

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра неорганической химии, химической технологии и техносферной  
безопасности**

Авторы-составители: **Романов Андрей Михайлович**

Рабочая программа дисциплины

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК**

Код УМК 94404

Утверждено  
Протокол №3  
от «25» мая 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Надежность технических систем и техногенный риск

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

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **20.03.01** Техносферная безопасность

направленность Безопасность технологических процессов химических и нефтехимических производств

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Надежность технических систем и техногенный риск** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**20.03.01** Техносферная безопасность (направленность : Безопасность технологических процессов химических и нефтехимических производств)

**ПК.6** Способен принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки, решать задачи профессиональной деятельности под руководством и в составе коллектива

#### **Индикаторы**

**ПК.6.1** Использует законы и методы математики, информатики и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	20.03.01 Техносферная безопасность (направленность: Безопасность технологических процессов химических и нефтехимических производств)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (10 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Показатели надежности объектов и методы ее повышения**

Тема 1. Введение. Предмет курса "Надежность технических систем и техногенный риск" и его задачи. Вклад российских учёных в развитие науки о надежности технических систем и техногенном риске. Проблема обеспечения надежности и развитие научно-технического прогресса. Надежность и эффективность – важнейшие показатели технического прогресса. Надежность как комплексное свойство объекта (машины, аппарата, системы). Критерии и признаки обнаружения отказов оборудования и технологических схем. Причины возникновения отказов. Классификация и характеристика отказов.

Тема 2. Показатели надежности объектов. Общие сведения о показателях надежности. Выбор и назначение показателей надежности. Долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Вероятность безотказной работы. Вероятность отказа. Гамма-процентный ресурс. Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования. Срок службы. Срок гарантии. Плотность вероятности. Алгоритмы и вычислительные методы определений основных характеристик надежности.

Тема 3. Методы повышения надежности объектов. Общая характеристика методов повышения надежности. Виды и способы резервирования. Структурное резервирование. Временное резервирование. Информационное, функциональное и нагрузочное резервирование. Способы структурного резервирования и виды резерва. Показатели надежности и свойства способов структурного резервирования. Постоянно включенный резерв. Резервирование замещением. Расчет показателей надежности невосстанавливаемых простых ХТС. Расчет показателей надежности резервированных ХТС. Свойства способов структурного резервирования. Техничко-экономическая целесообразность резервирования. Оптимальное резервирование. Метод уменьшения интенсивности отказов. Метод уменьшения среднего времени восстановления.

Тема 4. Организационно-технические и технологические способы повышения надежности объектов. Общая характеристика способов обеспечения и повышения надежности. Методы контроля показателей надежности. Техническая диагностика. Техническое обслуживание. Методы оптимизации технического обслуживания. Технологические способы повышения надежности. Комплексные испытания на надежность. Расчеты экономической эффективности повышения надежности.

### **Методология анализа и оптимизации надежности ХТС**

Тема 5. Системный подход к исследованию и оптимизации надежности производств. Символические и топологические модели надежности ХТС. Методы и алгоритмы расчета показателей надежности ХТС. Методы оптимизации надежности ХТС.

### **Оценка техногенного риска**

Тема 6. Риск как количественная мера опасности. Основные факторы возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера и защита от них. Определения понятий: идентификация опасностей, критичной инфраструктуры, особо опасного объекта, аварии, катастрофы, чрезвычайной ситуации, аварийного риска. Классификация рисков. Трактовки риска как количественной меры опасности. Предприятие как объект повышенной опасности. Нормальное и пораженное состояния предприятия. Аварийная ситуация. Стадии развития аварии. Вероятность безопасной работы. Вероятность аварии. Статистика аварий и катастроф. Классификация отказов. Классификация чрезвычайных ситуаций. Характеристика техногенных чрезвычайных ситуаций. Критичные инфраструктуры, особо опасные объекты на территории Пермского края.

Тема 7. Прогнозирование техногенного риска. Методы прогнозирования аварий и катастроф. Методы анализа техногенного риска. Прогнозирование опасностей и последствий ЧС: оперативный прогноз, долговременный прогноз. Прогнозирование зон распространения поражающих факторов на особо опасных объектах. Прогнозирование последствий аварий на радиационно-опасных объектах, химически опасных объектах, пожаро взрывоопасных объектах. Эксплуатационная и конструктивная надежность (безопасность) технических систем. Понятие

вреда и ущерба. Оценка ущерба и вреда от чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Последовательность прогноза техногенного риска. Декомпозиция технологического объекта до сравнительно простых элементов (человек – машина – среда). Выбор показателя опасности–риска. Выделение из состава объекта источников повышенной опасности. Выявление сценариев нежелательного высвобождения энергозапаса или вредных выбросов по результатам моделирования процесса или экспертного анализа. Оценка предполагаемой частоты появления различных сценариев нежелательного высвобождения вредных веществ и энергии с учетом имеющихся статистических данных и результатов количественного анализа соответствующих моделей. Определение предполагаемых объемов, высвободившихся энергии и вредных веществ. Определение вероятности первичного (непосредственного) ущерба. Расчет размеров зон вероятного поражения. Оценка вторичного ущерба.

Тема 8. Прогнозирование техногенного риска для совокупности технологических объектов.

Необходимость разработки экономических механизмов регулирования техногенного риска. Внедрение экономических механизмов регулирования техногенного риска. Представление степени техногенной опасности через риск социально-экономического ущерба. Аварийная подготовленность, аварийное реагирование. Оценка экологического риска и управление экологическим риском.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Хадыкин, А. М. Показатели надежности радиоэлектронных средств : учебное пособие / А. М. Хадыкин, Н. В. Рубан. — Омск : Омский государственный технический университет, 2015. — 80 с. — ISBN 978-5-8149-2053-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/58095.html>
2. Надежность технических систем и техногенный риск : методические указания к контрольной работе / составители И. В. Чепегин. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 40 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/62201.html>
3. Гуськов, А. В. Надежность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 424 с. — ISBN 978-5-7782-3011-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/91726.html>
4. Острейковский В. А. Многофакторные испытания на надежность/В. А. Острейковский.- М.:Энергия,1978.-1501.-Библиогр.: с. 145-148.
5. Пальчиков, А. Н. Гражданская оборона и Чрезвычайные ситуации : учебное пособие, предназначено для бакалавров и магистров направления 151000 - Технологические машины и оборудование / А. Н. Пальчиков. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 176 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/19281>
6. Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера. Предупреждение и ликвидация : материалы научно-практической конференции / В. И. Терешков, А. Р. Акзигитов, А. С. Андронов [и др.]. — Железногорск : Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. — 119 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/67805.html>

### Дополнительная:

1. Современные машины и аппараты химических производств "Химтехника-83": всесоюзная науч. конф., 3-\. Тезисы докладов... 4-6 окт. 1983 г./Министерство высш. и сред. спец. образования СССР, Министерство высш. и сред. спец. образования УзССР, Науч. совет по теорет. основам хим. технологии АН СССР. Ч. 3. Надежность химической аппаратуры. Сушильные аппараты и адсорбенты.- Ташкент,1983.-163.-Библиогр. в конце ст.



## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxirisk-5> Техносферная безопасность

<http://statsoft.ru> Статистика

<https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxirisk-5> Показатели надежности объектов и методы их повышения

<https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxirisk-5> Оценка техногенного риска

<https://files.stroyinf.ru> Нормативные базы ГОСТ/СП/СНиП

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

Образовательный процесс по дисциплине **Надежность технических систем и техногенный риск** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- office 365 для ПК;
- программный комплекс для расчета последствий аварий и оценки риска TOXI+Risk 5.0

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования и ПО определен в Паспорте компьютерного класса.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской для проведения лекционных и практических занятий.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным

обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Проектор, экран для проектора.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Надежность технических систем и техногенный риск**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.6**

**Способен принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки, решать задачи профессиональной деятельности под руководством и в составе коллектива**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<b>ПК.6.1</b> Использует законы и методы математики, информатики и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Знает законы изучаемых наук и использует их при решении задач профессиональной деятельности.	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> Отсутствие знаний о научных законах, используемых в профессиональной деятельности. <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> Частично сформированные знания о научных законах, используемых в профессиональной деятельности. <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о научных законах, используемых в профессиональной деятельности. <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> Полностью сформированные знания о научных законах, используемых в профессиональной деятельности. ?

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.6.1</b> Использует законы и методы математики, информатики и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Показатели надежности объектов и методы ее повышения <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Типовые мероприятия обеспечения надежности. Комплексный подход к обеспечению надежности машин (жизненный цикл). Надежность и ее составляющие. Состояния технического объекта. Виды технического обслуживания и ремонта. Испытания на надежность. Резервирования. Показатели безотказности. Показатели ремонтпригодности. Комплексные показатели надежности. Статистический аппарат оценки надежности.
<b>ПК.6.1</b> Использует законы и методы математики, информатики и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Методология анализа и оптимизации надежности ХТС <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Характеристики оценки при статистической обработке. Дерево отказов. Дерево событий. Системы с последовательным соединением элементов. Системы с параллельным соединением элементов. Методы повышения структурной надежности систем. Показатели надежности элемента. Расчет проектной надежности системы. Прогнозирование параметрической надежности машин.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.6.1</b> Использует законы и методы математики, информатики и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	Оценка техногенного риска <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Математическое определение риска. Классификация рисков.Общая характеристика рисков.Индивидуальный риск.Коллективный риск.Социальный риск.Экологический риск.Проблемы техногенной безопасности. Природно-техногенные риски.Исходы аварий и их последствия.Анализ техногенного риска.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Показатели надежности объектов и методы ее повышения**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **34**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Решение задания на вычисление временных и вероятностных значений показателей надежности и безопасности оборудования.	14
Правильно перечислены виды отказов технических систем и указаны основные причины их появления.	10
Правильно записаны аналитические выражения для вычисления значений основных показателей надежности оборудования.	10

#### **Методология анализа и оптимизации надежности ХТС**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **33**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Решение задания с использованием структурно-логической схемы надежности элементов системы.	14
Решение задания на вычисление интенсивности отказов системы с использованием справочных данных.	10
Правильно перечислить основные меры, позволяющие уменьшить возможность допущения ошибки оператором СОУЭ.	9

#### **Оценка техногенного риска**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **33**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Решение задания на оценку риска повреждения промышленных зданий от взрыва облака ТВС.	14
Правильно записаны выражения для оценки конструктивного и производственного рисков.	10
Правильно перечислены показатели надежности и безопасности промышленного изделия.	9