

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан  
Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

**Теория нелинейных динамических систем**

по направлению подготовки

**15.04.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Компьютерный инжиниринг конструкций, биомеханических систем и материалов**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОПОП  
В.А. Скрипняк  
Е.С. Марченко

Председатель УМК  
В.А. Скрипняк

Томск 2025

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (САЕ-систем мирового уровня).

ПК-4 Способен применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 2.1 Знать: математические и компьютерные модели, программные системы мультидисциплинарного анализа (САЕ-системы мирового уровня), используемые для решения поставленных научно-технических задач

ИПК 2.2 Уметь самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (САЕ-систем мирового уровня)

ИПК 2.3 Владеть навыками самостоятельного выполнения научных исследований в области прикладной механики, решения сложных научно-технических задач

ИПК 4.1 Знать физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования, применяемые в процессе профессиональной деятельности

ИПК 4.2 Уметь применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

ИПК 4.3 Владеть навыками применения физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследования, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Познакомить с теорией динамических систем и нелинейной динамикой в приложении к задачам физики живых систем;
- Познакомить с законами эволюции природных, экономических, социальных и технических систем.
- Научить применять методы и полученные знания общетеоретического характера к анализу состояния и оценки устойчивости конкретной исследуемой динамической системы;
- Научить формулировать задачу изучения состояния динамической системы как задачу ее эволюции в полях действующих сил, уметь выбирать критерии оценки текущего состояния динамической системы и ее близости к критическому состоянию;
- Научить использовать для решения научно-технических проблем эволюции различных систем современные методы анализа, их состояния и прогноза возможных катастрофических явлений.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

#### **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Первый семестр, зачет

Второй семестр, зачет с оценкой

#### **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

#### **6. Язык реализации**

Русский

#### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 22 ч.

-практические занятия: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

#### **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Введение. Что такое нелинейная динамика?

Общее определение динамической системы. Нелинейное мышление Мандельштама. Предмет нелинейной динамики. Эволюция взглядов на динамические системы: от работ А. Пуанкаре до идей И. Пригожина, работ А.Н. Колмогорова, С.П. Курдюмова, Г. Хакена и современной математической теории нелинейных динамических систем.

Тема 2. Общие принципы и законы эволюции нелинейных динамических систем

Математический маятник, нерегулярные хаотические колебания маятника. Роль информации в эволюции динамической системы. Принципиальное существование горизонта прогноза эволюции любых динамических систем.

Тема 3. Самоорганизация в нелинейных динамических системах

Ячейки Бинары, химические реакции Белоусова-Жаботинского. Ключевые идеи И. Пригожина о фундаментальных механизмах самоорганизации. Когда выгодны флюктуации? Неравновесность, необратимость, неустойчивость. Порядок через флюктуации.

Тема 4. Хаос и порядок.

Детерминированный хаос. Пути проникновения в хаос. Динамика Ферхульста (модель роста популяции). Равновесное поведение и переход от порядка к хаосу. Аттрактор Лоренса.

Тема 5. Фрактальная геометрия природы Бенуа Мандельброта.

Понятие фрактала. Фрактальная геометрия – отказ от требования гладкости. Простейшие примеры фракталов (канторова пыль, фракталы Коха, салфетки Серпинского, дерево Пифагора). Стохастические фракталы. Фракталы в природе, геосреды и геоматериалы как природные фракталы.

## Тема 6. Теория режимов с обострением

Стадии разрушения, переход от медленной квазистационарной стадии накопления повреждений к сверхбыстрому автокаталитическому (катастрофическому) режиму разрушения. Пространственная локализация деформации сменяется локализацией процесса во времени.

Тема 7. Принципы многомасштабности и иерархичности в структурной организации твердых тел.

Твердые тела – типичные нелинейные динамические системы. Масштабы разрушения, универсальный принцип фрактальной делимости твердых тел и сред. Самоподобие и автомодельность процесса разрушения во всей иерархии масштабов.

## Тема 8. Нелинейные волны

Ударные волны. Механизмы формирования ударной волны. Соотношения Ренкина-Гюгонио. Понятие ударной адиабаты. Солитоны (уединенные волны).

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и устного опроса по материалам предыдущих занятий, выполнения индивидуального задания, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Продолжительность зачета 1 час.

Зачет с оценкой во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Продолжительность зачета с оценкой 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <http://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22410> (первый семестр)

<http://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24742> (второй семестр)

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Кащенко С. А. Динамика моделей на основе логистического уравнения с запаздыванием / С. А. Кащенко. - Москва : Красанд, 2020. - 573 с.: ил. - ( Синергетика: от прошлого к будущему ;N 102: )

– Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – М.: УРСС, 2014. – 431 с.

– Голицын Г.С. Статистика и динамика природных процессов и явлений. Методы, инструментарий, результаты/ Г.С. Голицын.–М: Красанд, 2013.– 400 с.

б) дополнительная литература:

- Пелюхова, Е.Б. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем. [Электронный ресурс] / Е.Б. Пелюхова, Э.Е. Фрадкин. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/649>
- Синергетика и проблемы теории управления. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2004. — 504 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59320>
- Нелинейная механика. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2001. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59276>
- Шелухин, О.И. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. [Электронный ресурс] / О.И. Шелухин, А.В. Осин, С.М. Смольский. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2008. — 368 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2307>
- Багдоев, А.Г. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах. [Электронный ресурс] / А.Г. Багдоев, В.И. Ерофеев, А.В. Шекоян. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2009. — 320 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2665> — Загл. с экрана.
- Ерофеев, В.И. Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. [Электронный ресурс] / В.И. Ерофеев, В.В. Кажаев, Н.П. Семерикова. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2002. — 208 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59310> — Загл. с экрана.
- Молотков, И.А. Аналитические методы в теории нелинейных волн. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2003. — 208 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59356> — Загл. с экрана.
- Режимы с обострением: эволюция идеи. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2006. — 312 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59453> — Загл. с экрана.
- Макаров П.В. Об иерархической природе деформации и разрушения твердых тел и сред // Физ. мезомех. – 2004. – Т.7. – №4. – С. 25–34.
- Макаров П.В. Нагружаемый материал как нелинейная динамическая система. Проблема моделирования // Физ. мезомех. – 2005. – Т.8. – №6. – С. 39–56.
- Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. — М.: УРСС, 2003. — 342 с. [http://www.e-reading.club/bookreader.php/108302/Kapica - Sinergetika\\_i\\_prognozy\\_buduscheho.html](http://www.e-reading.club/bookreader.php/108302/Kapica - Sinergetika_i_prognozy_buduscheho.html)

в) ресурсы сети Интернет:

- SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/> (Электронный ресурс SpringerLink: <http://link.springer.com/> ;).
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000-. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>;
- ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
- Электронная библиотека ТГУ: <http://www.lib.tsu.ru/ru>;

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- |  |   |
|--|---|
| – Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –   | <a href="http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&amp;theme=system">http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&amp;theme=system</a> |
| – Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –   | <a href="http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index">http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index</a>                           |
| – ЭБС Лань – <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>                                 |   |
| – ЭБС Консультант студента – <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |   |
| – Образовательная платформа Юрайт – <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>                  |   |
| – ЭБС ZNANIUM.com – <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>                            |   |
| – ЭБС IPRbooks – <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>                   |   |

в) профессиональные базы данных:

- Научная электронная библиотека – [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- База данных по материаловедению Springer Materials – [www.materials.springer.com](http://www.materials.springer.com)
- Библиотека журналов издательства John Wiley & Son и др., например, Wiley Online Library – [www.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com)
  - Коллекции журналов Sage по естественным, техническим наукам и медицине – [www.online.sagepub.com](http://www.online.sagepub.com)
  - Политеатическая база данных издательства Elsevier – [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Еремин Михаил Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прочности и проектирования физико-технического факультета.