

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



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программа бакалавриата  
по направлению подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Моделирование опасных процессов в техносфере**

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль): Безопасность жизнедеятельности в  
техносфере

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: 41799  
Подписал: заведующий кафедрой Сухов Филипп Игоревич  
Дата: 17.02.2023

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

Целью освоения учебной дисциплины «Моделирование опасных процессов в техносфере» является подготовка будущего специалиста к моделированию опасных процессов и обеспечению безопасности эксплуатации технических систем опасных производственных объектов.

Задачами освоения учебной дисциплины являются:

- комплексное формирование у студентов знаний в области моделирования опасных производственных объектов;
- освоение студентами экспериментальных методов оценки технической системы;
- приобретение навыков математического моделирования технической системы;
- приобретение навыков оценки техногенных рисков;
- моделирование и прогноз параметров риска происшествий с помощью диаграмм типа «Дерво», «Граф» и «Сеть»;
- освоить выполнение научных исследований в области обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов, интерпретации результатов моделирования отказов и процесса эксплуатации с формулировкой аргументированных заключений и выводов.

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

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

**ОПК-2** - Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления;

**ПК-8** - Способен выполнять работу по решению научно-исследовательских задач обеспечения безопасности производств, человека и окружающей среды.

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

### **Знать:**

- виды моделей и этапы процесса моделирования;
- виды экспериментальных исследований физических моделей;
- виды математического моделирования технической системы.

### **Уметь:**

- анализировать источники литературы для проведения исследования, том числе экспериментальных;
- выполнять эксперимент и анализировать результаты экспериментальных исследований;
- составлять математическую модель и проводить анализ безопасности опасного производственного объекта.

#### **Владеть:**

- навыком проведения исследования, в том числе экспериментальных, в области безопасности транспортных процессов и производств;
- навыком прогноза социально-экономических последствий при развитии негативных событий, оказывающих влияние на производственную и экологическую обстановку.

### **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): | 80               | 80         |
| В том числе:                                              |                  |            |
| Занятия лекционного типа                                  | 48               | 48         |
| 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 64 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.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <b>Модель и этапы процесса моделирования</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>Тема 1.1. Виды моделей и моделирование явлений в них.<br>Тема 1.2. Общие понятия и классификация экспериментальных исследований физических моделей.<br>Тема 1.3. Планирование испытаний.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2        | <b>Экспериментальные методы оценки технической системы.</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>Тема 2.1. Экспериментальные методы оценки напряженно-деформированного состояния конструкций технической системы.<br>Тема 2.2. Экспериментальные методы оценки эксплуатационных параметров технической системы.<br>Тема 2.3. Математическая обработка экспериментальных данных физической модели технической системы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3        | <b>Нагрузки, действующие на техническую систему и их моделирование.</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>Тема 3.1. Ветровые нагрузки.<br>Тема 3.2. Статические нагрузки.<br>Тема 3.3. Динамические нагрузки.<br>Тема 3.4. Нагрузки от сил сопротивления движению.<br>Тема 3.5. Сейсмические, транспортные, монтажные нагрузки и нагрузки от снега и обледенения.<br>Тема 3.6. Комбинация нагрузок.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4        | <b>Виды математического моделирования технической системы.</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>Тема 4.1. Математическое моделирование технической системы и нагрузок.<br>Тема 4.2. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния технической системы на КЭ-моделях.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5        | <b>Математическая модель и этапы процесса моделирования технических систем без источника энергии.</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>Тема 5.1. Основы математического моделирования технических систем.<br>Тема 5.2. Свободные колебания линейных систем с одной степенью свободы и без неупругих сопротивлений.<br>Тема 5.3. Свободные колебания в условиях наличия сил неупругого сопротивления.<br>Тема 5.4. Свободные колебания в условиях наличия сил сложного упруго-вязкого сопротивления.<br>Тема 5.5. Системы с одной степенью свободы с упругими сопротивлениями при нелинейной восстанавливающей силе.<br>Тема 5.6. Математическое моделирование линейных технических систем с несколькими степенями свободы. |
| 6        | <b>Этапы процесса математического моделирования технических систем с источником энергии</b><br>Рассматриваемые вопросы:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>Тема 6.1. Критические состояния технических систем.</p> <p>Тема 6.2. Вынужденные колебания технических систем.</p> <p>Тема 6.3. Параметрические колебания технических систем.</p> <p>Тема 6.4. Автоколебания в технических системах.</p> <p>Тема 6.5. Удар в технических системах.</p> <p>Тема 6.6. Адекватность математической модели.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7        | <p><b>Идентификация и предварительный анализ источников риска</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Тема 7.1. Концепция выявления и предварительного анализа источников риска.</p> <p>Тема 7.2. Методы и обобщенная процедура предварительной оценки параметров риска.</p> <p>Тема 7.3. Представление и использование результатов предварительного анализа риска.</p> <p>Тема 7.4. Апробация процедуры предварительного анализа и оценки параметров риска.</p>                                                                                                                                                  |
| 8        | <p><b>Системное прогнозирование параметров риска происшествий с помощью диаграмм типа «Дерево»</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Тема 8.1. Правила построения диаграмм типа «дерево происшествий» и «дерево событий».</p> <p>Тема 8.2. Качественный анализ моделей типа «Дерево».</p> <p>Тема 8.3. Количественный анализ диаграмм типа «Дерево».</p> <p>Тема 8.4. Иллюстрированные модели прогнозирования риска с помощью диаграмм типа «Дерево».</p>                                                                                                                                                       |
| 9        | <p><b>Моделирование и прогноз параметров риска происшествий с помощью диаграмм типа «Граф»</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Тема 9.1. Моделирование происшествий с помощью потокового графа.</p> <p>Тема 9.2. Разработка аналитической модели, эквивалентной потоковому графу.</p> <p>Тема 9.3. Обоснование и системный анализ результатов графо-аналитического моделирования.</p> <p>Тема 9.4. Методика априорной оценки риска происшествий на объекте повышенной опасности.</p> <p>Тема 9.5. Граф-модель возникновения происшествий на транспорте.</p>                                                   |
| 10       | <p><b>Моделирование и прогноз параметров риска происшествий с помощью диаграмм типа «Сеть»</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Тема 10.1. Принципы построения и системного анализа стохастической структуры.</p> <p>Тема 10.2. Оценка параметров опасных событий количественным анализом сети GERT.</p> <p>Тема 10.3. Логико-лингвистическая модель происшествия в человеко-машинной системе.</p> <p>Тема 10.4. Алгоритм имитационного моделирования процесса появления происшествий на основе сети GERT.</p> <p>Тема 10.5. Прогнозирование вероятности происшествий методом имитационного моделирования.</p> |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p><b>Экспериментальное исследование динамики вертикального подъема груза на технической системе – электротали.</b></p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится проводить подготовку к эксперименту и выполнять сами экспериментальные исследования с получением осциллограммы работы механизма подъема электротали.</p> |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2        | <p>Экспериментальное исследование динамики движений технической системы – промышленного робота</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится проводить подготовку к эксперименту и выполнять сами экспериментальные исследования с получением осциллограммы работы промышленного робота.</p>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3        | <p>Экспериментальное исследование динамики технической системы – колодочного тормоза.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится проводить подготовку к эксперименту и выполнять сами экспериментальные исследования с получением осциллограммы работы колодочного тормоза.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4        | <p>Экспериментальное исследование динамики технической системы – ленточного конвейера.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится проводить подготовку к эксперименту и выполнять сами экспериментальные исследования с получением осциллограммы работы ленточного конвейера.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5        | <p>Экспериментальное исследование динамики технической системы – винтового наклонного конвейера.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится проводить подготовку к эксперименту и выполнять сами экспериментальные исследования с получением осциллограммы работы винтового наклонного конвейера.</p>                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6        | <p>Экспериментальное исследование динамики технической системы – винтового вертикального конвейера.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится проводить подготовку к эксперименту и выполнять сами экспериментальные исследования с получением осциллограммы работы винтового вертикального конвейера.</p>                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7        | <p>Математическое моделирование и анализ систем в системе Mathcad.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится вычислять значения заданной функции, проводить интерполяцию определителем Вандермонда, многочленом Лагранжа, с помощью интерполяционных формул Ньютона. Кроме того, проводить линейную интерполяцию заданной функции с помощью встроенной интерполяционной функции linterp, сплайн-интерполяцию с помощью функций lspline, pspline, cspline и interp, выполнить предсказание (экстраполяцию) с использованием функции predict.</p> |
| 8        | <p>Математическая обработка результатов экспериментальных данных в системе Mathcad.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится аппроксимировать многочленами 2-ой и 6-ой степени по методу наименьших квадратов; определять параметры линейной регрессии с использованием встроенных функций Mathcad slope и intercept; аппроксимировать данные полиномом 4-ой степени при помощи функций regress и interp, наборами полиномов второго порядка с помощью функций loess и interp.</p>                                                             |
| 9        | <p>Решение обыкновенных дифференциальных уравнений в системе Mathcad.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится решать задачу Коши методом Эйлера, методом Рунге-Кутты, методом Адамса, используя функцию rkfixed; находить аналитическое (точное) решение ОДУ с помощью преобразований Лапласа.</p>                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10       | <p>Спектральный анализ и синтез в системе Mathcad.</p> <p>В процессе выполнения практической работы студент научится разложению в ряд Фурье; выполнять классический и численный спектральный анализ и синтез; спектральный анализ и синтез функции <math>f(t)</math> с помощью БПФ; фильтрацию функции с помощью БПФ</p>                                                                                                                                                                                                                                                |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы             |
|----------|----------------------------------------|
| 1        | Изучение дополнительной литературы     |
| 2        | Подготовка к практическим занятиям     |
| 3        | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 4        | Подготовка к текущему контролю.        |

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

| №<br>п/п | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Место доступа                                                                                                                                                                       |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для вузов / П. Г. Белов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 721 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17939-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/534010">https://urait.ru/bcode/534010</a> (дата обращения: 05.02.2024).                                                                                                                                       | URL: <a href="https://urait.ru/bcode/534010">https://urait.ru/bcode/534010</a><br>(дата обращения: 05.02.2024)                                                                      |
| 2        | Никулин, К. С. Математическое моделирование в системе Mathcad : методические рекомендации по выполнению контрольных работ по курсу «Компьютерное инженерное моделирование» / К. С. Никулин. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2009. — 65 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/46717.html">https://www.iprbookshop.ru/46717.html</a> (дата обращения: 05.02.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей | URL:<br><a href="https://www.iprbookshop.ru/46717.html">https://www.iprbookshop.ru/46717.html</a><br>(дата обращения: 05.02.2024). —<br>Режим доступа: для авторизир. пользователей |
| 3        | Леонова, О. В. Основы научных исследований : учебное пособие / О. В. Леонова. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 70 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/46493.html">https://www.iprbookshop.ru/46493.html</a> (дата обращения: 05.02.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей                                                                                                               | URL:<br><a href="https://www.iprbookshop.ru/46493.html">https://www.iprbookshop.ru/46493.html</a><br>(дата обращения: 05.02.2024). —<br>Режим доступа: для авторизир. пользователей |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Системный анализ: методы и средства измерений : библиографический указатель / составители Н. П. Седельникова, Л. Д. Вовк. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 51 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — | URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/195250">https://e.lanbook.com/book/195250</a><br>(дата обращения: 18.03.2023). —<br>Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 5 | Кораблев, Ю.А., Имитационное моделирование : учебник / Ю.А. Кораблев. — Москва : КноРус, 2020. — 145 с. — ISBN 978-5-406-07785-6. —                                                                                                                            | URL: <a href="https://book.ru/book/933531">https://book.ru/book/933531</a> (дата обращения: 25.02.2023). — Текст : электронный.                                            |
| 6 | Грибанова, Е.Б., Имитационное моделирование экономических процессов. Практикум в Excel : учебное пособие / Е.Б. Грибанова, И.Н. Логвин. — Москва : КноРус, 2020. — 227 с. — ISBN 978-5-406-01581-0. —                                                          | URL: <a href="https://book.ru/book/936864">https://book.ru/book/936864</a> (дата обращения: 25.02.2023). — Текст : электронный.                                            |

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

Электронно-библиотечная система издательства (<http://e.lanbook.com/>).

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru/) (<http://ibooks.ru/>)

Электронная научная система [e.lanbook](http://e.lanbook.com/) (<http://e.lanbook.com/>).

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru/) (<http://ibooks.ru/>).

Электронно-библиотечная система [umczdt.ru](http://umczdt.ru) <http://umczdt.ru>

Электронно-библиотечная система [book.ru](http://book.ru/) (<http://book.ru/>)

При организации обучения по дисциплине (модулю) с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходим доступ каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду Университета, сетевым ресурсам и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

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

Для проведения практических занятий необходима специализированная компьютерная аудитория с компьютерами и программным обеспечением (MS Windows, MS Office, Matlab, Mathcad, PDF Reader) для выполнения компетенций по дисциплине.

В образовательном процессе, при проведении занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий,

могут применяться следующие средства коммуникаций: ЭИОС РУТ(МИИТ), Microsoft Teams, электронная почта, скайп, Zoom, WhatsApp и т.п

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

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.

2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

3. Для практических занятий необходимы специализированные аудитории, оборудованные устройствами и приборами для проведения экспериментальных исследований технических систем и компьютерный класс для выполнения математического моделирования.

В случае проведении занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходимо наличие компьютерной техники, для организации коллективных и индивидуальных форм общения педагогических работников со студентами, посредством используемых средств коммуникации.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

доцент, к.н. кафедры «Водные пути,  
порты и портовое оборудование»  
Академии водного транспорта

К.С. Никулин

Согласовано:

и.о. заведующего кафедрой УБТ

Е.Ю. Нарусова

Заведующий кафедрой УРТиТБ

Ф.И. Сухов

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова