

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 11.01.2024 11:49:48  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«\_14\_» \_\_12\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Надежность технических систем и техногенный риск**

Направление подготовки  
**20.03.01 Техносферная безопасность**  
Направленности программ бакалавриата  
**Инженерная защита окружающей среды**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет инженерно-технологический  
Кафедра инженерной защиты окружающей среды

Санкт-Петербург

2016

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор Ивахнюк Г.К.

Рабочая программа дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск»  
обсуждена на заседании кафедры инженерной защиты окружающей среды  
протокол от «\_21\_» \_\_11\_\_\_\_2016г.

№ \_3\_

Заведующий кафедрой

Г.К. Ивахнюк

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «\_12\_» \_\_12\_\_\_\_2016г.

№ \_4\_

Председатель

В.В. Прояев

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Техносферная безопасность»		Доцент Т.В. Украинцева
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	07
3. Объем дисциплины .....	07
4. Содержание дисциплины.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	13
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b>	способность учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> - основы организации, структуру и нормативно-правовую базу системы управления безопасностью в техносфере;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- действующую систему нормативно-правовых актов в области техносферной безопасности;</li> <li>- основные техносферные опасности, их свойства и характеристики;</li> <li>- характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</li> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul>
<b>ПК-3</b>	способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники	<p><b>Знать:</b> - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-4</b>	способность использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности	<p><b>Знать:</b> - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <p>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</p> <p>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</p>
<b>ПК-17</b>	способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны и зоны приемлемого риска	<p><b>Знать:</b> - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <p>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</p> <p>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</p> <p><b>Уметь</b> - применять методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;</p> <p>- пользоваться законодательной и нормативной документацией по вопросам управления техносферной безопасностью;</p> <p>- производить оценку и анализ рисков технологических процессов и производств, а также других видов деятельности.</p>
<b>ПК-21</b>	способность решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива	<p><b>Знать:</b> - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <p>- научные и организационные</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul> <p><b>Уметь</b> - применять методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться законодательной и нормативной документацией по вопросам управления техносферной безопасностью;</li> <li>- производить оценку и анализ рисков технологических процессов и производств, а также других видов деятельности.</li> </ul>
ПК-23	<p>способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных</p>	<p><b>Знать:</b> - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul> <p><b>Уметь</b> - применять методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться законодательной и нормативной документацией по вопросам управления техносферной безопасностью;</li> <li>- производить оценку и анализ рисков технологических процессов и производств, а также других видов деятельности.</li> </ul>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<b>Владеть:</b> - законодательными и правовыми актами в области техногенной безопасности и охраны окружающей среды; - методами оценки состояния и обеспечения безопасности.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина «Надежность технических систем и техногенный риск» (Б1.Б.15) относится к базовым дисциплинам и изучается на 3 и 4 курсах.

Изучение дисциплины базируется на следующих учебных дисциплинах: «Науки о Земле», «Промышленная экология», «Безопасность жизнедеятельности», «Теоретические основы защиты окружающей среды», «Безопасность оборудования и технологических процессов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Надежность технических систем и техногенный риск» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	4/144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	14
занятия лекционного типа	6/0
занятия семинарского типа, в т.ч.	8
семинары, практические занятия	8
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	121
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	2 Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен(9)

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение. Основные понятия теории надежности.	1			20	ОПК-1
2.	Математические основы надежности	1			20	ПК-3
3.	Надежность систем.	1	2		20	ПК-4
4.	Надежность оборудования подверженного динамическим нагрузкам	1	2		20	ПК-17
5.	Устойчивость и теория катастроф.	1	2		20	ПК-21
6.	Классическая теория колебаний. Хаотические колебания в химической технике.	1	2		21	ПК-23

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ НАДЕЖНОСТИ. Надежность. Отказ. Критерии надежности. Характеристики надежности. Сохранность. Ремонтпригодность. Срок службы. Избыточность. Резервирование.	1	Слайд-презентация
2	МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ. Случайные величины и их характеристики. Надежность в период нормальной эксплуатации. Надежность в период постепенных отказов. Совместное действие внезапных и постоянных отказов.	1	Слайд-презентация
3	НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ. Надежность последовательной системы. Надежность параллельной системы. Надежность систем с резервированием. Надежности сложных комбинированных систем.	1	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><b>НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДВЕРЖЕННОГО ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ</b> Требования, предъявляемые к надежности сложных систем. Методы повышения надежности. Резервирование как средство повышения надежности. Уменьшение интенсивности отказов системы. Сокращение времени непрерывной работы. Уменьшение среднего времени восстановления.</p> <p><b>ОТКАЗЫ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ.</b> Отказы, когда нагрузка превышает прочность детали. Отказы в результате накопления повреждений в материале. Отказы при достижении пластических (необратимых) деформаций. Отказы при наличии трещин и дефектов в материале конструкции. Вероятность безотказной работы по заданному критерию.</p> <p><b>РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ПО ОСНОВНЫМ КРИТЕРИЯМ.</b> Случайная природа действующих нагрузок. Вероятность безотказной работы по критерию прочности. Оценка надежности при механическом изнашивании. Оценка надежности</p>	1	Слайд-презентация
5	<p><b>УСТОЙЧИВОСТЬ И ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ.</b> Катастрофы, что это такое? Методы теории катастроф. Каноническая катастрофа сборки. Динамика машины Зимана.</p> <p><b>ПОТЕРЯ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ.</b> Эксперименты с изгибаемым стержнем. Исследование модели консольного шарнира. Модель стержня с одним шарниром. Модель стержня с двумя степенями свободы. Полный гармонический анализ стержня на упругом основании.</p> <p><b>ПОТЕРЯ УСТОЙЧИВОСТИ АРКИ.</b> Симметричное и несимметричное прощелкивание арок. Геометрия прощелкивания арки.</p>	1	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
6	<p>КОЛЕБАНИЯ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ.            Линейные колебания. Нелинейные колебания.            Локальная геометрическая теория динамики.            Неустойчивости линейного осциллятора.            НЕЛИНЕЙНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ БИФУРКАЦИИ.            ХАОТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ. Основные понятия. Отображения и потоки. Пример хаоса.            Как обнаружить хаотические колебания.            Признаки хаотических колебаний            СИСТЕМЫ С ХАОТИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ. Новая парадигма динамики.            Задача с соударениями. Задача с потенциалом в виде двойной ямы. Хаос в упругих непрерывных средах. Магнитоупругий изогнутый стержень. Изогнутый стержень с двумя степенями свободы. Упругий стержень с нелинейными граничными условиями.</p>	1	Слайд-презентация

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<p>Расчет параметров устойчивости нелинейного осциллятора на примере колебания упругого вала в жидкости.            Расчет конечных перемещений и потери устойчивости стержня.</p>	2	Групповая дискуссия
2	<p>Расчет редуктора по критерию теплостойкости.            Расчет надежности вала по критерию прочности</p>	2	Групповая дискуссия
3	<p>Расчет виброненадежности элементов конструкции.            Расчет долговечности элемента конструкции при воздействии переменных нагрузок.            переменных нагрузок</p>	2	Групповая дискуссия
4	<p>Расчет зависимости механической надежности от запаса прочности.</p>	2	Групповая дискуссия

#### 4.3.2. Лабораторные занятия. Планом не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Основные понятия надежности.	20	-
2	Математические основы надежности.	20	
3	Надежность систем.	20	
4	Повышение надежности сложных систем. Отказы отдельных элементов оборудования. Расчет надежности по основным критериям.	20	КР-1
5	Устойчивость и теория катастроф. Потеря устойчивости конструкций.	20	-
6	Колебания упругих элементов оборудования. Нелинейные статические и динамические бифуркации. Хаотические колебания. Системы с хаотическими колебаниями. Упругий стержень с нелинейными граничными условиями.	21	КР-2

#### 4.5 Контрольные работы.

В процессе обучения студенты проходят оперативный контроль по разделам дисциплины, который проводится в письменной форме: предусмотрены две контрольные работы. Примеры контрольных работ представлены ниже.

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (для проверки знаний).

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Балакирев, В.С. Надежность систем автоматизации: учебное пособие для вузов по спец. "Автоматизация технологических процессов и производств" направления подготовки дипломированных специалистов "Автоматизированные технологии и производства" / В. С. Балакирев ; Саратов. гос. техн. ун-т. - 2-е изд., испр. . - Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2006. – 148с.
2. Воскобоев, В.Ф. Надежность технических систем и техногенный риск. Ч. 1. Надежность технических систем: Учебное пособие для вузов МЧС России / В. Ф. Воскобоев ; М-во РФ по делам гражд. обороны, чрезв. ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Акад. гражд. защиты. Каф. устойчивости экономики и жизнеобеспечения. - М. : Альянс ; М. : Путь, 2008. - 199с.
3. Ивахнюк, Г.К. Надежность технологического оборудования : Методические указания к выполнению контрольных работ для заочной формы обучения спец. "Инженерная защита окружающей среды" / Г. К. Ивахнюк, А. Н. Веригин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. инж. защиты окружающей среды. - СПб. : [б. и.], 2010. – 159с. (Электронная библиотека)
4. Шишмарев, В.Ю. Надежность технических систем: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарев. - М. : Академия, 2010. – 304с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Расчет надежности технологических систем для обеспечения их экологической безопасности : Методические указания к лабораторным работам / СПбГТИ(ТУ). Каф. мат. моделирования и оптимизации хим.-технол. процессов, Каф. инж. защиты окружающей среды ; сост. А. Е. Пунин и др. - СПб. : [б. и.], 2007. – 37с.

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Обучающиеся имеют доступ:

1. к локальной сети СПбГТИ(ТУ) (к сайту библиотеки - <http://bibl.lti-gti.ru/>);
2. к сети Интернет с информационно-справочными поисковыми системами и базами данных;
3. к научной электронной библиотеке «eLIBRARY» ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).
4. «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>  
сайт «НПО Техноконт» <http://www.technocont.ru>;  
сайты фирм разработчиков АСУТП: [www.adastra.ru](http://www.adastra.ru); [www.foit.ru](http://www.foit.ru);

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

Все виды занятий по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования; СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

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

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы компании «НПО Техноконт»;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office Open (Microsoft Excel);

P.I.D. – expert станция инженерного сопровождения систем автоматического регулирования, версия 2.05 (демо-версия).

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения занятий по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

– аудитории, в которых проводятся лекционные и практические занятия, оснащены мультимедийной системой с комплектом презентаций и видеофильмов по изучаемому материалу;

– специализированный компьютерный класс с 10 компьютерами, на которых установлено необходимое программное обеспечение, в частности, программа для проведения семинара «SIGNIFICANS Wizard»;

– плакаты и иллюстративные стенды.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>2</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>3</sup></b>
<b>ОПК-1</b>	способность учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Промежуточный
<b>ПК-3</b>	способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники	Промежуточный
<b>ПК-4</b>	способность использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности	Промежуточный
<b>ПК-17</b>	способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны и зоны приемлемого риска	Промежуточный
<b>ПК-21</b>	способность решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива	Промежуточный
<b>ПК-23</b>	способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Промежуточный

**ПЕРЕЧЕНЬ**

**вопросов, выносимых на экзамен по учебной дисциплине  
«Надежность технических систем и техногенный риск»**

1. Дайте определение надежности. Что это такое?
2. Приведите критерии надежности, на какие две группы они подразделяются?
3. Какие виды отказов имеют место на практике.
4. В чем отличие сохранности от срока службы?
5. Что понимается под резервированием?
6. Чем избыточность отличается от резервирования?
7. Что такое функция распределения случайной величины и функция плотности распределения случайной величины как они связаны между собой?
8. Чем такое среднее значение случайной величины моды и медиана? Что такое квантиль и для чего она нужна?
9. Что такое среднее квадратичное отклонение (дисперсия и коэффициент вариации)?

<sup>2</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

10. Что такое вероятность без отказной работы, вероятность отказа и интенсивность отказов и как эти величины связаны между собой?
11. Какие распределения случайных величин используются в теории надежности?
12. Чем отличается период нормальной эксплуатации и период постепенных отказов?
13. Что понимается под последовательной системой, и как определяется ее надежность?
14. Перечислите известные Вам способы резервирования.
15. Как рассчитывается надежность систем с резервированием?
16. Перечислите пути повышения надежности сложных систем.
17. Приведите основную формулу для расчета надежности элемента конструкции.
18. Расчет надежности по критерию прочности.
19. Расчет надежности по критерию теплостойкости.
20. Расчет надежности по критерию износа.
21. В чем состоят причины образования трещин в деталях и что такое трещиностойкость?
22. Что понимается под неустойчивостью и почему это важно знать при оценке надежности технологического оборудования.
23. Что такое теория катастроф?
24. Опишите машину катастроф Зимана.
25. Как связана каноническая катастрофа сборки и машина Зимана.
26. Каноническая катастрофа сборки и потеря устойчивости стержня.
27. В чем отличие симметричного и не симметричного прощелкивания арок?
28. Чем потеря устойчивости стержня отличается от потери устойчивости рамы или арки?
  
29. В чем отличие линейных и нелинейных колебаний?
30. Приведите пример линейных колебаний.
31. Приведите пример нелинейных колебаний.
32. Что такое предельный цикл?
33. Опишите неустойчивости линейного осциллятора.
34. Что такое бифуркация?
35. Приведите пример статической и динамической бифуркации.
36. Что такое хаотическая динамика?
37. В чем значение хаотической динамики при обеспечении надежности технологического оборудования?
38. В чем состоят причины возникновения хаотических колебаний?
39. Укажите причины перехода от периодических колебаний к хаотическим колебаниям.
40. Приведите пример системы с хаотическими колебаниями.

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	<p>Знает - основы организации, структуру и нормативно-правовую базу системы управления безопасностью в техносфере;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- действующую систему нормативно-правовых актов в области техносферной безопасности;</li> <li>- основные техносферные опасности, их свойства и характеристики;</li> <li>- характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</li> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul>	Правильные ответы на вопросы №1-6	ОПК-1
Освоение раздела № 2	<p>Знает - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul>	Правильные ответы на вопросы №7-12	ПК-3
Освоение раздела № 3	<p>Знает - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> </ul>	Правильные ответы на вопросы №13-18	ПК-4

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul>		
Освоение раздела № 4	<p>Знает - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul> <p>Уметь - применять методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться законодательной и нормативной документацией по вопросам управления техносферной безопасностью;</li> <li>- производить оценку и анализ рисков технологических процессов и производств, а также других видов деятельности.</li> </ul>	Правильные ответы на вопросы № 19-24	ПК-17
Освоение раздела № 5	<p>Знает - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul> <p>Уметь - применять методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться законодательной и нормативной документацией по вопросам управления техносферной безопасностью;</li> <li>- производить оценку и анализ рисков</li> </ul>	Правильные ответы на вопросы №25-30	ПК-21

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	технологических процессов и производств, а также других видов деятельности.		
Освоение раздела № 6	<p>Знает - характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду и методы защиты от них;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- научные и организационные основы безопасности производственных процессов и устойчивости производств в условиях ЧС;</li> <li>- конструкции и принципы действия основного природоохранного оборудования, современные природоохранные технологии.</li> </ul> <p>Умеет - применять методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться законодательной и нормативной документацией по вопросам управления техносферной безопасностью;</li> <li>- производить оценку и анализ рисков технологических процессов и производств, а также других видов деятельности.</li> </ul> <p>Владеет - законодательными и правовыми актами в области техногенной безопасности и охраны окружающей среды; - методами оценки состояния и обеспечения безопасности.</p>	Правильные ответы на вопросы №31-40	ПК-23

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации. ОПК-1

1. Дайте определение надежности. Что это такое?
2. Приведите критерии надежности, на какие две группы они подразделяются?
3. Какие виды отказов имеют место на практике.
4. В чем отличие сохранности от срока службы?
5. Что понимается под резервированием?
6. Чем избыточность отличается от резервирования?

### ПК-3

7. Что такое функция распределения случайной величины и функция плотности распределения случайной величины как они связаны между собой?
8. Чем такое среднее значение случайной величины моды и медиана? Что такое квантиль и для чего она нужна?
9. Что такое среднее квадратичное отклонение (дисперсия и коэффициент вариации)?
10. Что такое вероятность без отказной работы, вероятность отказа и интенсивность отказов и как эти величины связаны между собой?
11. Какие распределения случайных величин используются в теории надежности?
12. Чем отличается период нормальной эксплуатации и период постепенных отказов?
13. Что понимается под последовательной системой, и как определяется ее надежность?

### ПК-4

14. Перечислите известные Вам способы резервирования.
15. Как рассчитывается надежность систем с резервированием?
16. Перечислите пути повышения надежности сложных систем.
17. Приведите основную формулу для расчета надежности элемента конструкции.
18. Расчет надежности по критерию прочности.
19. Расчет надежности по критерию теплостойкости.

### ПК-17

20. Расчет надежности по критерию износа.
21. В чем состоят причины образования трещин в деталях и что такое трещеностойкость?
22. Что понимается под неустойчивостью и почему это важно знать при оценке надежности технологического оборудования.
23. Что такое теория катастроф?
24. Опишите машину катастроф Зимана.
25. Как связана каноническая катастрофа сборки и машина Зимана.

### ПК-21

26. Каноническая катастрофа сборки и потеря устойчивости стержня.
27. В чем отличие симметричного и не симметричного прощелкивания арок?
28. Чем потеря устойчивости стержня отличается от потери устойчивости рамы или арки?
29. В чем отличие линейных и нелинейных колебаний?
30. Приведите пример линейных колебаний.

### ПК-23

31. Приведите пример нелинейных колебаний.
32. Что такое предельный цикл?
33. Опишите неустойчивости линейного осциллятора.
34. Что такое бифуркация?
35. Приведите пример статической и динамической бифуркации.
36. Что такое хаотическая динамика?
37. В чем значение хаотической динамики при обеспечении надежности технологического оборудования?
38. В чем состоят причины возникновения хаотических колебаний?

39. Укажите причины перехода от периодических колебаний к хаотическим колебаниям.
40. Приведите пример системы с хаотическими колебаниями.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

**5. Примеры контрольных работ**

**Контрольная работа №1**

Соединение зубчатого колеса со сплошным валом соответствует посадке H8/x8. Соединение нагружено вращающим моментом, заданным случайной нормально распределенной величиной со средним значением и коэффициентом вариации. Определить вероятность безотказной работы соединения по критерию прочности сцепления

Таблица 1.1. □ Варианты заданий для контрольной работы №1 (вариант выбирается по последней цифре номера зачетной книжки)

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
vT	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.11	0.11
D, мм	48	52	60	64	68	74	78	84	88	92
l, мм	30	30	35	35	40	40	40	50	50	50
Rz1, мкм	4	4	4	4	6	6	6	6	8	8
Rz2, мкм	6	6	6	6	8	8	8	8	10	10
F	0.14	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1
Vf	0.11	0.11	0.1	0.1	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1
K	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.4	1.2

Среднее значение нормально распределенной величины T, Нм для всех вариантов T=2000. Модуль упругости материала (сталь) деталей E, МПа E=2.1 10<sup>5</sup>.

**Пример решения контрольной работы №1**

1) Соединение зубчатого колеса со сплошным валом соответствует посадке H8/x8. Соединение нагружено вращающим моментом, заданным случайной нормально распределенной величиной со средним значением и коэффициентом

вариации. Определить вероятность безотказной работы соединения по критерию прочности сцепления

Таблица 1.2 - Исходные данные

№ п/п	Наименование	Значение
1	Диаметр вала $d$ , мм	$d := 48$
2	Среднее значение нормально распределенной величины $T$ , Нм	$T := 1050$
3	Коэффициент вариации	$vT := 0.12$
4	Диаметр ступицы зубчатого колеса $D$ , мм	$D := 85$
5	Длина посадочной поверхности $l$ , мм	$l := 60$
6	Высота микронеровностей посадочных поверхностей $Rz1, Rz2$ мкм	$Rz1 := 4$ $Rz2 := 6$
7	Модуль упругости материала (сталь) деталей $E$ , МПа	$E := 2.1 \cdot 10^5$
8	Среднее значение коэффициента трения	$f := 0.12$
9	Коэффициент вариации коэффициента трения	$vf := 0.1$
10	Коэффициент, учитывающий уменьшение со временем давления	$K := 1.5$

Решение:

Среднее значение  $N$ , мкм и коэффициент вариации  $vN$  натяга определяем в зависимости от допусков диаметров вала и отверстия  $t$ , мкм  $t := 39$ , а также нижнего отклонения диаметра вала  $e_i$ , мкм  $e_i := 97$  (значения выбраны по таблицам допусков).

$$N := e_i + \frac{2 \cdot t}{6 \cdot e_i} \cdot vN = 0.095$$

Поправка на обмятие микронеровностей  $u$ , мкм

$$u := 1.2 \cdot (Rz1 + Rz2) = 12$$

Коэффициент

$$\psi := \frac{1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} = 1.936$$

Среднее значение давления на посадочной поверхности  $p$ , МПа

$$p := \frac{(N - u) \cdot E \cdot 10^{-3}}{d \cdot (1 + \psi)} = 126.643$$

Коэффициент вариации давления  $p$

$$v_p := v_N \cdot \frac{1}{1 - \frac{u}{N}} = 0.108$$

Среднее значение и коэффициент вариации предельного по прочности сцепления момента  $T_{lim}$ , Н\*м

$$T_{lim} := 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot p \cdot f = 2.2 \times$$

$$10^3$$

К

$$v_{lim} := \sqrt{v_p^2 + v_f^2} \quad v_{lim} = 0.147$$

Коэффициент запаса прочности сцепления по средним значениям

$$n_c := \frac{T_{lim}}{T} \quad n_c = 2.095$$

Квантиль нормированного нормального распределения

$$u_p := - \frac{n_c - 1}{\sqrt{n_c \cdot v_{lim}^2 + v_T^2}} \quad u_p = -3.308$$

Вероятность безотказной работы  $P_c$  по критерию прочности сцепления, определенная по табл. 1 (см. Приложение) в зависимости от  $u_p$ , равна  $P_c = 0.9995$

2) Определить вероятность безотказной работы соединения с натягом по критерию прочности охватывающей детали (ступицы колеса). Характеристики соединения приведены в предыдущем примере.

Среднее значение предела текучести материала охватывающей детали  $t$ , МПа  $\sigma_t := 580$

$$\text{Коэффициент вариации} \quad v_t := 0.06$$

Среднее значение и коэффициент вариации эквивалентного напряжения  $\sigma_{equ}$  у посадочной поверхности ступицы колеса  $\sigma_{equ}$ , МПа

$$\sigma_{equ} := \frac{2 \cdot p}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} \quad \sigma_{equ} = 371.875$$

$$v_{equ} := v_p \quad v_{equ} = 0.108$$

Коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$n := \frac{\sigma_t}{\sigma_{equ}} \quad n = 1.56$$

Квантиль нормированного нормального распределения

$$u := - \frac{n - 1}{\sqrt{n^2 \cdot v_t^2 + v_{equ}^2}} \quad u = -3.913$$

Вероятность безотказной работы  $P$  по критерию прочности охватывающей детали соединения (табл. 1 (см. Приложение 4))  $P > 0.9999$ .

## Контрольная работа №2

Две стальные детали стянуты болтом M12-6g-R (PP □□ 1.75 dp □□ 10.35 ) класса прочности 6.6. Соединение нагружено растягивающей силой, изменяющейся от 0 до F. Оценить вероятность безотказной работы по основным критериям: нераскрытия стыка, статической прочности и сопротивления усталости бол-та.

Таблица 1.3 □ Варианты заданий для контрольной работы №2 (вариант выбирается по последней цифре номера зачетной книжки)

Пара метры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$vF$	0.1	0.1	0.11	0.11	0.11	0.12	0.1	0.12	0.1	0.1
$\chi$	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
$v\sigma t$	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.1	0.1
$\beta c$	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.1	1.2	1.3
$k\sigma$	3.0	2.5	2.8	2.9	3.1	3.1	3.2	3.3	3.0	2.6
$\varepsilon\sigma$	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.2	1.2
$\beta$	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1
$\beta_{up}$	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.0
$\psi$	0.1	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.2	0.15	0.1	0.1

  

$v_{zat}$	0.09	0.1	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.06	0.07	0.1
$v_d$	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08
$v_{pl}$	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	0.11	0.11

Для всех вариантов. Среднее значение силы F, Н  $F=9000$  Н. Среднее значение предела текучести болта, МПа  $\sigma_t \square\square 360$  . Усилие затяжки, МПа  $\sigma_{zat} \square 180$  . Среднее значение предела выносливости гладкого образца, МПа  $\sigma_1 \square\square 220$  . Эффективный коэффициент концентрации напряжений  $v\square\square\square\square 0.02$  .

### Пример решения контрольной работы №2

Две стальные детали стянуты болтом M12-6g-R (PP □□ 1.75 dp □□ 10.35 ) класса прочности 6.6. Соединение нагружено растягивающей силой, изменяющейся от 0 до F. Оценить вероятность безотказной работы по основным критериям: нераскрытия стыка, статической прочности и сопротивления усталости бол-та.

Контроль затяжки осуществляется динамометрическим ключом.

Таблица 1.4 - Исходные данные

№ п/п	Наименование	Значение
1	Среднее значение силы F, Н	$F := 9 \cdot 10^3$
2	Коэффициент вариации силы	$vF := 0.1$
3	Коэффициент основной нагрузки	$\chi := 0.2$
4	Среднее значение предела текучести болта, МПа	$\sigma_t := 360$
5	Среднее значение предела выносливости гладкого образца, МПа	$\sigma_1 := 220$
6	Коэффициент вариации предела текучести материала болта	$v\sigma_t := 0.06$
7	Усилие затяжки, МПа	$\sigma_{zat} := 0.5 \cdot \sigma_t$ $\sigma_{zat} = 180$
8	Коэффициент, учитывающий возможное ослабление затяж-	$\beta c := 1.1$

	ки вследствие обмятия стыков	
9	Коэффициент концентрации напряжений	$k\sigma := 3.0$
10	Коэффициент влияния абсолютных размеров	$\varepsilon\sigma := 1.0$
11	Коэффициент для соединения стандартными болтами и гайками	$\beta := 1.0$
12	Коэффициент технологического упрочнения	$\beta_{up} := 1.0$
13	Коэффициент чувствительности материала к ассиметрии цикла нагружения	$\psi := 0.1$
14	Коэффициент вариации силы затяжки Fzat	$vzat := 0.09$
15	Коэффициент вариации предела выносливости детали одной плавки	$vd := 0.07$
16	Коэффициент среднего предела выносливости по плавкам	$vpl := 0.1$
17	Эффективный коэффициент концентрации напряжений	$v\alpha := 0.02$

Решение:

Вычисляем среднее значение силы затяжки Fzat, Н

$$Fzat := \frac{0.5 \cdot \sigma_t \cdot \pi \cdot dp^2}{4} \quad Fzat = 1.514 \times 10^4$$

Коэффициент запаса нераскрытия стыка по средним нагрузкам

$$n1 := \frac{Fzat}{\beta c \cdot F \cdot (1 - \chi)} \quad n1 = 1.912$$

Квантиль

$$up1 := -\frac{n1 - 1}{\sqrt{n1^2 \cdot vvat^2 + vF^2}} \quad up1 = -4.583$$

По табл. 1 (см. Приложение 4) находим вероятность безотказной работы по критерию нераскрытия стыка  $P1 > 0.9999$

$$P1 := 0.999$$

Среднее значение расчетного напряжения  $\sigma_{рас}$ , МПа

$$\sigma_{рас} := \frac{4}{\pi \cdot dp^2} \cdot (1.3 \cdot Fzat + \chi \cdot F) \quad \sigma_{рас} = 255.394$$

Коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$n3 := \frac{\sigma_t}{\sigma_{рас}} \quad n3 = 1.41$$

Квантиль  $up3$ , полагая, что  $v_{рас} = vvat$

$$up3 := -\frac{n3 - 1}{\sqrt{n3^2 \cdot v\sigma_t^2 + vvat^2}} \quad up3 = -3.316$$

Вероятность безотказной работы по критерию статической прочности

$$P3 := 0.999$$

Среднее значение предела выносливости болта, МПа

$$\sigma_{1d} := \sigma_1 \cdot \frac{\varepsilon\sigma}{k\sigma} \cdot \beta \cdot \beta_{up} \quad \sigma_{1d} = 73.333$$

Среднее значение действующего напряжения, МПа

$$\sigma_a := \frac{4}{\pi \cdot dp^2} \cdot \left[ 0.5 \cdot \chi \cdot F + \frac{\psi}{k\sigma} \cdot (Fzat + 0.5 \chi \cdot F) \right] \quad \sigma_a = 17.054$$

Коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$n4 := \frac{\sigma_{ld}}{\sigma_a} \quad n4 = 4.3$$

Коэффициент вариации предела выносливости

$$v_{ld} := \frac{\sqrt{v_d^2 + v_{pl}^2 + v_\alpha^2}}{\sigma_{ld}} \quad v_{ld} = 0.124$$

Квантиль

$$up4 := - \frac{n4 - 1}{\sqrt{n4^2 \cdot v_{ld}^2 + v_F^2}} \quad up4 = -6.073$$

Вероятность безотказной работы по критерию сопротивления усталости  $P4 := 1$

Вероятность безотказной работы соединения

$$P := P1 \cdot P3 \cdot P4 \quad P = 0.999$$