

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.04**

Надежность технических систем защиты окружающей среды

Учебный план: 2025-2026 18.03.02 ИПХиЭ ТиТРПиЗОС ОО 1-1-172.plx

Кафедра: **18** Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:  
(специальность) 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки:  
(специализация) Техника и технология ресурсосберегающих процессов и защита окружающей среды

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия					
7	УП	16	32	69	27	4	Экзамен
	РПД	16	32	69	27	4	
Итого	УП	16	32	69	27	4	
	РПД	16	32	69	27	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 923

Составитель (и):

кандидат технических наук, Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай Юрьевич

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и  
промышленной экологии

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

Макаренко С. В.

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области оценки надежности технических систем и техногенного риска, позволяющие применить знания, умения и личные качества для решения задач надежности химико-технологических систем (ХТС)

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть теоретические и прикладные вопросы теории надежности технических систем и техногенного риска;
- Рассмотреть методы повышения надежности технических систем, важнейшие технологические способы обеспечения и повышения надежности оборудования и трубопроводов;
- Раскрыть вопросы оценки экологического риска и управление им.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Информационные технологии

Численные методы в химико-технологических расчетах

Техника и технологии ресурсосберегающих процессов

Процессы и аппараты химической технологии

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ПК-1: Способен определять технологические решения, способствующие минимизации и (или) предотвращению негативного воздействия на окружающую среду

**Знать:** методы повышения надежности природоохранных объектов и анализа техногенного риска.

**Уметь:** проводить количественную оценку показателей надежности технических систем и техногенного риска.

**Владеть:** навыками расчета основных показателей надежности и оценки техногенного риска, в том числе с экономической оценкой целесообразности предложений о повышении надежности систем в конкретных производственных условиях.

### ПК-5: Способен к анализу экологических аспектов деятельности организации и разработке системы экологического менеджмента организации

**Знать:** нормативную документацию по методам оценки техногенного риска (менеджмент риска).

**Уметь:** применять нормированные методики оценки техногенного риска при эксплуатации природоохранного оборудования на основе данных о его надежности.

**Владеть:** навыками расчета техногенного риска по нормативным методикам

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Показатели надежности технических объектов и систем. Методология анализа и оптимизации надежности сложных химико-технологических систем	7					Т,З,
Тема 1. Основные термины и определения теории надежности объектов и систем. ГОСТ 27.002-2015. Обзор основных показателей надежности технических объектов. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых объектов.				4	ИЛ	
Тема 2. Основные показатели надежности технических объектов - вероятность безотказной работы, вероятность отказа, плотность вероятности, интенсивность отказов. Статистическая оценка показателей надежности. Взаимосвязь показателей надежности Средняя наработка до отказа. Практическое занятие "Оценка основных характеристик надежности элементов технических систем интервальным методом".		2	4	6		
Тема 3. Основные законы распределений случайных величин, применяемые в теории надежности. Практическое занятие "Выбор закона распределения времени отказов и определение его параметров"		2	4	4	ИЛ	
Тема 4. Оценка характеристик надежности сложных технологических систем. Символические и топологические модели надежности технических систем. Различные способы соединения элементов и их отражение в блок-схемах надежности (последовательное и параллельное соединения, комплексные соединения, соединения типа m из n, мостиковые схемы). Практическое занятие "Расчет характеристик надежности сложных технологических систем с различным		2	6	6	ИЛ	

Тема 5. Способы повышения надежности технических систем. Общая характеристика способов обеспечения и повышения надежности. Виды и способы резервирования. Структурное резервирование. Временное резервирование. Информационное, функциональное и нагрузочное резервирование. Способы структурного резервирования. Практическое занятие "Расчет характеристик надежности систем с различными видами структурного резервирования".		2	6	10	ИЛ	
Тема 6. Системный подход к исследованию и оптимизации надежности производств. Методы и алгоритмы расчета показателей надежности технических систем. Методы оптимизации надежности технических систем. Практическое занятие "Оптимальное резервирование".		2	4	12	ИЛ	
Раздел 2. Надежность оперативного персонала сложных систем.						
Тема 7. Основные понятия и определения надежности оперативного персонала.		1		4		,3
Тема 8. Человек-оператор как звено сложной системы человек-машина-среда. Практическое занятие "Оценка надежности оперативного персонала в сложных системах".		1	4	10		
Раздел 3. Техногенный риск.						
Тема 9. Риск как количественная мера опасности. Нормативно-правовые аспекты оценки рисков в технике. Классификация рисков.		2		5		,3
Тема 10. Трактовка риска как количественная мера опасности и ее применение в расчетах. Практическое занятие "Количественная оценка техногенного риска".		2	4	8	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	32	69		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		24,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		50,5		93,5		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Перечисляет основные показатели надежности технических объектов, объясняет подход к статистической оценке показателей, взаимосвязь между показателями. Оценивает показатели надежности производственных систем, описывает методы повышения надежности технических систем. Выполняет расчеты показателей надежности по блок-схемам надежности систем.	Вопросы для устного собеседования, тесты Практико-ориентированные задания

ПК-5	<p>Формулирует задачи по техническому обслуживанию оборудования для повышения надежности и снижения степени риска</p> <p>Выбирает методы оценки риска для конкретных объектов или систем.</p> <p>Выполняет расчеты возможного риска или ущерба выбранным методом.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования, тесты</p> <p>Практико- ориентированные задания</p>
------	---	--

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.</p> <p>Самостоятельное верное выполнение практико-ориентированного задания.</p>	
4 (хорошо)	<p>Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации.</p> <p>Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.</p>	
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.</p> <p>Неточности при выполнении практико-ориентированного задания.</p>	
2 (неудовлетворительно)	<p>Непонимание заданного вопроса.</p> <p>Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины.</p> <p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).</p>	

### 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

#### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Основные понятия в области надежности. Надежность, безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость. Отказ. Классификация отказов.
2	Определения вероятности безотказной работы элемента производственной системы, вероятности отказа, интенсивности отказов, средней наработки. Привести статистические оценки
3	Комплексные показатели надежности. Коэффициент готовности. Коэффициент вынужденного простоя. Коэффициент профилактики.
4	Основные законы распределения, используемые в теории надежности. Экспоненциальный закон распределения отказов.
5	Основные законы распределения, используемые в теории надежности. Нормальный закон распределения отказов.
6	Основные законы распределения, используемые в теории надежности. Гамма-распределение.
7	Основные законы распределения, используемые в теории надежности. Распределение Вейбулла.
8	Проверка гипотезы об экспоненциальном законе распределения времени отказов.
9	Расчет надежности технических систем с последовательным соединением элементов. Пример.
10	Расчет надежности технических систем с параллельным соединением элементов. Пример.
11	Расчет надежности систем с комбинированным соединением элементов. Пример.
12	Расчет надежности систем типа $m$ из $n$ методом простого перебора. Пример.
13	Расчет надежности мостиковых систем методом простого перебора. Пример.

14	Расчет надежности систем типа m из n методом минимальных путей и сечений. Пример.
15	Расчет надежности мостиковых систем методом минимальных путей и сечений. Пример.
16	Методы повышения надежности технических систем.
17	Структурное резервирование. Определение числа резервных элементов. Пример.
18	Влияние переключателей на надежность производственных систем.
19	Организационно-технические и технологические способы повышения надежности производственных систем.
20	Оптимизация надежности производственных систем. Пример.
21	Принципы и методы обеспечения надежности систем теплоснабжения.
22	Обеспечение надежности сооружений по очистке сточных вод и обработки осадков.
23	Статистика ошибок оперативного персонала.
24	Классификация ошибок оперативного персонала.
25	Надежность человека как звена сложной производственной системы.
26	Методы оценки риска аварий в теории надежности.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Примеры тестовых заданий открытого типа приведены в приложенном файле фондов оценочных средств для текущего контроля.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

По структурной схеме надежности технической системы, в соответствии с вариантом задания, требуемому значению вероятности безотказной работы системы  $P$  и значениям интенсивностей отказов ее элементов  $\lambda_i$  требуется:

1. Произвести структурные преобразования исходной схемы.
2. Выполнить расчет надежности комбинированной системы.
3. Построить графики изменения всех характеристик надежности.
4. Рассчитать наработку со значением вероятности безотказной работы не ниже 0,9 (гамма-процентный ресурс 90 %).
5. Определить фрагмент в преобразованной схеме с минимальным значением вероятности безотказной работы и предложить варианты повышения надежности этого фрагмента, что позволит увеличить надежность системы в целом.

На схемах, обведенные пунктиром  $m$  элементов являются функционально необходимыми из  $n$  параллельных ветвей.

Варианты заданий приведены в приложенном файле фондов оценочных средств для промежуточного контроля.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Беспалова И. М.	Надежность технологических и технических систем	СПб.: СПбГУПТД	2019	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019219">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019219</a>
Багров И. В., Бусыгин Н. Ю.	Надежность технических систем и техногенный риск	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017125">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017125</a>

Халикова, В. А., Степаненко, Е. Е., Зеленская, Т. Г., Окрут, С. В., Бабанский, М. С., Коровин, А. А.	Техногенные системы и экологический риск	Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет	2022	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/133774.html">https://www.iprbooks.hop.ru/133774.html</a>
Чижик, В. П.	Риск-менеджмент	Омск: Омский государственный технический университет	2022	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/131224.html">https://www.iprbooks.hop.ru/131224.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Дерюшев, Л. Г.	Надежность сооружений систем водоснабжения	Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/57046.html">http://www.iprbookshop.ru/57046.html</a>
Тремясов, В. А., Кривенко, Т. В.	Теория надежности в энергетике. Надежность систем генерации, использующих ветровую и солнечную энергию	Красноярск: Сибирский федеральный университет	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/84157.html">http://www.iprbookshop.ru/84157.html</a>
Рахимова, Н. Н.	Надежность технических систем и техногенный риск	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/78793.html">http://www.iprbookshop.ru/78793.html</a>
Горев, В. А.	Надежность технических систем и техногенный риск	Москва: МИСИ-МГСУ, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/80627.html">http://www.iprbookshop.ru/80627.html</a>
Лобанов, А. В., Степнова, А. Ф.	Техногенные и экологические риски	Москва: Московский педагогический государственный университет	2023	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/139202.html">https://www.iprbooks.hop.ru/139202.html</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». [Электронный ресурс].  
URL: <http://window.edu.ru/catalog>

Информационно-образовательная среда СПбГУПТД <https://portal.sutd.ru/> с образовательными ресурсами по дисциплине, в том числе видеоматериалами для практических занятий.

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional  
Microsoft Windows  
Mathcad Education – University Edition Term

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

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска