

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**4/45/1**

**Одобрено кафедрой  
«Физика и химия»**

**Утверждено деканом  
факультета  
«Управление процессами  
перевозок»**

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК**

**Рабочая программа  
для студентов IV курса  
специальности**

**330100 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ТЕХНОСФЕРЕ (БЖТ)**



**Москва – 2004**

Рабочая программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом профессионального высшего образования и удовлетворяет государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 330100 (БЖТ).

Составитель — ст. преп. Д.В. Климова

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения Министерства путей сообщения Российской Федерации, 2004

## I. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Значение надежности и умение оценивать степень риска в природопользовании чрезвычайно важно. Аварии на производствах приводят к загрязнению окружающей природной среды, опасному для здоровья и жизни человека, а также для фауны и флоры региона. Общество все в большей мере сталкивается с необходимостью обеспечения безопасности и защиты человека и окружающей среды.

В настоящее время в России, как и большинстве стран мира, принята концепция «приемлемого риска», позволяющая использовать принцип «предвидеть и предупредить».

В условиях сложившейся в настоящее время в России ситуации проблема техногенной опасности приобретает особое значение для промышленных районов, где сосредоточен огромный потенциал опасных производств в сочетании со значительным износом основного оборудования и сложной социально-экономической обстановкой.

Инженер-эколог должен хорошо знать и уметь применять на практике основные положения теории риска и надежности, выявлять все присутствующие в системе опасности, уметь оценить вероятность и последствия отказа.

Теория надежности в любой отрасли промышленности опирается на математику и технические дисциплины, а в экологии еще на знание технологии, средств и способов очистки и утилизации отходов производства. Абсолютно надежных конструкций и сооружений не бывает, поэтому инженер-эколог должен уметь грамотно оценивать техногенный риск, заложенный в предлагаемый проект, представленный на экологическую экспертизу, средства и мероприятия, предназначенные для минимизации ущерба в случае производственных аварий, оценивать методы их прогнозирования и предупреждения.

Преподавание дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» имеет цель обучить будущих инженеров-экологов основным положениям теории надежности технических систем и сооружений и научить оценивать надеж-

ность и техногенный риск строящихся и модернизирующихся технических систем и сооружений. Поскольку теория надежности опирается на математический аппарат теории вероятностей и математической статистики, то дисциплину «Надежность технических систем и техногенный риск» следует изучать после освоения дисциплины «Высшая математика».

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Надежность технических систем и техногенный риск» входит в цикл общепрофессиональных дисциплин Государственного образовательного стандарта профессионального высшего образования Российской Федерации. Изучение данной дисциплины формирует умения и навыки по разработке физических и математических моделей системы «человек – машина – среда», дает умение анализировать опасности и риски, связанные с созданием и эксплуатацией современной техники и технологий.

Изучение дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» формирует специалиста, способного прогнозировать, оценивать, устранять причины и смягчать последствия нештатного взаимодействия компонентов в системах типа «человек – машина – среда», а также способного создавать современную технику.

Согласно Государственному образовательному стандарту профессионального высшего образования государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника предполагают, что в результате изучения дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» *студенты должны знать:*

- математический аппарат анализа надежности и техногенного риска;
- основные модели типа «человек – машина – среда»;
- основные показатели надежности и методы их определения;
- современные аспекты техногенного риска;

- основы системного анализа;
- алгоритмы исследования опасностей;
- теории и модели происхождения и развития ЧП;
- методы качественного анализа надежности и риска;
- методы количественного анализа надежности и риска.

После освоения дисциплины *студенты должны уметь*:

- анализировать современные системы «человек – машина – среда» на всех стадиях их жизненного цикла и идентифицировать опасности;
- рассчитывать основные показатели надежности систем данного профиля;
- рассчитывать риски и разрабатывать мероприятия по поддержанию их допустимых величин;
- определять стандартные статистические характеристики ЧП (аварий, несчастных случаев, катастроф).

В ходе изучения дисциплины *студенты приобретают навыки*:

- применения методик качественного анализа опасности сложных технических систем типа «человек – машина – среда»;
- применения количественных методов анализа опасностей и оценки риска.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Курс IV
Общая трудоемкость дисциплины	87 ч
Аудиторные занятия:	16 ч
лекции	8 ч
лабораторные занятия	4 ч
практические занятия	4 ч
Самостоятельная работа	71 ч
Контрольные работы (количество)	1
Курсовой проект/курсовая работа	–
Вид итогового контроля	Диф. зачет

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел дисциплины	Лекции, ч	Практические занятия, ч	Лабораторные занятия, ч
1. Основные положения и методы расчета надежности технических систем	4	4	–
2. Анализ техногенного риска	4	–	4
Всего часов	8	4	4

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### ВВЕДЕНИЕ

Понятие и роль дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» в системе подготовки инженеро-экологов. Надежность как комплексное свойство технического объекта.

[1, гл. 1; 2, гл. 1; 3, предисловие]

#### РАЗДЕЛ 1

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

##### 1.1. Основные исходные понятия и определения. *Предмет науки о надежности*

Надежность как комплексное свойство технического объекта (прибора, устройства, машины, системы). Сущность надежности как способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах, при определенных условиях эксплуатации. Понятия отказа, аварии, катастрофы.

[1, гл. 1; 2, гл. 5; 3, гл. 1]

## ***1.2. Показатели надежности***

Система стандартов «надежность в технике». Основные понятия, термины и определения состояний объектов и свойств надежности. Номенклатура и классификация показателей надежности. Показатели безотказности невозстанавливаемых объектов. Показатели безотказности восстанавливаемых объектов. Показатели долговечности. Показатели ремонтно-пригодности. Показатели сохраняемости. Комплексные показатели надежности.

[1, гл. 2; 2, гл. 5; 3, гл. 1]

## ***1.2. Физические причины повреждений и отказов***

Математическая модель надежности объекта.

Источники и причины изменения выходных параметров объектов. Классификация отказов. Математическая модель надежности объекта.

[1, гл. 3; 3, гл. 2]

## ***1.3. Надежность работы объектов до первого отказа. Математические модели безотказности***

Формирование закона изменения выходного параметра объекта во времени. Общая схема формирования отказа объекта. Модели постепенных отказов. Моделирование внезапных отказов на основе экспоненциального закона надежности. Одновременное проявление внезапных и постепенных отказов. Снижение уровня сопротивляемости объекта внезапным отказам вследствие процесса старения материалов.

[1, гл. 4; 3, гл. 2]

## ***1.4. Надежность восстанавливаемых объектов. Математические модели долговечности***

Основные особенности исследования долговечности объектов. Потеря объектом работоспособности при эксплуатации

с установленным периодом непрерывной работы. Потеря объектом работоспособности при эксплуатации с работой до отказа.

[1, гл. 5; 3, гл. 2]

### *1.6. Надежность систем*

Системы как объект надежности и их основные свойства. Расчет надежности систем с расчлененной структурой. Резервирование как метод обеспечения надежности технологических систем на стадии их создания.

[1, гл. 6; 2, гл. 5; 3, гл. 2]

## **РАЗДЕЛ 2**

### **АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА**

#### *2.1. Понятие риска и его классификация*

Понятие риска. Основные принципы концепции «приемлемого риска». Математические определения риска.

Причины возникновения риска. Причины аварийности на производстве. Классификация рисков при управлении техногенной безопасностью. Индивидуальный, коллективный, потенциальный территориальный и социальный риски.

[2, гл. 2, гл. 3]

#### *2.2. Структура техногенного риска*

Проблемы техногенной безопасности. Классификация потенциально опасных объектов и технологий по характеру возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате аварий на таких объектах. Номенклатура основных источников аварий и катастроф. Природно-техногенные риски и их классификация. Статистика аварий и катастроф. Опасности, последовательности событий, причины аварий и их последствия. Структура полного ущерба как последствия аварий на технических объектах. Прогнозирование аварий и катастроф. Общая структура анализа техногенного риска.

[2, гл. 4]



### *2.3. Обеспечение безопасности технических систем*

Социально-экономические проблемы обеспечения безопасности техники. Снижение опасности риска. Аварийная подготовленность. Аварийное реагирование.

Основные принципы обеспечения безопасности. Принцип глубокоэшелонированной защиты и его реализация. Принцип единичного отказа. Пути понижения вероятности отказа.

[3, гл. 1]

### *2.4. Регламентация (нормирование) риска*

Допустимый риск. Расчет критериального значения риска. Факторы, затрудняющие формализацию расчета риска. Критериальные значения риска в результате природных явлений и различных видов деятельности. Нормативные значения риска для промышленных объектов.

[3, гл. 1]

### *2.5. Надежность персонала*

Система управления. Задачи персонала. Типовые функции персонала и условия их выполнения. Ошибки персонала.

Качественный анализ персонала. Факторы деятельности и их влияние на безопасность объекта. Вероятности ошибочного и безошибочного выполнения различных операций. Статистический метод расчета вероятности безошибочного выполнения операции. Шкала вероятности ошибочных действий персонала.

[3, гл. 5]

### *2.6. Анализ техногенного риска на стадии проектирования*

Основные задачи анализа. Этапы проведения анализа. Анализ исходных событий. Анализ аварийных последовательностей. Анализ надежности элементов объекта. Анализ надежности персонала. Построение «дерева отказов». Анализ ко-

нечных состояний. Описание конечных состояний. Оценка последствий.

Расчет риска. Полная вероятность наступления аварии. Анализ результатов расчета риска. Анализ значимости, чувствительности и неопределенности результатов анализа.

[3, гл. 2]

### *2.7. Анализ техногенного риска на стадии эксплуатации*

Задачи анализа. Схема анализа объекта при эксплуатации. Построение «дерева событий». Характеристика показателей безопасности.

Методы вычисления точечных и интервальных оценок показателей рейтинга. Анализ безопасности технических систем по результатам выделения предвестников аварий. Механизм управления безопасностью с использованием рейтингов нарушений.

[3, гл.4]

### *2.8. Экологический риск*

Экологический риск от техногенных аварий и катастроф. Экологический риск от загрязнения подземных вод. Экологический риск в местах добычи радиоактивных материалов, при уничтожении химического оружия, при обращении с радиоактивными отходами.

[2, гл. 6]

### *4.3. Практические занятия*

Раздел дисциплины	Практическое занятие
1. Основные положения и методы расчета надежности технических систем	1. Оценка надежности нагруженных и ненагруженных резервируемых систем. 2. Определение закона надежности технических объектов
2. Анализ техногенного риска	—

#### 4.4. Лабораторный практикум

Раздел дисциплины	Лабораторная работа
1. Основные положения и методы расчета надежности технических систем	–
2. Анализ техногенного риска	1. Оценка техногенного риска в промышленности с учетом человеческого фактора. 2. Выбор оптимального набора мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения кризисных ситуаций

### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1. Рекомендуемая литература

##### *Основная*

1. Рыжкин А.А., Слюсарь Б.Н., Шучев К.Г. Основы теории надежности: Уч. пос. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002.

2. Алымов В.Т., Крапчатов В.П., Тарасова Н.П. Анализ техногенного риска: Уч. пос. для студентов вузов. – М.: Круглый год, 2000.

3. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем: Учеб./ Под ред. В.П. Соколова. – М.: Логос, 2001.

4. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1999.

5. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. – М.: Высшая школа, 1988.

6. Переездчиков И.В., Крышевич О.В. Надежность технических систем и техногенный риск: Уч. пос. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1998.

## *Дополнительная*

7. Базовский И. Надежность. — М.: Мир, 1965.
8. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. — М: ГНТП «Безопасность», МИБ СТС, 1996.
9. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. М: ГНТП, 1996.
10. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965.
11. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности. — М.: Высшая школа, 1977.
12. ГОСТ 27. 001-95 Система стандартов. Надежность в технике. Основные положения.
13. ГОСТ 27. 002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
14. ГОСТ 27. 003-90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.
15. ГОСТ 27. 004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения.
16. ГОСТ 27. 202-83 Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции.
17. ГОСТ 27. 203-83 Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности.
18. ГОСТ 27. 204-83 Надежность в технике. Технологические системы. Технические требования к методам оценки надежности по параметрам производительности.
19. ГОСТ 27. 301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
20. ГОСТ 27. 310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
21. Измалков В.И., Измалков А.В. Безопасность и риск при техногенных воздействиях. Ч. 1 и 2. — М. — СПб, 1994.
22. Котик М.А., Емельянов А.М. Природа ошибок человека–оператора. — М.: Транспорт, 1993.

23. Кузьмин И.И., Махутов Н.А., Хемагуров С.В. Безопасность и риск: эколого-экономические аспекты. — СПб.: Санкт-Петербургский гос. ун-т экономики и финансов, 1997.

24. Надежность в технике. Научно-технические, экономические и правовые аспекты надежности: Метод. пос. / Под ред. акад. В.В. Болотина. — М., 1993.

25. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдуевский (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 1986. Т.1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И. Рембезы.

26. Рыжак В.В. Надежность технических систем и ее прогнозирование. — Пенза: Изд-во ПТИ. Ч 1, 2001. Ч. 2, 2002.

27. РД 08-120-96 «Методические указания по проведению анализу риска опасных промышленных объектов». Ростехнадзор России, 1996.

28. Розанов Ю.А. Случайные процессы. — М.: Наука, 1979.

29. Смирнов Н.В., Дунин – Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. — М.: Наука, 1969.

30. Справочник по надежности: В 3 т. / Под ред. В.Г. Ирсона. — М.: Мир, 1969–1970.

31. Теория надежности и массовое обслуживание / Под ред. Б.В. Гнеденко. — М.: Наука, 1969.

32. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска: Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1984.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Реализация программы дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» предполагает наличие графопроектора и компьютерного класса с установленным программным обеспечением:

- математический пакет MathCAD для проведения практических занятий;
- программа HAZARD 2.0 для проведения лабораторных занятий;
- тестовое программное обеспечение.

Технические требования к персональным компьютерам: Pentium II, 64 MB RAM, Windows 98.

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студенты-заочники выполняют:

- входное тестовое задание;
- контрольную работу;
- практические работы;
- лабораторные работы.

Итоговым контролем является дифференцированный зачет в форме теста.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Раздел дисциплины	Перечень вопросов
<i>1. Основные положения и методы расчета надежности технических систем</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятия и определение качества и надежности изделия.</li> <li>2. Безопасность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость изделия.</li> <li>3. Резервирование и кратность резерва.</li> <li>4. Причины и виды отказов. Конструкционные, технологические и эксплуатационные отказы.</li> <li>5. Классификация отказов по времени возникновения и последствиям.</li> <li>6. Надежность и эффективность.</li> <li>7. Основные характеристики надежности: функция распределения и функция плотности отказов, функция надежности.</li> <li>8. Определение характеристик надежности по опытным данным.</li> <li>9. Периоды работы изделия и их характеристика.</li> </ol>

Раздел дисциплины	Перечень вопросов
	<p>10. Экспоненциальный закон надежности элементов.</p> <p>11. Особенности постепенных отказов.</p> <p>12. Нормальный закон надежности.</p> <p>13. Усеченное нормальное распределение надежности:</p> <p>а) вывод формулы для математического ожидания случайной величины <math>Y</math>;</p> <p>б) вывод формулы для функции надежности.</p> <p>14. Логарифмически нормальное распределение надежности элементов.</p> <p>15. Распределения Вейбулла; вывод формулы для <math>Q(x)</math> и <math>P(x)</math>.</p> <p>16. Совместное действие внезапных и постепенных отказов.</p> <p>17. Ремонтопригодность элементов и изделий.</p> <p>18. Функция восстановления и плотность восстановления.</p> <p>19. Асимптотическое поведение процесса восстановления.</p> <p>20. Сравнение надежности изделий и проверка достоверности информации.</p> <p>21. Определение закона распределения линейной функции одного аргумента.</p> <p>22. Определение закона распределения функции нескольких аргументов.</p>
2. Анализ техногенного риска	<p>23. Прогнозирование и предупреждение аварий и катастроф.</p> <p>24. Экологический риск от загрязнения подземных вод.</p> <p>25. Обеспечение экологической безопасности при уничтожении химического оружия.</p> <p>26. Радиационное заражение, борьба с ним и профилактика.</p> <p>27. Меры по обеспечению безопасности в условиях техногенного риска.</p> <p>28. Классификация аварий и катастроф.</p>

# НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК

Рабочая программа

Редактор *В.И. Чучева*  
Корректор *Д.Н. Тихонычев*  
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 386	Тираж 300 экз.
Подписано в печать 21.09.04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,0		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2