

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 05.10.2023 17:23:03  
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  
«30» марта 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки  
**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата  
**Все направленности**

Квалификация  
**Бакалавр**  
Форма обучения  
**Очная**

Факультет **механический**  
Кафедра **механики**

Санкт-Петербург  
2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Старший преподаватель		О.В. Сташевская

Рабочая программа дисциплины «Сопротивление материалов» обсуждена на заседании кафедры механики  
протокол от «11» февраля 2022 № 2  
Заведующий кафедрой

Н.А. Марцулевич

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета

протокол от «29» марта 2022 № 8

Председатель

А.Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		А.Н.Луцко
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		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 .....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	07
4.2. Занятия лекционного типа .....	08
4.3. Занятия семинарского типа .....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.4. Самостоятельная работа .....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	12
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	13
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	15
10.2. Программное обеспечение .....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	15
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p><b>ОПК-1</b> Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p>	<p><b>ОПК-1.8</b> Способен определять внутренние усилия и напряжения, возникающие в узлах технологических машин и оборудования</p>	<p><b>Знать:</b> методы определения внутренних усилий возникающих в типовых элементах химического оборудования для различных видов нагружения (ЗН-1);</p> <p><b>Уметь:</b> составлять расчетные схемы узлов и механизмов (У-1);</p> <p><b>Владеть:</b> навыками построения расчетных схем узлов и механизмов и методами проведения для них проверочных и проектных расчетов (Н-1).</p>
<p><b>ОПК-12</b> Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации</p>	<p><b>ОПК-12.5</b> Способен провести оценку прочности, жёсткости и устойчивости узлов технологических машин и оборудования, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения</p>	<p><b>Знать:</b> условия прочности, жесткости и устойчивости для расчета типовых элементов химического оборудования при простых видах деформирования (ЗН-2);</p> <p><b>Уметь:</b> определять виды напряженного состояния возникающего в элементах узлов и механизмов (У-2);</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения испытаний конструкционных материалов типовых элементов химического оборудования с целью расчета значений допускаемых напряжений, а также методиками расчета напряженного состояния (Н-2).</p>

<p><b>ОПК-13</b> Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования</p>	<p><b>ОПК-13.4</b></p> <p>Способен выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость узлов технологических машин и оборудования</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>методику проведения расчетов элементов узлов и механизмов при простых видах деформирования (ЗН-3);</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>проводить необходимые расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов химического оборудования при простых видах нагружения (У-3);</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>навыками проведения расчетов типовых элементов химического оборудования при простых видах деформирования (Н-3).</p>
--	---	--

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.11) и изучается на 2 курсе в 3-м и 4-м семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Физика», «Информатика», «Инженерная графика», «Теоретическая механика». Полученные в процессе изучения дисциплины «Сопротивление материалов» знания, умения и навыки могут быть использованы для таких учебных дисциплин как «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования», «Строительная механика», «Металлические конструкции», «Конструкции из дерева и пластмасс или композиционные материалы в строительстве», «Основания и фундаменты», «Основы теории упругости».

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>6/ 216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>132</b>
занятия лекционного типа	54
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия	54
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>57</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	РГР, индивидуальные задания
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен, зачет/27</b>

#### 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.	<u>Внутренние усилия в стержне.</u> Растяжение-сжатие, кручение, плоский изгиб. Расчет на прочность и жесткость.	8	8	12	12	ОПК-1	ОПК-1.8
2.	<u>Напряженно-деформированное состояние.</u> Главные площадки и главные напряжения. Обобщенный закон Гука. Теории прочности.	10	10	2	10	ОПК-12	ОПК-12.5
3.	<u>Сложное сопротивление.</u> Внецентренное растяжение-сжатие, кривой изгиб, изгиб с кручением.	6	6	2	10	ОПК-12	ОПК-12.5
4.	<u>Энергетические способы определения перемещений.</u> Метод Кастильяно, Максвелла-Мора, Верещагина.	4	4		4	ОПК-13	ОПК-13.4
5.	Устойчивость сжатого стержня.	6	4	2	4	ОПК-12	ОПК-12.5
6.	<u>Статически неопределимые системы.</u> Определение реакций и перемещений.	8	14		10	ОПК-13	ОПК-13.4
7.	Расчеты на прочность при динамических и ударных нагрузках.	8	6		5	ОПК-13	ОПК-13.4
8.	Оболочки.	4	2		2	ОПК-13	ОПК-13.4

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Основные положения сопротивления материалов</u>            Задачи сопротивления материалов. Расчетная схема реального объекта. Метод сечений. Понятия о напряжениях, перемещениях и деформациях.</p>	2	Традиционная лекция
1	<p><u>Расчет типовых элементов, моделируемых в форме стержня при статическом нагружении.</u>            Растяжение-сжатие. Сдвиг. Практические расчеты на срез и смятие. Геометрические характеристики плоских сечений. Кручение. Изгиб прямого бруса.</p>	6	Л
2	<p><u>Основы теории напряженно-деформированного состояния.</u>            Понятие о напряженном состоянии в точке. Закон парности касательных напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Определение главных напряжений. Обобщенный закон Гука. Формула для объемной деформации; модуль объемной деформации.</p>	6	Л
2	<p><u>Гипотезы прочности.</u>            Понятие о теориях прочности. Эквивалентные напряжения. Области применения.</p>	4	Л
3	<p><u>Сложное сопротивление.</u>            Примеры элементов конструкций, испытывающих сложное сопротивление. Использование принципа суперпозиции и теорий прочности для расчета деталей на сложное сопротивление. Алгоритм решения задач на сложное сопротивление.</p>	6	Л
4	<p><u>Потенциальная энергия упругой деформации.</u>            Теорема о взаимности работ и принцип взаимности перемещений. Теорема Кастильяно. Интеграл Мора. Определение перемещений по способу А.Н.Верещагина</p>	4	МГ
5	<p><u>Устойчивость сжатых стержней.</u>            Устойчивость упругого равновесия. Критическая сила. Формула Эйлера. Критическое напряжение. Формула Ясинского. Условие устойчивости.</p>	6	КтСм



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<u>Статически неопределимые конструкции.</u> Понятие о статически неопределимых конструкциях. Температурные и монтажные напряжения. Расчёт статически неопределимых конструкций методом сил.	8	КОП
7	<u>Расчет элементов инженерных конструкций при переменных во времени нагрузках.</u> Классификация динамических нагрузок. Учет сил инерции. Удар. Основные допущения в теории упругого удара. Напряжения и деформации при продольном, скручивающем и изгибающем ударе. Испытание на удар. Хрупкое и вязкое разрушение. Механизм усталостного разрушения. Кривые усталости и предел выносливости, вероятность разрушения. Влияние на выносливость качества поверхности, наклепа, окружающей среды и абсолютных размеров. Концентрация напряжений и ее влияние на выносливость. Диаграммы предельных напряжений при асимметричных циклах.	8	Л
8	<u>Типовые элементы, моделируемые в форме пластины или оболочки.</u> Основные геометрические параметры осесимметричных оболочек. Понятие о прочности и устойчивости оболочек. Напряженное состояние оболочки, нагруженной внутренним давлением. Уравнение Лапласа. Дополнительное уравнение. Расчет на прочность типовых оболочек нагруженных внутренним давлением.	4	Л

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Метод сечений.</u> Определение внутренних усилий при растяжении-сжатии, кручении, изгибе. Определение внутренних усилий в рамах.	6	АР
1	<u>Геометрические характеристики плоских сечений.</u> Определение геометрических характеристик плоских фигур.	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Расчет на прочность и жесткость.</u> Определение напряжений и деформаций при растяжении-сжатии, кручении и изгибе. Выбор рационального сечения. Определение напряженно-деформированного состояния.	10	АР
3	<u>Сложное сопротивление.</u> Решение задач на сложное сопротивление: косой изгиб, внецентренное растяжение-сжатие, изгиб с кручением.	6	О
4	<u>Определение перемещений энергетическими методами.</u> Определение перемещений в стержневых системах энергетическими методами: Кастильяно, Максвелла-Мора, Верещагина.	4	АР
5	<u>Расчет стержней на устойчивость при продольном изгибе.</u> Определение критической силы для продольно-сжатого стержня с учетом различных способов закрепления.	4	
6	<u>Статически неопределимые системы.</u> Расчет статически неопределимых стержней, определение температурных и монтажных напряжений в стержневых системах.	6	О
6	<u>Метод сил.</u> Расчет статически неопределимых балок и плоских рам методом сил.	8	О
7	<u>Расчет на прочность при динамических нагрузках.</u> Определение напряжений в стержне при продольном, поперечном и крутильном ударах.	6	
8	<u>Расчёт тонкостенных оболочек.</u> Расчет толщин типовых тонкостенных оболочек из условия прочности и устойчивости. Расчет	2	

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<u>Механические характеристики материалов</u> Испытания пластичных материалов на растяжение	2	Испытательная машина ИМ-4Р
2	<u>Механические характеристики материалов</u> Испытания пластичных материалов на сжатие	2	Испытательная машина ИМ-4А

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	<u>Механические характеристики материалов</u> Испытания хрупких материалов на сжатие	2	Испытательная машина ИМ-4А
4	<u>Упругие характеристики материалов</u> Определение модуля продольной упругости материала	2	Испытательная машина ЦДМ-10
5	<u>Упругие характеристики материалов</u> Определение модуля сдвига материала	2	Испытательная машина МК-6
6	<u>Упругие характеристики материалов</u> Определение коэффициента Пуассона	2	Испытательная машина Р-5
7	<u>Напряжения и деформации</u> Определение напряжений и деформаций при поперечном изгибе	2	Лабораторная установка
8	<u>Устойчивость</u> Продольный изгиб стержня	2	Лабораторная установка
9	<u>Твердость</u> Исследование твердости материалов методом Бринелля и Роквелла	2	Пресс Бринелля

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. Часы	Форма контроля
1	Определение внутренних усилий при растяжении-сжатии, кручении, изгибе.	4	РГР №1
1	Определение внутренних усилий в рамах.	6	РГР №1
1	Определение геометрических характеристик простейших фигур (треугольник).	2	Проверка ИЗ
2	Определение напряжений и деформаций при растяжении-сжатии и кручении. Выбор рационального сечения.	4	РГР №2
2	Определение напряжений и деформаций при изгибе. Выбор рационального сечения.	6	РГР №2
3	Сложное сопротивление.	10	Проверка ИЗ Устный опрос
4	Расчет статически неопределимых рам методом сил.	10	РГР №4
5	Устойчивость.	4	Проверка ИЗ

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. Часы	Форма контроля
6	Расчет статически неопределимых балок с использованием компьютера.	4	РГР №3
7	Расчет на прочность при динамических нагрузках.	5	Проверка ИЗ
8	Расчет на прочность типовых оболочек нагруженных внутренним давлением.	2	Проверка ИЗ

#### **4.4.1. Темы расчетно-графических работ.**

**РГР №1** – Внутренние усилия в поперечных сечениях стержневых систем при растяжении, сжатии, кручении и изгибе.

**РГР №2** – Прочность и жесткость стержней при растяжении, сжатии, кручении и изгибе.

**РГР №3** – Расчет статически неопределимых балок с использованием компьютера.

**РГР №4** – Расчет статически неопределимых рам методом сил.

#### **Темы индивидуальных заданий:**

1. Определение внутренних усилий при растяжении-сжатии, кручении, изгибе.
2. Определение внутренних усилий в рамах.
3. Определение геометрических характеристик простейших фигур (треугольник).
4. Определение напряжений и деформаций при растяжении-сжатии и кручении. Выбор рационального сечения.
5. Определение напряжений и деформаций при изгибе. Выбор рационального сечения.
6. Расчет статически неопределимых балок с использованием компьютера.
7. Расчет статически неопределимых рам методом сил.
8. Сложное сопротивление.
9. Устойчивость.
10. Расчет на прочность при динамических нагрузках.
11. Расчет на прочность типовых оболочек нагруженных внутренним давлением.

#### **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.technology.edu.ru>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 3-м семестре и в форме экзамена в 4-м семестре.

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

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций, и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

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

Пример варианта вопросов на зачете:

**Вариант № 1**

1. Сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Напряжения и деформации при чистом сдвиге. Модуль сдвига.
2. Условия прочности и жесткости при поперечном изгибе.
3. Задача. Построить эпюры Q и M.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

**Вариант № 1**

- 1 Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженного состояния в точке.
- 2 Вывод системы канонических уравнений метода сил.
- 3 Задача.

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Определение внутренних силовых факторов в поперечных сечениях стержней [Текст]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы по курсу «Сопротивление материалов» / Д.А. Бартенев, Н.А. Марцулевич, О.В. Сташевская; Каф. теорет. основ хим. машиностроения. – СПб.: [б.и.], 2004.-60 с.
2. Расчет статически неопределимых рам методом сил [Текст]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы по курсу «Сопротивление материалов» / Д.А. Бартенев, А.М. Василенко, Н.А. Марцулевич, О.В. Сташевская; Каф. теорет. основ хим. машиностроения. – СПб.: [б.и.], 2004.-24 с.
3. Расчет статически определимой балки на прочность и жесткость [Текст]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы по курсу «Сопротивление материалов» / Д.А. Бартенев, Н.А. Марцулевич, О.В. Сташевская; Каф. теорет. основ хим. машиностроения. – СПб.: [б.и.], 2005.-25 с.
4. Лабораторный практикум по прикладной механике: учебное пособие / О.Д. Афонин, А.Н. Луцко, М.Д. Телепнев, О.В. Сташевская; под ред. Н.А. Марцулевича. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 144 с.

### **б) электронные учебные пособия:**

1. Техническая механика [Текст] / СПбГТИ(ТУ) Каф. теорет. основ хим. машиностроения. – СПб., 2009 - Ч.2 Сопротивление материалов. Детали машин.: учебное пособие для очной и заочной форм обучения специальности 220701 «Менедж.выс.техн.» / Н.А. Марцулевич, А.Н. Луцко, Д.А. Бартенев; под ред. Н.А. Марцулевича. – 2010. – 494 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – [URL:https://technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.11.21). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

2. Полозенко Н.Ю. Сложное сопротивление. Косой изгиб [Текст]: практикум / Н.Ю. Полозенко, О.В. Шашевская; СПбГТИ(ТУ). Каф. механики. – СПб.: [б.и.], 2016.-30с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – [URL:https://technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.11.21). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Костюк Е. Прикладная механика. Пособие по выполнению лабораторных работ. Испытание материалов на твердость. [Текст]: учебное пособие / Е.Костюк, Н.Ю. Полозенко; СПбГТИ(ТУ). Каф. механики. – СПб.: [б.и.], 2017.-32с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – [URL:https://technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.11.21). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Кузьмин А.А. Расчет стержня переменного сечения с помощью функции напряжений. [Текст]: учебное пособие / А.А. Кузьмин; СПбГТИ(ТУ). Каф. механики. – СПб.: [б.и.], 2019.-28с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – [URL:https://technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.11.21). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. Лабораторный практикум по прикладной механике: учебное пособие / О.Д. Афонин, А.Н. Луцко, М.Д. Телепнев, О.В. Шашевская; под ред. Н.А. Марцулевича. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 144 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – [URL:https://technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 10.11.21). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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 «Сопротивление материалов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на каждый 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»

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

Для ведения лекционных и практических занятий используются аудитории, в том числе, оборудованные средствами оргтехники.

Компьютерный класс, принтер.

## **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.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Сопротивление материалов»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	промежуточный
ОПК-12	Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации	промежуточный
ОПК-13	Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	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)
<b>ОПК-1.8</b> Способен определять внутренние усилия и напряжения, возникающие в узлах технологических машин и оборудования	<b>Правильно выбирает</b> методы определения внутренних усилий возникающих в узлах технологических машин и оборудования для различных видов нагружения (ЗН-1).	Правильные ответы на вопросы №1-3 к зачету и экзамену	Перечисляет внутренние усилия возникающие в узлах технологических машин и оборудования при различных видах нагружения с ошибками.	Перечисляет внутренние усилия возникающие в узлах технологических машин и оборудования при различных видах нагружения без ошибок, но путается при построении эпюр внутренних усилий.	Перечисляет внутренние усилия возникающие в узлах технологических машин и оборудования при различных видах нагружения без ошибок. Приводит примеры построения эпюр внутренних усилий и определяет положение опасного сечения.
	<b>Строит</b> расчетные схемы реальных машин и оборудования (У-1).		С ошибками строит расчетные схемы реальных машин и оборудования, не понимает, что не существенно и чем можно пренебречь.	Строит расчетные схемы реальных машин и оборудования, понимает, что существенно при ее составлении, а чем можно пренебречь.	Строит расчетные схемы реальных машин и оборудования. Объясняет, какие расчеты в дальнейшем необходимы для данной схемы.
	<b>Выполняет алгоритм</b> построения расчетных схем машин и оборудования и пользуется методами проведения для них проверочных и проектных расчетов (Н-1).		Слабо ориентируется в алгоритме построения расчетных схем машин и оборудования.	Выполняет алгоритм построения расчетных схем машин и оборудования, но не решает задачи проведения для них проверочных и проектных расчетов.	Выполняет алгоритм построения расчетных схем машин и оборудования и демонстрирует методы проведения для них проверочных и проектных расчетов.
<b>ОПК-12.5</b> Способен провести оценку прочности,	<b>Записывает формулы</b> условий прочности и жесткости для расчета машин и оборудования при простых	Правильные ответы на вопросы №4-51 к зачету и	Записывает условия прочности, жесткости и устойчивости с	Записывает условия прочности, жесткости и устойчивости без ошибок, но не всегда понимает	Записывает условия прочности, жесткости и устойчивости без ошибок, понимает суть

жѐсткости и устойчивости узлов технологических машин и оборудования, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения	видах деформирования, а также условия устойчивости узлов машин и оборудования при продольном изгибе (ЗН-2).	экзамену	ошибками.	суть этих расчетов.	расчетов, приводит примеры расчета конструкций при простых видах деформирования.
	<b>Анализирует</b> виды напряженного состояния возникающего в элементах узлов машин и оборудования (У-2).		Дает определения понятия напряжений, деформаций, перемещений, предельных и допускаемых напряжений с ошибками.	Дает определения понятия напряжений, деформаций, перемещений, предельных и допускаемых напряжений без ошибок, проводит расчет с небольшими подсказками.	Дает определения понятия напряжений, деформаций, перемещений, предельных и допускаемых напряжений без ошибок, самостоятельно проводит расчет.
	<b>Демонстрирует</b> навыки проведения испытаний конструкционных материалов узлов машин и оборудования с целью расчета значений допускаемых напряжений и методиками расчета напряженного состояния (Н-2).		Чертит диаграмму испытаний с целью расчета значений допускаемых напряжений, но допускает незначительные ошибки.	Чертит диаграмму испытаний с целью расчета значений допускаемых напряжений, показывает характерные участки диаграммы для проведения необходимых расчетов, но допускает ошибки в расчете.	Чертит диаграмму испытаний с целью расчета значений допускаемых напряжений, показывает характерные участки диаграммы для проведения необходимых расчетов. Проводит расчет допускаемых напряжений.
<b>ОПК-13.2</b> Способен выполнять расчеты на прочность, жесткость, устойчивость узлов	<b>Правильно выбирает</b> методику проведения расчетов узлов машин и оборудования при простых видах деформирования (ЗН-3).	Правильные ответы на вопросы №52-67 к экзамену	С ошибками проводит необходимые расчеты.	Проводит необходимые расчеты с небольшими подсказками преподавателя.	Способен самостоятельно проводить необходимые расчеты на прочность,

технологических машин и оборудования					жесткость и устойчивость.
	<b>Поясняет</b> необходимость расчетов на прочность, жесткость и устойчивость узлов машин и оборудования при простых видах нагружения (У-3).		Затрудняется в выборе необходимого расчета, но справляется с помощью наводящих вопросов.	Уверенно выбирает необходимый расчет, но ошибается в его проведении.	Выбирает необходимый расчет, и самостоятельно и уверенно его проводит.
	<b>Демонстрирует</b> навыки проведения расчетов узлов машин и оборудования при простых видах деформирования (Н-3).		С ошибками анализирует виды напряженного состояния в узлах машин и оборудования.	Письменно излагает виды напряженного состояния возникающего в узлах машин и оборудования, приводит примеры различных видов напряженного состояния.	Письменно излагает виды напряженного состояния возникающего в узлах машин и оборудования, приводит примеры различных видов напряженного состояния. Отвечает на дополнительные вопросы.

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

#### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1, ОПК-12:

1. Задачи сопротивления материалов, как части технической механики. Объекты, изучаемые в курсе. Основные гипотезы и допущения. Внешние и внутренние силовые факторы. Метод сечений.
2. Силы, действующие на расчётную схему.
3. Метод сечений. Определение внутренних силовых факторов. Вывод дифференциальных зависимостей между  $M$ ,  $Q$  и  $q$  при изгибе.
4. Понятие о напряжениях, действующих в сечениях бруса. Напряжения полное, нормальное и касательное.
5. Вектор перемещений. Понятие о деформациях. Виды деформаций. Законы Гука.
6. Основы напряженно-деформированного состояния в материале. Тензор напряжений.
7. Основы напряженно-деформированного состояния в материале. Закон парности касательных напряжений.
8. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженного состояния в точке.
9. Исследование линейного напряженного состояния. Напряжения на наклонных площадках.
10. Закон Гука при растяжении-сжатии. Коэффициент Пуассона. Условие прочности при растяжении-сжатии.
11. Обобщенный закон Гука.
12. Потенциальная энергия упругой деформации при растяжении-сжатии.
13. Понятие об объемной деформации. Пределы изменения значений коэффициента Пуассона.
14. Потенциальная энергия упругой деформации при объемном напряженном состоянии.
15. Потенциальная энергия изменения формы и потенциальная энергия изменения объема тела.
16. Геометрические характеристики плоских фигур. Понятие момента и степени момента.
17. Статические моменты плоских фигур. Определение положения центра тяжести плоской фигуры.
18. Момент инерции плоских фигур относительно осей, параллельных центральным. Теорема Гюйгенса-Штейнера.
19. Изменение моментов инерции плоских фигур при повороте координатных осей. Главные центральные оси инерции и главные центральные моменты инерции.
20. Моменты инерции и моменты сопротивления простейших фигур.
21. Понятие о теориях прочности (пластичности). Четыре классические теории прочности.
22. Теория прочности Мора. Коэффициент запаса. Эквивалентное напряжение.
23. Связь между тремя упругими постоянными материала.
24. Сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Условия прочности при сдвиге.
25. Чистый сдвиг. Главные напряжения при чистом сдвиге. Потенциальная энергия упругой деформации при чистом сдвиге.
26. Кручение прямолинейных стержней круглого поперечного сечения. Определения касательных напряжений в поперечных сечениях.
27. Распределение касательных напряжений по плоскости поперечного сечения при кручении. Условия прочности при кручении.
28. Перемещения при кручении. Условие жесткости при кручении.
29. Потенциальная энергия упругой деформации при кручении.
30. Плоский поперечный изгиб. Определение нормальных напряжений при чистом изгибе.
31. Распределение нормальных напряжений при чистом изгибе по высоте поперечного сечения. Условия прочности при изгибе.
32. Определение касательных напряжений при поперечном изгибе. Вывод формулы Журавского.

33. Распределение касательных напряжений по высоте поперечного сечения в прямоугольном и двутавровом сечении. Условие прочности по касательным напряжениям.
34. Напряженное состояние в материале при плоском поперечном изгибе. Полная проверка прочности балки.
35. Определение перемещений при плоском поперечном изгибе. Вывод дифференциального уравнения оси изогнутой балки.
36. Интегрирование дифференциального уравнения оси изогнутой балки при наличии нескольких грузовых участков. Метод начальных параметров.
37. Потенциальная энергия упругой деформации при плоском поперечном изгибе.

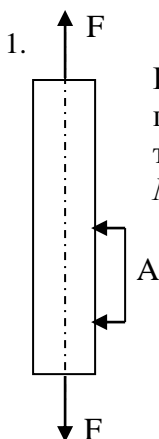
**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-13:**

38. Вывод теоремы Кастильяно.
39. Метод Кастильяно определения перемещений в стержнях. Принцип введения добавочной силы.
40. Метод Максвелла-Мора. Интеграл Максвелла-Мора.
41. Метод Верещагина
42. Понятие о методе сил. Основные допущения.
43. Вывод системы канонических уравнений метода сил.
44. Физический смысл коэффициентов канонических уравнений метода сил.
45. Порядок расчета плоской стержневой системы методом сил. Определение степени статической неопределимости.
46. Выбор основной системы. Требования к основной системе (показать на примере).
47. Определение коэффициентов при неизвестных в канонических уравнениях метода сил. (показать на примере).
48. Определение грузовых членов в системе канонических уравнений (показать на примере).
49. Капитальная проверка решения задачи методом сил.
50. Вывод уравнения Лапласа для тонкостенной оболочки вращения, нагруженный внутренним давлением.
51. Вывод дополнительного уравнения к уравнению Лапласа.
52. Напряжения в цилиндрической и сферической тонкостенной оболочке, нагруженной внутренним давлением.
53. Определение меридиональных напряжений в толстостенной цилиндрической оболочке.
54. Распределение напряжений по толщине стенки толстостенного цилиндра, нагруженного внутренним давлением.
55. Распределение напряжений по толщине стенки толстостенного цилиндра, нагруженного наружным давлением.
56. Учет сил инерции при расчете на прочность.
57. Определение напряжений во вращающемся кольце.
58. Определение напряжений во вращающемся диске.
59. Определение напряжений в стержне при продольном ударе.
60. Понятие о коэффициенте динамичности при ударе. Различные формы записи коэффициента динамичности.
61. Определение напряжений при поперечном ударе.
62. Определение напряжений при крутильном ударе.
63. Понятие о знакопеременных нагрузках. Виды циклов. Характеристика циклов.
64. Определение предела выносливости при симметричном цикле.
65. Факторы, влияющие на предел выносливости. Коэффициент запаса.
66. Определение предела выносливости при несимметричном цикле.
67. Расчет на прочность по предельным состояниям.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше (1 – 37, 38-67) и задачу.

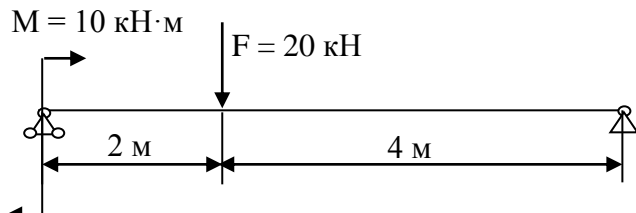
Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

Примеры задач

1. 

При растяжении силой  $F$  стрелка тензомера  $A$  с базой равной  $60$  мм, переместилась с деления 5 на деление 9. Цена деления шкалы тензомера  $0,001$  мм. Модуль упругости материала образца  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Чему равно напряжение в крайнем правом слое? (МПа)

2. Построить эпюры  $Q$  и  $M$ .



**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) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).