

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
базового высшего образования  
по направлению подготовки  
01.03.02 Прикладная математика и информатика,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Динамические системы и модели естествознания**

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль): Математическое моделирование и системный анализ

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 1343395  
Подписал: И.о. заведующего кафедрой Тищенко Сергей Александрович  
Дата: 18.06.2026

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) являются:

- овладение базовыми понятиями динамических систем и моделей экологии;
- формирование и развитие навыков решения профессиональных задач на основе методов динамических систем.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- знакомство студентов с основными задачами и моделями экологии и методами их решения;
- формирование и развитие компетенций в сфере использования методов математической биологии для решения профессиональных задач.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-4** - Уметь ставить цели создания системы, разрабатывать концепцию системы и требования к ней, выполнять декомпозицию требований к системе.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- основные понятия и теоретические положения, используемые для разработки динамических математических моделей экологии;
- основные методы математической биологии и экологии.

### **Уметь:**

- разрабатывать, адаптировать и анализировать формальные модели динамических систем и процессов;
- интерпретировать модели динамических систем в терминах практических задач экологии.

### **Владеть:**

- навыками обработки, анализа и синтеза информации на основе методов математической экологии;
- навыками формального описания и интерпретации результатов решения практических задач в области экологии.

## 3. Объем дисциплины (модуля).

### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 80 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

## 4. Содержание дисциплины (модуля).

### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Дискретные динамические системы Рассматриваемые вопросы: - одномерные дискретные динамические системы; - графическая процедура построения решения; - условия устойчивости неподвижных точек; - бифуркации положений равновесия; - возникновение циклов, теорема Шарковского;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- показатели Ляпунова;</li> <li>- многомерные системы с дискретным временем.</li> </ul>
2	<p><b>Многомерные системы с дискретным временем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- линейные многомерные дискретные системы;</li> <li>- системы, содержащие запаздывание;</li> <li>- условия устойчивости.</li> </ul>
3	<p><b>Непрерывные динамические системы</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- автономные динамические системы и их свойства;</li> <li>- теорема о выпрямлении векторного поля;</li> <li>- теорема о скорости изменения фазового объёма;</li> <li>- свойства первых интегралов системы;</li> <li>- Гамильтоновы системы и их свойства;</li> <li>- фазовые портреты движения одномерной частицы под действием потенциальных сил;</li> <li>- устойчивость по А.М. Ляпунову;</li> <li>- теоремы Ляпунова об устойчивости;</li> <li>- теорема Пуанкаре-Ляпунова об устойчивости по первому приближению;</li> <li>- свойства предельных множеств;</li> <li>- теорема Бендиксона-Дюлака;</li> <li>- теорема Бендиксона-Пуанкаре и её следствия;</li> <li>- теорема Андронова-Хопфа о возникновении предельного цикла.</li> </ul>
4	<p><b>Гамильтоновы системы. Теория устойчивости</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Гамильтоновы системы и их свойства;</li> <li>- фазовые портреты движения одномерной частицы под действием потенциальных сил;</li> <li>- устойчивость по А.М. Ляпунову;</li> <li>- теоремы Ляпунова об устойчивости;</li> <li>- теорема Пуанкаре-Ляпунова об устойчивости по первому приближению.</li> </ul>
5	<p><b>Предельное поведение автономных динамических систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- свойства предельных множеств;</li> <li>- теорема Бендиксона-Дюлака;</li> <li>- теорема Бендиксона-Пуанкаре и её следствия;</li> <li>- отображение Пуанкаре;</li> <li>- индексы Пуанкаре для систем в <math>R^2</math>.</li> </ul>
6	<p><b>Бифуркация Андронова-Хопфа</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теорема Андронова-Хопфа о возникновении предельного цикла.</li> </ul>
7	<p><b>Модели биологии и экологии</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модель «Хищник-Жертва» Лотка-Вольтерра;</li> <li>- модель «Хищник-Жертва» с учетом внутривидовой конкуренции;</li> <li>- анализ модели взаимодействия двух конкурирующих видов;</li> <li>- принцип исключения Гаузе;</li> <li>- модель взаимодействия загрязнений с окружающей средой;</li> <li>- модель очистки сточных вод.</li> </ul>
8	<p><b>Математические модели распространения эпидемий</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	-SIR модель распространения эпидемии; -SIRS модель с повторной инфекцией; - модели вирусных инфекций.

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<b>Дискретные динамические системы</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навыки применения графической процедуры построения решения; исследования устойчивости неподвижных точек; изучения характера бифуркации положений равновесия; отыскания циклических последовательностей и построения бифуркационных диаграмм конкретных систем.
2	<b>Многомерные дискретные системы</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык отыскания циклических последовательностей; построения бифуркационных диаграмм конкретных систем.
3	<b>Показатели Ляпунова</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык вычисления показателей Ляпунова для одномерных и многомерных дискретных динамических систем.
4	<b>Исследование устойчивости динамических систем</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык исследования автономных динамических систем и их свойств; исследования устойчивости положений равновесия; построения фазовых и параметрических портретов.
5	<b>Исследование предельного поведения динамических систем</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык изучения предельного поведения динамических систем; исследования условий возникновения предельного цикла.
6	<b>Модели биологии</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык - детального математического анализа различных моделей вида «Хищник-Жертва» Лотка-Вольтерра, моделей динамики развития эпидемий, математических моделей взаимодействия загрязнений с окружающей средой.
7	<b>Модели экологии</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык исследования математических моделей взаимодействия загрязнений с окружающей средой.
8	<b>Модели эпидемий</b> В результате работы на практическом занятии студент получает навык исследования моделей динамики развития эпидемий.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение учебной литературы из приведенных источников
2	Подготовка к практическим занятиям
3	Выполнение курсового проекта.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Исследование устойчивости и качественный анализ математических моделей взаимодействия биологических видов. Математическое моделирование и прогнозирование динамики развития эпидемий в изолированных популяциях. Моделирование хаотического поведения в динамических системах на примере упрощенных моделей атмосферной циркуляции. Качественный анализ нелинейных динамических моделей кинетики химических и биохимических реакций. Исследование колебательных процессов в биологических системах с помощью моделей сердечного ритма. Математическое моделирование процессов пространственного распределения видов на основе уравнений диффузии. Анализ условий возникновения автоколебаний и триггерных свойств в генных и метаболических сетях. Моделирование динамики ледников и изменений климата с использованием систем дифференциальных уравнений. Качественное исследование динамики нелинейных механических маятников со случайными внешними возмущениями. Применение динамических систем для моделирования процессов самоорганизации и образования пространственных структур. Исследование устойчивости экосистем к резким внешним воздействиям методами теории катастроф. Математическое моделирование динамики нейронной активности и процессов передачи импульсов в нервных тканях. Анализ фазовых портретов и бифуркаций в моделях динамики численности насекомых-вредителей тайги. Моделирование гидродинамических течений и вихревых структур методами теории динамических систем. Исследование процессов горения и теплового взрыва с использованием нелинейных дифференциальных уравнений. Математическое описание механизмов адаптации и эволюции популяций методами репликаторной динамики. Моделирование распространения лесных пожаров на основе дискретно-непрерывных динамических моделей. Качественный анализ моделей формирования и эволюции речных русел и ландшафтных элементов. Применение консервативных динамических систем для моделирования движения тел в гравитационных полях. Исследование хаотической синхронизации в системах связанных нелинейных осцилляторов.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Братусь, А. С. Динамические системы и модели биологии / А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 400 с. — ISBN 978-5-9221-1192-8.	<a href="https://znanium.ru/read?id=38119">https://znanium.ru/read?id=38119</a> (дата обращения: 25.06.2025)
2	Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебное пособие для вузов / Г. Ю. Ризниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 181 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07037-8.	<a href="https://urait.ru/bcode/537454">https://urait.ru/bcode/537454</a> (дата обращения: 09.04.2025).
3	Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов : учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 409 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19922-2	<a href="https://urait.ru/bcode/557337">https://urait.ru/bcode/557337</a> (дата обращения: 09.04.2025)
4	Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 185 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07874-9.	<a href="https://urait.ru/bcode/538019">https://urait.ru/bcode/538019</a> (дата обращения: 09.04.2025)
5	Ризниченко, Г. Ю. Динамика популяций : учебное пособие для вузов / Г. Ю. Ризниченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 46 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15543-3.	<a href="https://urait.ru/bcode/544670">https://urait.ru/bcode/544670</a> (дата обращения: 09.04.2025)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>);
- Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru));
- Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>);
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>);
- Интернет-университет информационных технологий (<http://www.intuit.ru/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

- Операционная система Windows;
- Microsoft Office;
- MS Teams;
- Поисковые системы.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовой проект в 7 семестре.

Экзамен в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

профессор, профессор, д.н. кафедры  
«Математическое моделирование  
сложных систем» Института  
железнодорожного транспорта

А.С. Братусь

Согласовано:

и.о. заведующего кафедрой ПМ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

С.А. Тищенко

Н.А. Андриянова