

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 16.11.2023 17:01:49
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
« 12 » января 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
Специальность
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация
**№ 20 Проектирование технологических комплексов производства энергонасыщенных»
материалов**

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**
Кафедра **мехатронных технологических комплексов**

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		Профессор Веригин А. Н.

Рабочая программа дисциплины «Надежность технологических комплексов» обсуждена на заседании кафедры **мехатронных технологических комплексов** протокол от «16» ноября 2021 № 4
Заведующий кафедрой

А. Н. Веригин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета протокол от «23» декабря 2021 № 4
Председатель

А. П. Сула

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Проектирование технологических машин и комплексов»		Н. А. Незамаев
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М. З. Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Динисенко

Оглавление

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3 Объем дисциплины.....	6
4 Содержание дисциплины	6
4.1 Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2 Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа	9
4.4 Самостоятельная работа обучающихся.....	10
5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	90
6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	10
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	10
10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	12
11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложение № 1	14
к рабочей программе дисциплины	

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ОПК-9. Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций: разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения.</p>	<p>ОПК-9.4. Основные понятия теории надежности. Критерии надежности. Характеристики надежности. Современные методы анализа устойчивости</p>	<p>Знать: методы поиска конструкторско-технологических решений, обеспечивающих надежную эксплуатацию оборудования в условиях динамических воздействий на элементы конструкции. Уметь: - анализировать устойчивость технических систем; - ставить и решать задачи создания и совершенствования объектов химической техники; - рассчитывать динамические характеристики и надежность работы отдельных элементов конструкции и аппарата (машины) в целом. Владеть: принципами обеспечения надежной эксплуатации оборудования для производства энергонасыщенных материалов и изделий.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.43) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Сопротивление материалов», «Детали машин и основы конструирования» и «Теория механизмов и машин». Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	6/ 216
Контактная работа с преподавателем:	96
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т. ч.	
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36(2)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	18(2)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	120
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Основные понятия теории надежности	2	-	-		ОПК-9	ОПК-9.4
2.	Математические основы надежности	6	6	4	20	ОПК-9	ОПК-9.4
3.	Надежность систем	8	6	4	20		
4.	Надежность оборудования подверженного динамическим нагрузкам	4	6	2	20	ОПК-9	ОПК-9.4
5.	Классическая теория колебаний. Хаотические колебания	6	6	4	20	ОПК-9	ОПК-9.4
6.	Современные методы анализа устойчивости конструкции	6	6	2	20	ОПК-9	ОПК-9.4
7.	Динамическое гашение колебаний с одной степенью свободы	4	6	2	20	ОПК-9	ОПК-9.4

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Цели и задачи дисциплины. Основные понятия теории надежности. Надежность. Отказ. Критерии надежности. Характеристики надежности.	2	
2.	Общие зависимости. Надежность в период нормальной эксплуатации.	4	
3.	Общие сведения. Надежность последовательной системы. Оценка на ЭВМ надежности последовательной системы.	6	
4.	Основные виды отказов в оборудовании, качественные методы надежности при вибрации.	6	
5.	Классификация колебаний элементов конструкции. Линейные колебания. Нелинейные колебания. Хаотические колебания в технике.	6	
6.	Современные методы анализа устойчивости. Основные понятия. Неустойчивости линейного осциллятора.	6	
7.	Динамическое гашение колебаний с одной степенью свободы. Типовой случай линейной системы. Выбор оптимальных параметров динамического гасителя. Видоизмененная типовая схема. Гаситель подвеска.	6	

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	Определение оптимальных размеров корпуса аппарата из условия минимальных затрат материала на его изготовление	6	-	Групповая дискуссия
3	Расчет на прочность корпуса емкостного аппарата	6	-	Групповая дискуссия
4	Укрепление отверстий в обечайках и днищах.	6	-	Групповая дискуссия
5	Расчет на прочность и устойчивость элементов корпуса аппарата, находящихся под рубашкой	6	(2)	Групповая дискуссия
6	Расчет на герметичность и прочность фланцевого соединения	6	-	
7	Расчет вала аппарата с механическим перемешивающим устройством.	6	-	

4.3.2 Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
	Численное исследование законов распределения случайных величин при оценке надежности машин.	4		
4	Численное исследование динамики технологических комплексов.	4	(2)	
5	Численное исследование надежности систем с резервированием.	2		
5	Численное исследование динамических характеристик машин.	4		
7	Численное исследование динамической устойчивости машин.	4		

4.4 Самостоятельная работа обучающихся студентов

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Общие зависимости. Надежность в период постепенных отказов. Совместное действие внезапных и постоянных отказов.	20	Устный опрос
3	Надежность последовательной системы типа цепи.	20	Устный опрос
4	Расчет надежности оборудования по интенсивностям отказов элементов конструкции.	20	Устный опрос
5	Что такое хаотическая динамика? Причины возникновения хаотических колебаний. Эволюция на фазовой плоскости. Отображение Пуанкаре.	20	Устный опрос
6	Нелинейные статистические и динамические бифуркации. Статические бифуркации и теория катастроф. Катастрофы, что это такое?	20	Устный опрос
7	Видоизмененная типовая схема гасителя. Маятниковые гасители крутильных колебаний. Гаситель крутильных колебаний системы Прингла. Случай инерционного возбуждения колебаний.	20	

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: <https://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 зачета.

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

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами (для проверки знаний).

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

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Особенности надежности восстановленных изделий.
2. Способы анализа колебаний, причины нелинейности.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

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

а) печатные издания:

1. Веригин, А.Н. Химико-технологические агрегаты. Инженерный анализ колебаний : учебное пособие для технических вузов / А. Н. Веригин, Н. М. Вареных, В. Г. Джангириян. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2004. - 214 с. : ил. - Библиогр.: с. 213. - ISBN 5-94922-008-0.

2. Инженерный анализ устойчивости конструкций: Учебное пособие для втузов / А. Н. Веригин, Н. М. Вареных, В. Г. Джангириян, В. Е. Скобочкин; под общ. ред. А. Н. Веригина. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2004. - 134 с.: ил. - (Химико-технологические агрегаты). - Библиогр.: с. 133. - ISBN 5-94922-012-9.

3. Вареных, Н.М. Инженерная безопасность машин и аппаратов производств энергонасыщенных материалов и изделий: Учебное пособие для втузов / Н. М. Вареных, А. Н. Веригин, В. Г. Джангириян. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2006. - 175 с.: ил. - Библиогр.: с. 172. - ISBN 5-94922-023-4.

б) электронные учебные издания:

1. Веригин, А. Н. Надежность оборудования переработки нефти и газа: Учебное пособие. / А. Н. Веригин, Н.А. Незамаев – Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ) 2014 – 112 с (ЭБ).

8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:
<http://media.technolog.edu.ru>

ЭБС «Лань». Принадлежность-сторонняя. Адрес сайта – <http://e.lanbook.com>
Наименование организации – ООО «Издательство «Лань». Договор № 04(40)12 от 29.10.2012г.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс». Принадлежность – сторонняя. Контракт № 04(49)12 от 31.12.2012г. по оказанию информационных услуг с использованием экземпляров Специальных Выпусков Систем Консультант Плюс.

ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». Принадлежность – сторонняя. Адрес сайта – <http://elibrary.ru> Наименование организации – ООО РУНЭБ. Договор № SU-18-02/2013-2 от 18.02.2013г. на оказание услуг по предоставлению доступа к изданиям в электронном виде.

<http://guide.aonb.ru/library.html> Путеводитель по ресурсам Интернет.

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Надежность технологических комплексов» 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 01–2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

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

СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКВД. 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 знания 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;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2 Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad/

10.3 Базы данных и информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

База данных журналов РИНЦ.

11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы

<p>Лекционные кабинеты 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24–26/49, лит. Е.</p>	<p>Специализированная мебель (20 посадочных мест), доска, проектор, экран, учебно-наглядные пособия</p>
<p>Компьютерный класс: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24–26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13</p>	<p>Компьютерный класс: Оборудование компьютерного класса: Доступ по локальной сети к единой информационной системе, сайту библиотеки СПбГТИ(ТУ) с системой электронного поиска, электронными библиотеками, доступ к сайту «Роспатента», "Росстата", "Ростехнадзора", Internet. Программное обеспечение: ОС WINDOWS, OPEN OFFICE, Авторское программное обеспечение для расчета зон действия поражающих факторов, рисков, Matcad, ТОКСИ, FireCat, СОУТ, Охрана труда (1С Предприятие), Производственная безопасность (1С Предприятие) Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно-библиотечная система).</p>
<p>Помещения для практических и лабораторных занятий: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24–26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13</p>	<p>Специализированная мебель (20 посадочных мест), лабораторное оборудование.</p>
<p>Помещения для самостоятельной работы: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24–26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13</p>	<p>Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, проектор, экран, учебно-наглядные пособия</p>

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 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Надежность технологических комплексов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-9	Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций: разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения.	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-9.4. Основные понятия теории надежности. Критерии надежности. Характеристики надежности. Современные методы анализа устойчивости.	Правильно идентифицирует область применения и конструкцию машин и аппаратов производстве энергонасыщенных материалов	Правильные ответы на вопросы № 1 -8 к экзамену.	Перечисляет требования, которые предъявляются к оборудованию	Знает, как выбирать рабочие, расчетные и пробные нагрузки	Правильно проводит расчет по основным критериям
	Правильно проводит расчет конструкций и узлов машин и аппаратов в производстве энергонасыщенных материалов	Правильные ответы на вопросы № 9 -27 к экзамену.	Перечисляет основные элементы конструкции применяемого оборудования	Знает методы расчетов элементов конструкции на прочность.	Умеет рассчитывать элементы оборудования, подверженные механическим колебаниям
	Правильно идентифицирует область применения и конструкцию машин и аппаратов в производстве энергонасыщенных материалов	Правильные ответы на вопросы № 28 - 43, к экзамену, ответы	Перечисляет основные конструкции аппаратов в производстве энергонасыщенных материалов	Знает факторы, которые определяют конструкцию его основных элементов и сборочных единиц	Знает приемы оптимального расчета и проектирования конкретных машин и аппаратов

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-9:

1. Основные понятия надежности.
2. Основы резервирования.
3. Математические основы надежности: случайные величины и их характеристики.
4. Надежность в период нормальной эксплуатации оборудования.
5. Надежность в период постепенных отказов оборудования.
6. Надежность при совместном действии внезапных и постепенных отказов.
7. Особенности надежности восстановленных изделий.
8. Надежность последовательных и параллельных систем.
9. Расчет вероятности безотказной работы элемента конструкции по заданному критерию.
10. Причины выхода элементов конструкции из строя.
11. Отказы в результате накопления повреждений в материале.
12. Отказы при достижении пластических деформаций.
13. Отказы при развитии внутренних дефектов (трещин).
14. Расчет надежности по критерию прочности.
15. Оценка надежности при механическом изнашивании.
16. Оценка надежности по критерию теплостойкости.
17. Колебания упругих элементов конструкций виды колебаний.
18. Фазовый портрет, геометрия динамики колебаний, отображения и потоки.
19. Устойчивость линейного осциллятора.
20. Нелинейные статическая и динамическая бифуркации.
24. Потеря устойчивости стержня: определение критической нагрузки.
25. Модель стержня с одним шарниром.
26. Модель стержня с двумя шарнирами.
27. Потеря устойчивости арок: случай симметричного нагружения.
29. Хаотические колебания: как обнаружить хаотические колебания?
30. Примеры хаотических колебаний: модель Лоренца.
31. Методы гашения колебаний.
32. Динамический гаситель линейных динамических колебаний
33. Гаситель подвеска динамических колебаний.
34. Гашение крутильных колебаний.
35. Конструкции динамических гасителей колебаний.
36. Надежность системы с резервированием.
37. Надежность комбинированной системы.
38. Надежность последовательных систем при нормальном законе распределения нагрузки.
39. Полный гармонический анализ колебаний стержня.
40. Типы движения в детерминированных не линейных системах.
41. Способы анализа колебаний, причины нелинейности.
42. Сечение Пуанкаре, как частный случай фазового портрета.
43. Понятие фрактальной размерности.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета.