывод нелинейных волновых уравнений с помощью преобразования Лапласа
3	Пара Лакса для уравнения Кортевега-де Фриза
4	Пара Лакса для уравнения Кадомцева-Петвиашвили
5	Пара Лакса для уравнения Бусинеска
6	Пара Лакса для нелинейного уравнения Шредингера

7	Пара Лакса для модифицированного уравнения Кортевега-де Фриза
8	Пара Лакса для уравнения sine-Gordon
9	Преобразование Дарбу для уравнения Кортевега-де Фриза
10	Преобразование Дарбу для нелинейного уравнения Шредингера
11	Преобразование Дарбу для уравнения sine-Gordon
12	Билинейные соотношения Римана
13	Формула Римана-Гурвица
14	Абелевы дифференциалы
15	Точки Вейерштрасса
16	Многомерные тэта-функции и их свойства
17	Эллиптические функции Вейерштрасса
18	Эллиптические функции Якоби
19	Эллиптические тэта-функции
20	Логистическое отображение и его свойства
21	Постоянные Фейгенбаума
22	Отображение Лоренца
23	Множество Мандельброта
24	Множество Жюлиа
25	Странный аттрактор
26	Фрактальная размерность

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Не предусмотрено

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1	Вывести уравнение Кортевега-де Фриза
2	Вывести уравнение КдФ-5
3	Вывести уравнение КдФ-7
4	Вывести спаренное нелинейное уравнение Шредингера
5	Вывести спаренное модифицированное уравнение Шредингера
6	Построить солитон уравнения Кортевега-де Фриза
7	Построить простейшее рациональное решение уравнения Кортевега-де Фриза
8	Построить двухсолитонное решение уравнения Кортевега-де Фриза
9	Построить позитон уравнения Кортевега-де Фриза
10	Построить солитон уравнения КдФ-5
11	Построить солитон нелинейного уравнения Шредингера
12	Построить солитон Перегринна
13	Построить бризер Ахмедиева
14	Найти параметры нормированных голоморфных дифференциалов для гиперэллиптической кривой рода 2.
15	Найти матрицу периодов гиперэллиптической кривой рода 2
16	Найти параметры нормированного дифференциала второго рода для гиперэллиптической кривой рода 2

17	Найти вектор периодов нормированного дифференциала второго рода для гиперэллиптической кривой рода 2
----	--

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области анализа нелинейных математических моделей, описываемых дифференциальными, разностными или дифференциально-разностными уравнениями.

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходиться к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой