

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 19:24:34  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Приложение  
к рабочей программе модуля  
Оборудование нефтегазопереработки

## **Рабочая программа дисциплины**

# **НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА**

Направление подготовки

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата

**Проектирование, эксплуатация и диагностика  
технологических машин и оборудования**

Профессиональный модуль

**Оборудование нефтегазопереработки**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Надежность оборудования переработки нефти и газа»  
обсуждена на заседании кафедры машин и аппаратов химических производств  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ №\_\_  
Заведующий кафедрой А.Н Веригин

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ №\_\_  
Председатель А.Н. Луцко

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки Технологические машины и оборудование		доцент А.Н. Луцко
Директор библиотеки		Г.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Г.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.....	6
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	6
4.4. Самостоятельная работа.....	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. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	9
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
9.1. Информационные технологии .....	9
9.2. Программное обеспечение .....	9
9.3. Информационные справочные системы .....	9
10. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	9
11. 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 бакалавра обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-13	умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методы поиска конструкторско-технологических решений, обеспечивающих надежную эксплуатацию оборудования в условиях динамических воздействий на элементы конструкции.</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- принципами обеспечения надежной эксплуатации оборудования для переработки нефти и газа.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- анализировать устойчивость технических систем;</li><li>- ставить и решать задачи создания и совершенствования объектов техники с учетом динамических особенностей их работы;</li><li>- рассчитывать динамические характеристики и надежность работы отдельных элементов конструкции и аппарата (машины) в целом.</li></ul>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.03.03 «Надежность оборудования переработки нефти и газа» относится к вариативной части учебного плана, профессиональному модулю Б1.В.ДВ.02.03 (модуль 03 "Оборудование нефтегазопереработки") и изучается на 4 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Техническая механика», «Детали машин и основы конструирования», «Технология конструкционных материалов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Надежность оборудования переработки нефти и газа» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении следующих дисциплин: «Конструирование и расчет элементов оборудования для нефтегазопереработки» и «Машины и аппараты процессов переработки нефти и газа».

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/108</b>
Контактная работа с преподавателем:	<b>12</b>
занятия лекционного типа	4
занятия семинарского типа, в т.ч.	
семинары, практические занятия	8
лабораторные работы	
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	<b>92</b>
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	2 кр
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет (4)

#### 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				ПК-13
2	Математические основы надежности	0	4		12	ПК-13
3	Надежность систем	2	4		10	ПК-13
4	Надежность оборудования подверженного динамическим нагрузкам	0	0		20	ПК-13,
3	Классическая теория колебаний. Хаотические колебания.	0	0		20	ПК-13
6	Современные методы анализа устойчивости	0	0		10	ПК-13
7	Динамическое гашение колебаний с одной степенью свободы	0	0		20	ПК-13

##### 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. Ремонтопригодность. Срок службы. Избыточность. Элемент расчета надежности. Резервирование. Сложные системы.	2	
3	Надежность систем. Общие сведения. Надежность последовательной системы. Оценка на ЭВМ надежности последовательной системы. Оценка надежности системы типа цепи.	2	

##### 4.3. Занятия семинарского типа.

###### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Математические основы надежности. Расчет законов распределения случайных величин при оценке надежности машин и аппаратов.	4	
3	Надежность систем. Расчет надежности последовательной системы при нормальном распределении внешней нагрузки.	2	Дискуссия
3	Надежность систем. Расчет надежности систем с резервированием.	2	Дискуссия

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Математические основы надежности. Общие зависимости. Надежность в период нормальной эксплуатации. Надежность в период постепенных отказов. Совместное действие внезапных и постоянных отказов	12	Устный опрос №1
3	Надежность систем. Общие сведения. Надежность последовательной системы. Оценка на ЭВМ надежности последовательной системы. Оценка надежности системы типа цепи.	10	Устный опрос №1
4	Надежность оборудования полупроводниковой динамической памяти. Общие зависимости. Основные виды отказов в оборудовании, качественные методы вибронадежности. Расчет надежности оборудования по интенсивностям отказов элементов конструкции.	20	Устный опрос №1
5	Классическая теория колебаний. Классификация колебаний элементов конструкции. Линейные колебания. Нелинейные колебания. Хаотические колебания в химической технике. Что такое хаотическая динамика? Зачем хаотическая динамика инженерам? Причины возникновения хаотических колебаний. Эволюция на фазовой плоскости. Отображение Пуанкаре.	20	Устный опрос №1
6	Современные методы анализа устойчивости Основные понятия. Неустойчивости линейного осциллятора. Нелинейные статистические и динамические бифуркации. Статические бифуркации и теория катастроф. Катастрофы, что это такое?	10	Устный опрос №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
7	Динамическое гашение колебаний с одной степенью свободы.	20	Устный опрос №1
	Типовой случай линейной системы. Выбор оптимальных параметров динамического гасителя. Видоизмененная типовая схема. Гаситель подвеска. Маятниковые гасители крутильных колебаний. Гаситель крутильных колебаний системы Прингла. Случай инерционного возбуждения колебаний.		

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

Веригин А.Н. Расчет надежности элементов машин. Методическое пособие. Рукопись в электронном виде

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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачёт») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Две контрольные работы, выполняемые студентами, с помощью Методического пособия Расчет надежности элементов машин, позволяют глубже понять предмет, приобрести навыки проектирования и расчета машин, а также проявить свои творческие способности.

Приём контрольных работ в форме обучающего зачета является интерактивным методом систематизации изученного материала, способствует устранению возможных пробелов и углублению понимания дисциплины по окончании ее изучения. На зачете каждый обучающийся получает возможность проявить и показать себя по самостоятельному применению определенных знаний, умений и навыков.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

#### **а) основная литература:**

Веригин, А.Н. Надежность оборудования переработки нефти и газа: учебное пособие /А.Н. Веригин, Н.А. Незамаев; СПбГТИ(ТУ) - СПб, 2014. - 113с.

(ЭБ)

#### **б) дополнительная литература**

Веригин, А.Н. Механика дисперсных систем: учебное пособие/ А.Н.Веригин, Н.А.Незамаев; СПбГТИ(ТУ)- СПб, 2015.- 95с.(ЭБ)

#### **в) вспомогательная литература:**

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

Веригин А.Н. Инженерный анализ устойчивости конструкций: Учебное пособие. /А.Н. Веригин А.И. Вареных, В.Г. Джангирян - СПб.: «Менделеев», 2004 - 134 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.rii/>:

«Лань» <http://e.lanbook.com/books/>.

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

Все виды занятий по дисциплине «Надежность оборудования переработки нефти и газа» 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 лабораторными стендами.

**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 СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г. СПбГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Надежность оборудования переработки нефти и газа»**

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

Компетенции		
Индекс	Формулировка <sup>2</sup>	Этап формирования <sup>3</sup>
ПК-13	умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и 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	Умеет определять оптимальных размеры корпуса аппарата из условия минимальных затрат материала на его изготовление	Правильные ответы на вопросы №1-3 к зачету	ПК-13
Освоение раздела №2	Умеет выбирать основные конструкторские материалы, расчетные и пробные нагрузки, допускаемые напряжения Знает расчет цилиндрической обечайки. Расчет укрепления отверстий.	Правильные ответы на вопросы № 4-14 к зачету	ПК-13
Освоение раздела № 3	Знает факторы, определяющие конструкцию и основных элементов разъемных соединений.	Правильные ответы на вопросы №15 к зачету	ПК-13
Освоение раздела №4	Умеет рассчитывать элементы оборудования, подверженные механическим колебаниям. Механические колебания элементов	Правильные ответы на вопросы № 16-18 к зачету	ПК-13

<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 и. 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
	оборудования. Критические частоты вращения валов.		
Освоение раздела № 5	Знает область применения уплотнений в зависимости от условий эксплуатации (избыточное давление, температура и свойства обрабатываемой среды).	Правильные ответы на вопросы №20-22 к зачету	ПК-13
Освоение раздела № 6	Знает особенности устройств толстостенных аппаратов, область их применения и расчет.	Правильные ответы на вопросы №23-25 к зачету	ПК-13
Освоение раздела № 7	Знает конструкции опор вертикальных аппаратов - опорные обечайки, опорные лапы и стойки. Конструкции опор горизонтальных аппаратов.	Правильные ответы на вопросы № 26-45 к зачету	ПК-13

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, то шкала оценивания - «зачтено», «не зачтено».

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

#### **3.1. Контрольные работы.**

Контрольные работы для студентов заочной формы обучения имеют следующую тематику:

контрольная работа №1 - Построить зависимость вероятности безотказной работы машины от надежности отдельных элементов для различных (возможных) схем резервирования

контрольная работа №2 - Исследовать зависимости  $P\{t\}$ ,  $f(t)$  и  $A(t)$  от  $t$  для различных распределений и при различных значениях их параметров (не менее трех параметров)

#### **3.2. Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-13:**

1. Что такое надежность.
2. Основные понятия надежности.
3. Математические основы надежности: случайные величины и их
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
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 симметричнонагружения.
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. Статистическая теория расчета средних значений допускаемых напряжений.
40. Полный гармонический анализ колебаний стержня.
41. Типы движения в детерминированных не линейных системах.
42. Способы анализа колебаний, причины нелинейности.
43. Сечение Пуанкаре, как частный случай фазового портрета.
44. Понятие фрактальной размерности.
45. Задачи движения с соударением и с двумя потенциальными ямами.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает три 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 СПП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.