

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.07.2021 16:11:28  
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

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ**

**специальность**

**18.05.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ  
(начало подготовки 2017 год)**

**специализация № 5**

**«Автоматизированное производство химических предприятий»**

Квалификация  
Инженер

Форма обучения  
Очная

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Санкт-Петербург

2016

Б1.В.ДВ.06.01

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор А.Н. Веригин

Рабочая программа дисциплины «Надежность оборудования» обсуждена на заседании кафедры машин и аппаратов химических производств  
протокол от «    »            2016 №

А.Н. Веригин

Заведующий кафедрой

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «    »            2016 №

Председатель доцент к.х.н.

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки по специальности: Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий		профессор В.В. Самонин
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 .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины .....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа .....	6
4.3. Занятия семинарского типа .....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	7
4.4. Самостоятельная работа обучающихся .....	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	8
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	9
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	9
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	9
10.1. Информационные технологии .....	9
10.2. Программное обеспечение .....	9
10.3. Информационные справочные системы .....	9
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	9
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10
Приложения:	
1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	11

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

В результате освоения образовательной программы специалиста обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине: «Надежность оборудования».

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПСК-5.1</b>	способностью управлять автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий	<p><b>Знать:</b> -методы поиска конструкторско-технологических решений, обеспечивающих надежную эксплуатацию оборудования в условиях динамических воздействий на элементы конструкции.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать устойчивость технических систем; ставить и решать задачи создания и совершенствования объектов химической техники с учетом динамических особенностей их работы; - рассчитывать динамические характеристики и надежность работы отдельных элементов конструкции и аппарата (машины) в целом.</p> <p><b>Владеть:</b> принципами обеспечения надежной эксплуатации оборудования для производства энергонасыщенных материалов и изделий.</p>
<b>ПК-2</b>	способностью проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры и текущий ремонт, готовностью к освоению и эксплуатации нового оборудования	<p><b>Знать:</b> правила эксплуатации оборудования для осуществления процессов переработки энергонасыщенных материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт</p> <p><b>Владеть:</b> принципами обеспечения надежной эксплуатации оборудования для производства энергонасыщенных материалов и изделий.</p>

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

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ. 06.01) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Детали машин», «Сопротивление материалов», «Химическая технология энергонасыщенных материалов», «Процессы и аппараты химической технологии».

Полученные при изучении дисциплины «Надежность оборудования» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе специалиста и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	4/144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>76</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	
семинары, практические занятия	
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	4
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>68</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет

<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	2				ПСК-5.1 ПК-2
2	Математические основы надежности	4		12	12	ПСК-5.1
3	Надежность систем	8		12	12	ПСК-5.1
4	Надежность оборудования подверженного динамическим нагрузкам	6		4	12	ПСК-5.1
5	Классическая теория колебаний. Хаотические колебания	6		4	12	ПСК-5.1
6	Современные методы анализа устойчивости конструкции	6		4	12	ПСК-5.1
7	Динамическое гашение колебаний с одной степенью свободы	4			8	ПСК-5.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	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. Сохранность. Ремонтпригодность. Срок службы. Избыточность. Элемент расчета надежности. Резервирование. Сложные системы.	2	
2	Общие зависимости. Надежность в период нормальной эксплуатации.	4	
3	Общие сведения. Надежность последовательной системы. Оценка на ЭВМ надежности последовательной системы.	8	
4	Общие зависимости. Основные виды отказов в оборудовании, качественные методы виброненадежности.	6	
5	Классификация колебаний элементов конструкции. Линейные колебания. Нелинейные колебания. Хаотические колебания в технике.	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
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.	4	

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Лабораторные работы.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Численное исследование законов распределения случайных величин при оценке надежности машин производств энергонасыщенных материалов и изделий.	12	Групповая дискуссия
3	Численное исследование надежности последовательной системы при нормальном распределении внешней нагрузки.	12	Групповая дискуссия
4	Численное исследование надежности систем с резервированием.	4	Групповая дискуссия
5	Численное исследование динамических характеристик машин.	4	
6	Численное исследование динамической устойчивости машин.	4	

### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Общие зависимости. Надежность в период постепенных отказов. Совместное действие внешних и постоянных отказов.	12	Устный опрос
3	Надежность последовательной системы типа цепи.	12	Устный опрос
4	Расчет надежности оборудования по интенсивностям отказов элементов конструкции.	12	Устный опрос
5	Что такое хаотическая динамика? Причины возникновения хаотических колебаний. Эволюция на фазовой плоскости. Отображение Пуанкаре.	12	Устный опрос
6	Нелинейные статистические и динамические бифуркации. Статические бифуркации и теория катастроф. Катастрофы, что это такое?	12	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
7	Видоизмененная типовая схема гасителя . Маятниковые гасители крутильных колебаний. Гаситель крутильных колебаний системы Прингла. Случай инерционного возбуждения колебаний.	8	Устный опрос

### **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 Медия: <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 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:

<p><b>Вариант № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности надежности восстановленных изделий.</li> <li>2. Способы анализа колебаний, причины нелинейности.</li> </ol>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

#### **а) основная литература:**

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

#### **б) дополнительная литература:**

2. Веригин, А.Н. Химико-технологические агрегаты. Инженерный анализ колебаний: Учебное пособие. /А.Н. Веригин, А.И. Вареных, В.Г. Джангириян –СПб.: «Менделеев», 2004. – 214 с.

3. Инженерный анализ устойчивости конструкций: Учебное пособие. /А.Н. Веригин А.И. Вареных, В.Г. Джангириян – СПб.: «Менделеев», 2004 – 134 с.



4. Лисицын, Н.В. Основы инженерной безопасности химических производств. Учебное пособие. /Н.В. Лисицын, И.В. Чалей, А.Н. Веригин – СПб.: «Менделеев», 2005 – 170 с.

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

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>  
электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

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

Все виды занятий по дисциплине «Надежность оборудования» 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;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

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

Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad/

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

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники.

Для проведения лабораторных занятий используется класс, оборудованный компьютерами.

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

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

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

**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>ПСК-5.1</b>	способностью управлять автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий	промежуточный
<b>ПК-2</b>	способностью проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры и текущий ремонт, готовностью к освоению и эксплуатации нового оборудования	промежуточный

**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	Знает освоение цели и задачи дисциплины.	Правильные ответы на вопросы № 1-5, к зачету	ПСК-5.1 ПК-2
Освоение раздела № 2	Умеет рассчитать надежность в период нормальной эксплуатации.	Правильные ответы на вопросы № 6-9 к зачету	ПСК-5.1
Освоение раздела № 3	Знает оценку на ЭВМ надежности последовательной системы.	Правильные ответы на вопросы № 9,10 37-39 к зачету	ПСК-5.1
Освоение раздела № 4	Знает основные виды отказов в оборудовании, качественные методы виброненадежности.	Правильные ответы на вопросы № 11-17, 40-42 к зачету	ПСК-5.1
Освоение раздела № 5	Умеет оценивать классификацию колебаний элементов конструкции.	Правильные ответы на вопросы № 18-21, к зачету	ПСК-5.1

<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.)

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	Знает линейные колебания. Нелинейные колебания. Хаотические колебания в технике.		
Освоение раздела № 6	Владеет современными методами анализа устойчивости. Основные понятия. Неустойчивости линейного осциллятора.	Правильные ответы на вопросы № 22-29, 43 к зачету	ПСК-5.1
Освоение раздела № 7	Владеет выбором оптимальных параметров динамического гасителя. Видоизмененная типовая схема. Гаситель подвеска.	Правильные ответы на вопросы № 30-36, к зачету	ПСК-5.1

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, то шкала оценивания – «зачет», «не зачет».

## **2. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2**

1. Основные понятия надежности.
2. Основы резервирования.
3. Надежность в период постепенных отказов оборудования.
4. Надежность при совместном действии внезапных и постепенных отказов.
5. Надежность в период нормальной эксплуатации оборудования.

### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПСК-5.1**

6. Математические основы надежности: случайные величины и их характеристики.
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.
21. Понятия теории катастроф, «машина» Зимана симметричные перемещения.
22. «Машины» Зимана не симметричные перемещения, катастрофа складки.
23. Динамика «машины» Зимана, структурная устойчивость.

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.
28. Влияние не симметричности нагружения на потерю устойчивости, оптимизация конструкций.
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.

**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

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.