

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института химии
д.х.н., профессор Горячева И.Ю.

« 01 »  2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Надежность технических систем и техногенный риск

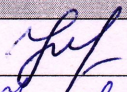
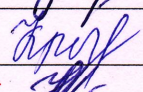
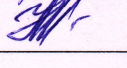
Направление подготовки бакалавриата
20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки бакалавриата
Промышленная безопасность технологических процессов и производств

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2023

| Статус | ФИО | Подпись | Дата |
|--------------------------------|---------------------------|---|----------|
| Преподаватель-разработчик | Углова Варсения Загидовна |  | 01.08.23 |
| Председатель НМК | Крылатова Яна Георгиевна |  | 01.08.23 |
| Заведующий кафедрой | Кузьмина Раиса Ивановна. |  | 01.08.23 |
| Специалист Учебного управления | | | |

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» является формирование знаний и практических навыков студентов в области теории надежности технических систем, анализа, оценки и регулирования технического и техногенного экологического риска, необходимых для:

- разработки и реализации мер повышения вероятности безотказного функционирования сложных технических систем;
- прогнозирования времени безотказной работы технических устройств и их элементов;
- умения рассчитывать техногенный риск и надежность технических систем;
- обеспечения устойчивости функционирования объектов экономики и технических систем в штатных и чрезвычайных ситуациях;
- защиты человека и среды обитания от негативных воздействий техногенных аварий;
- принятия решений по защите материальных ценностей, производственного персонала и населения от возможных последствий аварий и катастроф в условиях неопределенности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Надежность технических систем и техногенный риск» (Б1.О.23) относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Промышленная безопасность технологических процессов и производств» и осваивается в 8 семестре.

Материал дисциплины логически и содержательно-методически связан с дисциплинами «Безопасность жизнедеятельности», «Основы дефектологии и инклюзивная практика», «Физика», «Высшая математика», «Статистическая обработка результатов эксперимента», «Процессы и аппараты химической технологии», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Химические реакторы и оборудование заводов». В результате изучения этих дисциплин, обучающиеся должны обладать входными знаниями и умениями, необходимыми для освоения курса «Надежность технических систем и техногенный риск»:

- знать опасные технологические процессы и производства; теоретические основы реакций, протекающих в процессах производства товарного продукта и жизнедеятельности человека;
- иметь информацию об основных естественнонаучных законах химии, физики;
- знать основы расчетов аппаратов для осуществления процессов химической технологии, уметь проводить расчеты с использованием

экспериментальных и справочных данных;

-на основании знания закономерностей основных процессов химической технологии правильно выбирать оптимальные типы и конструкции машин и аппаратов;

- уметь дифференцировать, интегрировать, проводить обработки результатов прямых и косвенных измерений, рассчитывать доверительный интервал; знать способы выражения концентрации веществ.

Знания, умения и навыки, приобретенные при изучении дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Результаты обучения по дисциплине

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции | Результаты обучения |
|---|---|---|
| ОПК-2 Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления. | ОПК-2.1 Имеет базовые представления о принципах культуры безопасности в целом и основах промышленной безопасности. ОПК-2.2 Соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности ОПК-2.3 Обеспечивает безопасные условия труда персонала на производственном объекте. ОПК-2.4 Планирует и осуществляет мероприятия по предотвращению возникновения инцидентов и/или чрезвычайных ситуаций на производственном объекте. | Знать: - основные модели типа человек-машина-среда; - современные аспекты техногенного риска; - теории и модели происхождения и развития аварий; - методы качественного и количественного анализа надежности и риска. Уметь: - оценивать безопасные параметры эксплуатации технических систем, обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность элементов конструкций и технических систем в целом; - анализировать современные системы на всех стадиях их жизненного цикла и идентифицировать опасности; - рассчитывать основные показатели надежности систем; - уметь использовать методики оценки техногенного риска при эксплуатации оборудования. Владеть: - оптимальными методами решения задач надежности и безопасности, методами анализа сложных систем при возникновении отказов; - методиками анализа опасностей и оценки риска; решения задач организационного обеспечения |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>надежности технических систем,</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками организации накопления, хранения и использования информации по свойствам технических систем. |
| <p>ПК-7 Готовность осуществлять экспертизу промышленной безопасности, проверки технического состояния и оценки эксплуатационной надежности технологического оборудования</p> | <p>ПК-7.1 Анализирует нормативные правовые акты, устанавливающие специальные требования к объектам экспертизы промышленной безопасности</p> <p>ПК-7.2 Выбирает методы расчетов и аналитических процедур для проведения экспертизы технических устройств.</p> <p>ПК-7.3 Формулирует заключения и выводы по результатам проведения анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности</p> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - характеристики технических систем, используемые в теории надежности; - основные принципы и способы повышения надежности технических систем; - методы моделирования опасных процессов, анализ моделей в интересах снижения риска. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - производить количественную оценку надежности элементов технических систем; - рассчитывать надежность технических систем с учетом их структуры и старения элементов; - производить качественную и количественную оценку риска в техногенной сфере. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами моделирования опасностей и снижения техногенного риска в статических и динамических задачах принятия решений в условиях неопределенности с помощью современных программ |

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам) | | |
|-------|--|---------|-----------------|--|----------------------|----------------------------------|-----------|-----------|---|--|-------|
| | | | | Лекции | Практические занятия | | СР | Контроль | | | Всего |
| | | | | | Общая трудоемкость | Из них – практическая подготовка | | | | | |
| 1 | Основные положения и методы расчета надежности технических систем. | 8 | 1 | 2 | 4 | - | 4 | | 10 | Контроль посещаемости, устный опрос. | |
| 2 | Показатели надежности технических систем. | 8 | 2, 3 | 2 | 4 | | 4 | | 10 | Контроль посещаемости, устный опрос. Решение задач | |
| 3 | Модели распределений, используемых в теории надежности. | 8 | 4 | 2 | 6 | 1 | 4 | | 12 | Контроль посещаемости, устный опрос. Решение задач. | |
| 4 | Структурно-логический анализ технических систем. | 8 | 5, 6 | 2 | 8 | 1 | 4 | | 14 | Контроль посещаемости, устный опрос. Решение задач. | |
| 5 | Основы теории риска. | 8 | 7 | 2 | 8 | | 4 | | 14 | Контроль посещаемости, устный опрос | |
| 6 | Структура техногенного риска. | 8 | 8 | 2 | 8 | 1 | 4 | | 14 | Контроль посещаемости, устный опрос | |
| 7 | Обеспечение безопасности технических систем. Надежность персонала. | 8 | 9 | 2 | 6 | 1 | 4 | | 12 | Контроль посещаемости, устный опрос. Контрольная работа | |
| 8 | Анализ техногенного риска на стадии проектирования и эксплуатации. | 8 | 10 | 2 | 6 | | 4 | | 12 | Контроль посещаемости, устный опрос. Тестирование | |
| 9 | Экологический риск. | 8 | 11 | 2 | 4 | | 4 | | 10 | | |
| 10 | Промежуточная аттестация | 8 | | | | | | 36 | 36 | Экзамен | |
| | ИТОГО часов в 8 семестре | | | 18 | 54 | 4 | 36 | 36 | 144 | | |

4.1 Содержание лекционного курса

Основные положения и методы расчета надежности технических систем.

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. Роль внешних факторов, воздействующих на формирование отказов технических систем. Физические причины повреждений и отказов. Классификация отказов. Математическая модель надежности объекта.

Тема 2. Показатели надежности технических систем.

Система стандартов. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения». Основные понятия, термины и определения состояний объектов и свойств надежности. Номенклатура и классификация показателей надежности: вероятность безотказной работы (ВБР) в течение определенного времени, средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ, среднее время восстановления, частота отказов, интенсивность отказов, параметр потока отказов, коэффициентом вынужденного простоя, коэффициент готовности, коэффициент вынужденного простоя, коэффициент технического использования.

Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов. Показатели безотказности восстанавливаемых объектов. Показатели долговечности. Показатели ремонтпригодности. Показатели сохраняемости. Комплексные показатели надежности.

Тема 3. Модели распределений, используемых в теории надежности. Закон распределения Пуассона. Экспоненциальное распределение. Нормальный закон распределения. Логарифмически нормальное распределение. Распределение Вейбулла. Гамма-распределение.

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.

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.

Тема 4. Структурно-логический анализ технических систем.

Структурная схема надежности технической системы. Расчёт надёжности систем с последовательным соединением элементов. Расчёт надёжности системы с параллельным соединением элементов. Анализ сложных систем. Расчёт структурной надёжности систем.

Методы повышения надежности технических систем. Резервирование как метод обеспечения надежности технологических систем на стадии их создания. Кратность резервирования и основные расчетные формулы. Особенности расчета надежности систем с нагруженным и ненагруженным резервированием.

Тема 5. Основы теории риска. Понятие риска. Методология анализа и оценки риска. Качественные методы анализа риска. Количественная оценка риска. Основные принципы концепции «приемлемого риска». Причины возникновения риска. Причины аварийности на производстве. Классификация рисков при управлении техногенной безопасностью. Индивидуальный, коллективный, потенциальный территориальный и социальный риски.

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.

Тема 6. 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, исходы аварий и их последствия. Структура полного ущерба как последствия аварий на технических объектах. Прогнозирование аварий и катастроф. Общая структура анализа техногенного риска.

Тема 7. Обеспечение безопасности технических систем. Надежность персонала.

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.

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.

Тема 8. Анализ техногенного риска на стадии проектирования и эксплуатации.

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 конечных состояний. Описание конечных состояний. Оценка последствий.

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

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.

Тема 9. 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.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При освоении дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» используются следующие образовательные технологии:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий (в программе Power Point);
- консультации, промежуточный тестовый контроль знаний студентов, практические занятия, контрольная работа;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении семинарских занятий с использованием интерактивных форм обучения, выполнения поисковых, творческих заданий, деловых игр, разбор конкретных ситуаций.

В рамках *практической подготовки* студентов профессиональные навыки формируются при выполнении и разборе ситуационных задач, деловых игр, разработке документов в области промышленной безопасности, в рамках индивидуальных отчетов, коллоквиумов (оценка и прогнозирование

возможных отказов ТС, построение дерева событий и отказов).

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе деловых игр, разбор конкретных ситуаций. Практические занятия и подбор выполняемых ситуационных задач, а также внеаудиторная работа, направлены на формирование у обучающихся умения и навыков в области техносферной безопасности (анализ аварийных ситуаций на предприятиях нефтехимического профиля, связанные с недостаточной надежностью технических систем, выявление путей повышения надежности технологического оборудования и систем управления производством, совершенствование методов снижения техногенного риска). Формированию профессиональных компетенций выпускников способствует выполнение отдельных расчетных работ по научной тематике кафедры.

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе деловых игр, разбор конкретных ситуаций. Практические занятия и подбор выполняемых ситуационных задач, а также внеаудиторная работа направлены на формирование у обучающихся умения и навыков в области техносферной безопасности. Формированию профессиональных компетенций выпускников способствует выполнение отдельных расчетных работ по научной тематике кафедры.

Разновидностью образовательных технологий является технология адаптивного обучения, предполагающая гибкую систему организации учебных занятий с учетом индивидуальных особенностей обучаемых. Центральное место в этой технологии отводится обучаемому, его деятельности, качествам его личности. Обучение в условиях применения технологии адаптивного обучения становится преимущественно активной самостоятельной деятельностью: это чтение обязательной и дополнительной литературы, реферативная работа, решение задач различного уровня сложности, выполнение лабораторных и практических работ, индивидуальная работа с преподавателем, контроль знаний и т.д. Технология адаптивного обучения предполагает осуществление контроля всех видов: контроль преподавателя, самоконтроль,

При изучении дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» *инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья* следует применять следующие адаптивные технологии: использование социально-активных рефлексивных методов обучения для создания комфортного психологического климата в студенческой группе, использование дистанционных технологий при реализации программы, работа по индивидуальному плану (время подготовки к сдаче отчета увеличивать на 0,5 часа).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студента заключается в освоении теоретического материала, подготовке, расчете и оформлении практических работ (решении задач), выполненных в аудитории.

Промежуточная аттестация студентов производится в форме экзамена.

| № | Виды самостоятельной работы | Формы контроля |
|---|--|---|
| 1 | Освоение теоретического материала | Устный опрос. Контрольная работа. Тестирование. |
| 2 | Подготовка к текущему тестированию | Тестирование. |
| 3 | Выполнение письменных домашних заданий | Проверка домашних заданий. Решение задач |

Примерный перечень тем для выполнения контрольной работы:

Тема 1. Критерии и количественные характеристики надежности.

- Показатели безотказности для невосстанавливаемых изделий.
- Показатели безотказности для восстанавливаемых изделий.

Тема 2. Характеристики надежности технических систем при различных законах распределения времени до отказа

- Законы распределения.

Тема 3. Структурные модели и схемы надежности технических систем

- Структурные модели надежности сложных систем.
- Системы с последовательным соединением элементов.
- Системы с параллельным соединением элементов.
- Резервирование как метод обеспечения надежности ТС.

Примеры задач по темам дисциплины:

Показатели надежности технических систем

1. На испытание поставлено 3500 изделий. За 2000 ч отказало 300 изделий. Определить вероятность безотказной работы $P(t)$ и вероятность отказа $Q(t)$ в течение 3500 ч. Ответ: $P(t) = 0,85$; $Q(t) = 0,15$.

2. На испытание поставлены 2000 однотипных резисторов. За 7000 ч отказали 10 штук. Определить вероятность безотказной работы резисторов за 7 000 ч. Ответ: $P(t) = 0,995$.

3. Определить вероятность отказа резисторов, если при испытании 5 000 штук через 250 ч остались исправными 4870. Ответ: $Q(t) = 0,026$.

4. На испытание поставлено 1000 изделий. За 1500 ч отказало 80 изделий, за следующие 200 ч отказало 100 изделий. Определить вероятность безотказной работы за 1500 ч, вероятность безотказной работы за 1700 ч, вероятность безотказной работы за 1600 ч, частоту отказов $a(1600)$, интенсивность отказов $\lambda(1600)$. Ответ: $P(1500) = 0,92$; $P(1600) = 0,87$; $P(1700) = 0,82$; $\lambda(t) = 8,7 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$; $a(t) = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

5. За период наблюдения было зафиксировано по первому изделию 10 отказов, по второму – 20 отказов. Нарботка первого объекта $t_1=1780$ ч, второго $t_2=1000$ ч. Определить среднюю наработку изделий на отказ. Ответ: 114 ч.

6. За наблюдаемый период эксплуатации в изделии было зафиксировано 5 отказов. Время восстановления составило: $t_1=5$ мин, $t_2=10$ мин, $t_3=8$ мин, $t_4=15$ мин, $t_5=20$ мин. Необходимо определить среднее время восстановления аппаратуры. Ответ: 11,6 ч.

7. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени равна $P(t)=0,979$. Необходимо определить вероятность безотказной работы системы, состоящей из 35 таких же элементов. Ответ: $P(t) = 0,979$.

8. Определить вероятность отказа транзисторов, если при испытании 350 транзисторов через 70 часов остались исправными 340. Ответ: $Q(t) = 0,029$.

9. На испытание поставлено 50 изделий. За время $t=350$ ч перестали работать 8 изделий. За последующие 500 ч вышло из строя еще 10 изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t+\Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt . Ответ: $P(350) = 0,84$; $P(850) = 0,64$; $P(350-850) = 0,08$; $\lambda(t) = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $a(t) = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

10. В интервале работы от 130 до 170 часов интенсивность отказов диодов составила $\lambda(t) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, а число отказов – 10. Определить число диодов, оставшихся исправными за 170 ч. Ответ: 500 шт.

Модели распределений, используемых в теории надежности.

1. Время работы элемента до отказа подчинено экспоненциальному закону распределения с параметром $\lambda(t)=7,8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Необходимо вычислить количественные характеристики надежности элемента $P(t)$, $Q(t)$, $a(t)$, T_{cp} для $t = 2300$ ч. Ответ: $P(2300)=0,166$; $Q(2300)=0,834$; $a(2300)=1,29 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $T_{cp}=1282$ ч.

2. Время работы элемента до отказа подчинено нормальному закону. Среднее время безотказной работы 15000 ч, дисперсия случайной величины $t \sigma_t=5000$ ч. Вычислите количественные характеристики надежности $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$, T_{cp} для $t=25\ 000$ ч. Ответ: $P(25000)=0,023$; $a(25000)=1,07 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda(25000)= 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $T_{cp}=15023$ ч.

3. Время работы изделия до отказа подчиняется закону распределения Релея. Необходимо вычислить количественные характеристики надежности изделия $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$, T_{cp} для $t = 1000$ ч, если параметр $\sigma_t=1000$ ч. Ответ: $P(1000)=0,607$; $a(1000)=6,1 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda(1000)= 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$; $T_{cp}=1253$ ч.

4. Время безотказной работы изделия подчиняется закону Вейбулла с параметрами $k=2,7$; $\lambda_0=8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, а время работы изделия $t=320$ ч. Рассчитать количественные характеристики надежности изделия $\lambda(t)$, T_{cp} . Ответ: $\lambda(320)= 39,2 \text{ ч}^{-1}$; $T_{cp}=12,5$ ч.

5. Система состоит из пяти устройств. Вероятность безотказной работы каждого из них в течение времени $t=360$ ч равна: $p_1(360) = 0,96$; $p_2(360)=0,99$; $p_3(360)=0,98$; $p_4(360)=0,97$; $p_5(360)=0,98$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы T_{cp} . Ответ: $T_{cp}=3125$ ч.

6. Система состоит из 3 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что первый прибор, проработав вне системы 2300 ч, имел 5 отказов, второй – за 1385 ч имел 3 отказа и третий – за 1950 ч имел 4 отказа. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы. Ответ: $t_{cp}=157$ ч.

7. Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления изделия в течение 200 ч равна 0,98. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов линии для момента времени 200 ч. Ответ: $a(200)=0,98 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda(200)= 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$;

8. Время работы элемента до отказа подчинено экспоненциальному закону $\lambda=7,8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Необходимо определить вероятность безотказной работы $P(t)$, частоту отказов $a(t)$ и среднюю наработку на отказ t_{cp} , если $t=350$ ч, 1500 ч, 2800 ч. Ответ: $P(350)=0,76$; $P(1500)=0,31$; $P(2800)=0,113$; $a(350)=5,95 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $a(1500)= 2,41 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $a(2800)= 0,88 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $T_{cp}=1282$ ч.

9. В системе $N = 3700$ элементов, вероятность безотказной работы ее в течение одного часа $P(1) = 98\%$. Предполагается, что все элементы равнонадежны и интенсивность отказов элементов $\lambda(t) = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа системы $T_{\text{ср}}$. Ответ: $T_{\text{ср}} = 29 \text{ ч}$.

10. Среднее время исправной работы изделия равно 3500 ч. Время исправной работы подчинено закону Релея. Необходимо найти его количественные характеристики надежности $P(t)$, $\lambda(t)$, $a(t)$ для $t = 3000 \text{ ч}$. Ответ: $P(3000) = 0,792$; $a(3000) = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda(3000) = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Примерный перечень тестовых заданий к дисциплине:

1. Количественная оценка опасности, которая численно равна вероятности нежелательного с точки зрения безопасности события:

- а) риск;
- б) ущерб;
- в) вероятность возникновения;
- г) результат.

2. Фактические и вероятные экономические потери и (или) ухудшение состояния природной среды вследствие изменений в окружающей человека среде:

- а) риск;
- б) ущерб;
- в) вероятность возникновения;
- г) результат.

3. Двухкомпонентная величина, которая характеризуется ущербом от воздействия конкретного опасного фактора и вероятностью его возникновения:

- а) риск;
- б) степень риска;
- в) степень вероятности возникновения;
- г) степень результат.

4. Степень риска равна произведению:

- а) вероятности нежелательного с точки зрения безопасности события на ущерб, наносимый этим событием;
- б) вероятности возможного ущерба на величину, характеризующую количество опасностей;
- в) вероятности нежелательного с точки зрения безопасности события на последствия, наносимые этим событием;
- г) вреда на количественные потери.

5. Событие, явление или процесс, который непосредственно не наносит какого-либо вреда, но увеличивает вероятность возникновения неблагоприятного с точки зрения безопасности события:

- а) фактор риска;
- б) вероятность риска;
- в) степень риска;
- г) риск.

6. Количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека:

- а) фактор риска;
- б) вероятность риска;
- в) степень риска;
- г) риск.

7. Вероятность возникновения опасности (риск):

- а) величина, существенно меньшая единицы;

- б) величина, равная единице;
- в) величина, существенно большая единицы;
- г) величина, зависящая от реальной ситуации (причин, подготовленности, природы опасностей).

8. Вероятность реализации потенциальных опасностей при возникновении опасных ситуаций для одного человека:

- а) индивидуальный риск;
- б) личный риск;
- в) социальный риск;
- г) приемлемый риск.

9. Отношение количества людей, погибших от реализации фактора риска к общему количеству людей, подвергающихся воздействию данного фактора за определенный период времени:

- а) индивидуальный риск;
- б) личный риск;
- в) социальный риск;
- г) приемлемый риск.

10. Источники индивидуального риска:

- а) низкий уровень научно-исследовательских работ, серийный выпуск небезопасной техники, ошибки персонала, нарушение правил безопасной эксплуатации;
- б) виктимность, привычки, профессиональная деятельность, непрофессиональная деятельность, социальная среда;
- в) антропогенное вмешательство, природные явления, техногенное влияние на окружающую среду;
- г) низкий уровень научно-исследовательских работ, серийный выпуск небезопасной техники, ошибки персонала, нарушение правил безопасной эксплуатации, техногенное влияние на окружающую среду.

11. Источники техногенного риска:

- а) низкий уровень научно-исследовательских работ, серийный выпуск небезопасной техники, ошибки персонала, нарушение правил безопасной эксплуатации;
- б) виктимность, привычки, профессиональная деятельность, непрофессиональная деятельность, социальная среда;
- в) антропогенное вмешательство, природные явления, техногенное влияние на окружающую среду;
- г) низкий уровень научно-исследовательских работ, серийный выпуск небезопасной техники, ошибки персонала, нарушение правил безопасной эксплуатации, техногенное влияние на окружающую среду.

12. Источники экологического риска:

- а) низкий уровень научно-исследовательских работ, серийный выпуск небезопасной техники, ошибки персонала, нарушение правил безопасной эксплуатации, техногенное влияние на окружающую среду;
- б) виктимность, привычки, профессиональная деятельность, непрофессиональная деятельность, социальная среда;
- в) антропогенное вмешательство, природные явления, техногенное влияние на окружающую среду;
- г) низкий уровень научно-исследовательских работ, серийный выпуск небезопасной техники, ошибки персонала, нарушение правил безопасной эксплуатации, техногенное влияние на окружающую среду.

13. Вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

- а) техногенный риск;

- б) личный риск;
- в) социальный риск;
- г) приемлемый риск.

14. Наиболее распространенные факторы техногенного риска:

- а) ошибочный выбор по критериям безопасности направлений развития техники и технологий;
- б) выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем;
- в) аварии на АЭС, ТЭЦ; поселение людей в зонах опасных природных явлений; безработица, голод, неудовлетворительные жилищно-бытовые условия;
- г) загрязнение водоемов, атмосферного воздуха, почвы; природные явления; истребление лесных массивов.

15. Наиболее распространенные факторы техногенного риска:

- а) ошибки в определении эксплуатационных нагрузок;
- б) неправильный выбор конструкционных материалов;
- в) недостаточный запас прочности; отсутствие в проектах технических средств безопасности;
- г) аварии на АЭС, ТЭЦ; поселение людей в зонах опасных природных явлений; безработица, голод, неудовлетворительные жилищно-бытовые условия.

16. Наиболее распространенные факторы техногенного риска:

- а) нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин;
- б) нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации; несвоевременные профилактические осмотры и ремонты;
- в) аварии на АЭС, ТЭЦ; поселение людей в зонах опасных природных явлений; безработица, голод, неудовлетворительные жилищно-бытовые условия;
- г) загрязнение водоемов, атмосферного воздуха, почвы; природные явления; истребление лесных массивов.

17. Наиболее распространенные факторы социального риска:

- а) нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин;
- б) нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации; несвоевременные профилактические осмотры и ремонты;
- в) аварии на АЭС, ТЭЦ; поселение людей в зонах опасных природных явлений; безработица, голод, неудовлетворительные жилищно-бытовые условия;
- г) загрязнение водоемов, атмосферного воздуха, почвы; природные явления; истребление лесных массивов.

18. Наиболее распространенные факторы экологического риска:

- а) нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин;
- б) нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации; несвоевременные профилактические осмотры и ремонты;
- в) аварии на АЭС, ТЭЦ; поселение людей в зонах опасных природных явлений; безработица, голод, неудовлетворительные жилищно-бытовые условия;
- г) загрязнение водоемов, атмосферного воздуха, почвы; природные явления; истребление лесных массивов.

19. Наиболее распространенные факторы индивидуального риска:

- а) нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин;
- б) совокупность личностных качеств человека как жертвы потенциальной опасности;
- в) аварии на АЭС, ТЭЦ; поселение людей в зонах опасных природных явлений; безработица, голод, неудовлетворительные жилищно-бытовые условия;
- г) наследственно-генетические, психосоматические заболевания.

Примерный перечень контрольных вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Цели и задачи дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск»
2. Значение теории надежности в формировании специальности в области безопасности технологических процессов и производств.
3. Технические системы безопасности. Типовые локальные технические системы и средства безопасности.
4. Первостепенное значение надежности в современных технических системах.
5. Обобщенные объекты надежности (изделие, элемент, система).
6. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые системы (определения, примеры).
7. Надежность как способность выполнять заданные функции. Влияние надежности на безопасность системы.
8. Определения: надежность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, исправность, неисправность, отказ.
9. Показатели безотказности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа, параметр потока отказов; особенности применения.
10. Показатели долговечности: ресурс, назначенный ресурс, гамма-процентный ресурс, срок службы, срок гарантии; особенности применения.
11. Показатели ремонтпригодности и сохраняемости: среднее время восстановления, коэффициент готовности, коэффициент технического использования.
12. Дать определение вероятности безотказной работы.
13. Применение показателей безотказности.
14. Дать определение неремонтируемого изделия. Привести пример.
15. Применение показателей долговечности.
16. Дать определение ремонтируемого изделия. Привести пример.
17. Определение интенсивности отказов.
18. Анализ кривой интенсивности отказов.
19. Определение статистической интенсивности отказов.
20. Определение средней наработки до отказа.
21. Среднее времени жизни изделия.
22. Коэффициент оперативной готовности.
23. Определение безотказности и ремонтпригодности.
24. Техносфера, техника, технические системы.
25. Закон распределения Пуассона в теории надежности.
26. Экспоненциальный закон распределения в теории надежности.
27. Потенциальная опасность технических систем.
28. Нормальный закон распределения в теории надежности.
29. Логарифмически нормальное распределение в теории надежности.
30. Закон Вейбулла в теории надежности.
31. Классификация отказов по значимости (критические, существенные и несущественные).

32. Классификация отказов по характеру возникновения (внезапные, постепенные и систематические).
33. Классификация отказов по характеру обнаруживаемости (явные и скрытые).
34. Классификация отказов по причине возникновения (конструкционные, технологические и эксплуатационные).
35. Классификация отказов по возможности устранения причин отказа (неустраняемые и устраняемые).
36. Классификация отказов по характеру устранения (устойчивые, самоустраняющиеся, сбой и перемежающиеся).
37. Основные понятия теории надежности. Характеристики отказов. Количественные характеристики надежности.
38. Теоретические законы распределения отказов.
39. Факторы, которые отрицательно влияют на работоспособность сложной системы.
40. Системы с последовательным соединением элементов.
41. Системы с параллельным соединением элементов.
42. Системы со смешанным соединением элементов.
43. Резервирование элементов системы.
44. Холодное резервирование.
45. Горячее резервирование.
46. Частично параллельное резервирование системы.
47. Структурные схемы надёжности с параллельно-последовательным соединением элементов.
48. Структурные схемы надёжности с поканальным резервированием.
49. Структурные схемы надёжности с поэлементным резервированием.
50. Методы повышения надежности объектов.
51. Методика проведения анализа возможных отказов.
52. Методы исследования и анализа опасностей технических систем.
53. Факторы, воздействующие на человека, управляющего потенциально опасной техникой. Методология прогнозирования ошибок.
54. Мероприятия, методы и средства обеспечения надежности и безопасности технических систем.
55. Технические средства обеспечения надежности и безопасности технических систем.
56. Оценка надежности человека как звена сложной технической системы. Причины совершения ошибок. Принципы формирования баз об ошибках человека.
57. Назначение и принцип работы защитных систем безопасности.
58. Правовые аспекты анализа риска и управления промышленной безопасностью.
59. Оценка экономического ущерба от промышленных аварий. Ответственность за нанесенный ущерб.
60. Классификация и номенклатура потенциально опасных объектов и

технологий.

61. Оценка рисков по качественным показателям.
62. Методика построения деревьев событий.
63. Методика построения деревьев отказов.
64. Понятие «риск». Техногенный риск. Приемлемый риск.
65. Риск как количественная оценка опасности.
66. Основы методологии анализа и управления риском. Три основных вопроса при анализе риска. Оценка риска.
67. Моделирование риска.
68. Количественные показатели риска. Сравнение рисков. Системно-динамический подход к оценке техногенного риска.
69. Подход к анализу риска при наличии опасных факторов.
70. Методы анализа риска. Основные показатели риска.
71. Анализ надежности методом дерева отказов.
72. Нормативные значения риска. Оценка риска.
73. Управление риском. Приоритеты выбора мер для уменьшения риска.
74. Экономические механизмы управления безопасностью и риском.
75. Проблемы приемлемости и нормирования риска.
76. Индивидуальный и коллективный риски.
77. Потенциальный территориальный и социальный риски.
78. Экологический риск.
79. Проблемы техногенной безопасности.
80. Природно-техногенные риски.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------|
| Семестр | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности | Промежуточная аттестация (экзамен) | Итого |
| 8 | 9 | 0 | 33 | 18 | 0 | 10 | 30 | 100 |

Программа оценивания учебной деятельности студента

8 семестр
номер семестра

Лекции

0-9 (оценивается посещаемость, 1 балл за лекцию).

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

0-33 баллов (3 балла за занятие; оценивается уровень подготовки к практическим занятиям, участие в дискуссиях по теме практического задания, решение задач).

2-3 балла – высокий уровень подготовки, активное участие в дискуссиях, своевременность и самостоятельность при выполнении индивидуальных заданий;

1 балл – средний уровень подготовки, участие в дискуссиях не постоянное, ошибки при выполнении индивидуальных заданий;

0 – не подготовлен к занятию, не выполнены задания текущего семинара.

Самостоятельная работа

0-10 баллов

0-10 баллов (оцениваются *результаты тестирования* в системе Ipsilon).

10 баллов – 85-100 % верных ответов; 8 баллов – 61-84 % верных ответов;

6 баллов – 41-60 % верных ответов; 4 балла – 21-40 % верных ответов;

2 балла – 1-20 % верных ответов; 0 баллов – тестирование не пройдено.

0-8 баллов (решение задач, домашнее задание)

8-10 баллов – задача решена правильно, указан алгоритм решения, соответствует требованиям оформления и представления ;

4-7 баллов – задача решена, но допущены недочеты (например, нет единиц измерения);

1-3 балла – задача решена без представления алгоритма решения;

0 баллов – задача не решена.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

0-10 баллов (оценивается качество выполненной письменной контрольной работы).

8-10 баллов – работа соответствует предъявляемым к ней требованиям, материал соответствует теме работы, качественно представлен, но имеются недочеты; выполнено от 80 до 100 % работы;

5-8 баллов – работа соответствует предъявляемым к ней требованиям, но допущены технические ошибки; выполнено от 50 до 80 % работы;

1-4 балла – материал в работе подобран не грамотно, тема до конца не раскрыта, допущены грубые ошибки в оформлении работы, выполнено менее 50% работы;

0 баллов – работа не выполнена.

Промежуточная аттестация (экзамен)

0-30 баллов

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 36 до 30 баллов;
ответ на «хорошо» оценивается от 20 до 25 баллов;
ответ на «удовлетворительно» оценивается от 5 до 19 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» от 0 до 4 баллов

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» в оценку (экзамен):

| | |
|---------------|------------------------|
| 87-100 баллов | «отлично» |
| 70-86 баллов | «хорошо» |
| 51-69 баллов | «удовлетворительно» |
| 0-50 баллов | «не удовлетворительно» |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. Теория надежности сложных систем: учеб. пособие/ В. А. Каштанов, А.И. Медведев. -2-е изд., перераб. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. -608 с. ЭБС Znanium
2. Техногенный риск. Анализ и оценка: уч. Пособие/ В.Т. Алымов, Н.П. Тарасов. М.: Академкнига, 2007. 118 с.
3. Угланова, В.З. Надежность технических систем. Основы теории в задачах / В. З. Угланова. - Саратов : [б. и.], 2020. - 51 с. - ~Б. ц. - Текст : непосредственный. ID = 2565 (дата размещения: 28.09.2020) http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/2565.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Основные системы Windows, стандартные офисные программы, законодательно-правовая электронно-поисковая база по безопасности жизнедеятельности, электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе.

1. Microsoft Word 2010
2. Microsoft Excel 2010
3. Microsoft PowerPoint 2010
4. Экологический центр «Экосистема». <http://www.ecosystema.ru>.
5. Официальный сайт МЧС. <http://www.mchs.ru/>
6. Нормативная документация по охране труда <http://www.tehdoc.ru;>
<http://www.safety.ru>

7. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. <http://www.gks.ru/>
8. web атлас по БЖД. <http://www.sci.aha.ru>
9. Всероссийский информационно-аналитический журнал «112 Единая служба спасения». <http://www.ess 01.com>.
10. РОСТЕХНАДЗОР. <https://www.gosnadzor.ru/>
11. Росатом. <https://www.rosatom.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Современное мультимедийное оборудование.
2. Персональный компьютер.
3. Проекционная аппаратура: оверхед-проектор и мультимедиа-проектор.
5. Специализированные классы, оборудованные техническими средствами обучения (лаборатория профилирующей кафедры, локальная компьютерная сеть кафедры с выходом в глобальную сеть Internet. и т.п.).
6. **Место осуществления практической подготовки:** учебные лаборатории Института химии.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» и профилю подготовки «Промышленная безопасность технологических процессов и производств».

Автор

доцент кафедры нефтехимии
и техногенной безопасности Института химии СГУ,
к.х.н.

Угланова В.З.

Программа одобрена на заседании кафедры нефтехимии и техногенной безопасности от «01» июня 2023 года, протокол № 15.