

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 10.11.2023 17:32:23  
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  
« 28 » июня 2021г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРИЯ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЁРДОГО ТЕЛА**  
Специальность  
**18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий**

Специализация  
**Технология энергонасыщенных материалов и изделий**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**  
Кафедра **химической энергетики**

Санкт-Петербург

2021

Б.1В.10.02

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		Г.Г. Савенков

Рабочая программа дисциплины «Теория деформируемого твердого тела» обсуждена на заседании кафедры химической энергетики  
протокол от «24» июня 2021 № 10  
Заведующий кафедрой

А.С. Мазур

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «24» июня 2021 № 9

Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»		Т.В. Украинцева
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	5
3	Объем дисциплины.....	6
4	Содержание дисциплины.....	7
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов .....	13
7	Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	14
8	Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	15
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	17
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	18
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	19
	Приложение № 1 .....	20

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по 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)
<b>ПК-7</b> Способен проводить научно-исследовательские работы по разработке новых изделий, составов из энергонасыщенных материалов, способов и технологий их переработки	<b>ПК-7.2</b> Способность применять знания физических и механических свойствах индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов и их отдельных компонентов при разработке и проектировании новых изделий и технологий их производства	<b>Знать:</b> - основные физико-химические и механические свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и их отдельных компонентов (Зн.7.2.1); <b>Уметь:</b> - рассчитывать основные процессы деформирования и разрушения ЭНМ (У.7.2.1) <b>Владеть:</b> - навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов (В.7.2.1)

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплинам специализации 03) (Б1.В.10.02) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении естественнонаучных и инженерных дисциплин обязательной части и начинает формировать компетенцию.

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе 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>70</b>
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	32
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	32(8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>74</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр, опрос
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	Зачет

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. Часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2			4	ПК-7	ПК-7.1
2.	Методы механических испытаний материалов	6	4		12	ПК-7	ПК-7.1
3.	Методы теории упругости	8	16		24	ПК-7	ПК-7.1
4.	Методы теории пластичности	6	8		18	ПК-7	ПК-7.1
5.	Наследственная теория упругости и ползучесть металлов	4	2		8	ПК-7	ПК-7.1
6.	Элементы механики разрушения	6	2		8	ПК-7	ПК-7.1
	Итого	32	32		74		

## 4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Введение</b> Предмет теории деформируемого твёрдого тела. Сплошная среда. Однородная среда. Кинематическое описание сплошной среды. Внешние силы. Внутренние силы.	2	
2	<b>Методы механических испытаний материалов</b> Виды механических испытаний материалов. Стандартные испытания на растяжение. Диаграмма растяжения материалов. Основные характеристики материалов на растяжение и сжатие. Ударные испытания материалов (метод составного стержня Гопкинсона). Ударно-волновые испытания и испытания при сверхбыстрых скоростях деформации.	6	
3	<b>Методы теории упругости</b> Упругое тело. Закон Гука. Тензор напряжений. Инварианты тензора напряжений. Коэффициент Пуассона. Теория деформаций. Обобщённый закон упругости. Постоянные Лямэ. Основные особенности оболочек. Одномерные задачи – трубы и диски. Простейшая задача о концентрации напряжений. Дислокации в упругом теле.	8	
4	<b>Методы теории пластичности</b> Упруго-пластическое и жёстко-пластическое тело. Принцип максимума и постулат Друкера. Постановка задачи теории идеальной пластичности. Теорема единственности. Экстремальные свойства предельных состояний текучести. Гипотезы пластичности. Условие пластичности для несжимаемого материала. Сопротивление и пластичность нагретого металла. Плоская задача теории пластичности.	6	
5	<b>Наследственная теория упругости и ползучесть металлов</b> Линейная и нелинейная наследственность. Упруго-наследственное тело. Принцип Вольтера. Испытания на ползучесть и кривые ползучести. Кинетические уравнения ползучести.	4	



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p><b>Элементы механики разрушения</b>  Условие прочности для хрупких тел. Хрупкое и вязкое разрушение. Напряжение и перемещение вблизи кончика трещины. Линейная механика разрушения. Сила сопротивления раскрытию трещины. Линейная модель пластической трещины.</p>	6	
ИТОГО		32	

## 4.3 Занятия семинарского типа

### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы 4 и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	<b>Методы механических испытаний материалов</b> Определение соотношений между стандартными характеристиками на растяжение (относительным удлинением и истинной деформацией, пределом прочности и истинным сопротивлением разрыву)	4	2	
3	<b>Методы теории упругости</b> Построение эпюр напряжения в балках (брусках). Определение внутренних сил в стержнях. Задачи на применение закона Гука. Расчёты по предельным напряжениям. Расчёт тонкостенных оболочек по безмоментной теории.	16	2	Кейс 1
4	<b>Методы теории пластичности</b> Расчёты пластических состояний конструктивных элементов производственных систем (полые сферы, тонкостенные резервуары, пластин и гильз)	8	2	Кейс 2
5	<b>Наследственная теория упругости и ползучесть металла</b> Составление реологических моделей	2	2	Кейс 3
6	<b>Элементы механики разрушения</b>	2		
ИТОГО		32	8	

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Введение</b> Самостоятельное изучение ФЗ «О техническом регулировании».	4	
2	<b>Методы механических испытаний материалов</b> Самостоятельное изучение ГОСТ 1497 – 84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение», ГОСТ 9454 – 78 «Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб»	12	Опрос (2 часа)
3	<b>Методы теории упругости</b> Самостоятельное изучение тем: 1) растяжение и сжатие стержней и стержневых систем; 2) прочность при циклически изменяющихся напряжениях; 3) антиплоская деформация; 4) функция напряжений. Ортотропное тело	24	Контрольная работа (2 часа)
4	<b>Методы теории пластичности</b> Самостоятельное изучение темы: предельные равновесия элементов конструкций. Изучение ГОСТ 25.506 – 85 «Расчёты и испытания на прочность»; изучение темы: предельное равновесие пластин;	18	Контрольная работа (2 часа)
5	<b>Наследственная теория упругости и ползучесть металла</b> Самостоятельное изучение тем: принцип Вольтерра; труба под действием внутреннего давления; устойчивость при ползучести.	8	
6	<b>Элементы механики разрушения</b> Самостоятельное изучение ГОСТ 29167 – 91; усталостное разрушение; хрупкое разрушение при высоких температурах	8	
ИТОГО		74	

## **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: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

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.

В процессе обучения студенты выполняют одну контрольную работу, участвуют в опросах и сдают коллоквиумы. В конце семестра предусмотрен зачет.

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

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются билетами. Билет содержит три теоретических вопроса (для проверки знаний).

Зачет проводится в соответствии с СТП СПб ГТИ 016-99. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов. Утв. ректором 17.05.99. Время подготовки к ответу – до 20 минут.

## **7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Горшков, А.Г. Сопротивление материалов/А.Г. Горшков, В.Н. Трошин, В.И. Шалашилин. –М.: Физматлит, 2008. -543 с.
2. Пестриков, В.М. Механика разрушения/В.М. Пестриков, Е.М. Морозов. – Спб.: ЦОП «Профессия», 2012. -552 с.
3. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов/Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев . –Киев: Дельта, 2008. -813 с.
4. Работнов, Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций/Ю.Н. Работнов . –М.: Наука, 2014. -752 с.
5. Френкель, Я.И. Введение в теорию металлов/Я.И. Френкель – Л.: Наука, 1972. – 424 с.
6. Владимиров, В.И. Физическая природа разрушения металлов/В.И. Владимиров. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
7. Андреев, С.Г. Физика взрыва: В 2-х т. / С. Г. Андреев, А. В. Бабкин, Ф. А. Баум и др.; Под ред. Л. П. Орленко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, Т. 1,2 2002. - 823 с.
8. Кудрявцев, С.Г. Сопротивление материалов /С.Г. Кудрявцев, В.Н. Сердюков. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2013.-175 с.
9. Высокочувствительные энергонасыщенные материалы и средства иницирования. Синтез. Свойства. Конструкция. Технология : Учебное пособие для вузов по специальности "Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий" / М. А. Илюшин, А. С. Мазур, В. К. Попов, Г. Г. Савенков ; Под редакцией Г. Г. Савенкова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2023. - 412 с.

### **б) электронные учебные издания**

10. Носков, Ф. М. Структурообразование в зоне контакта металлов при совместной пластической деформации : монография / Ф. М. Носков, Л. И. Квеглис, М. Б. Лесков. — Красноярск : СФУ, 2019. — 200 с. — ISBN 978-5-7638-4121-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157560> (дата обращения: 21.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Морачевский, А. Г. Термодинамика жидких металлов и сплавов : учебное пособие / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-2293-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209960> (дата обращения: 06.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Каменских, А. А. Реализация решения задач механики контактного взаимодействия в прикладном пакете ANSYS : учебное пособие / А. А. Каменских, М. Л. Бартоломей. — Пермь : ПНИПУ, 2017. — 65 с. — ISBN 978-5-398-01750-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160839> (дата обращения: 06.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
13. Прикладная механика : учебное пособие : в 3 книгах / под редакцией Ю. С. Первушина. — Уфа : УГНТУ, 2020 — Книга 2 : Теория напряжений и деформаций. Геометрические характеристики. Кручение — 2021. — 138 с. — ISBN 978-5-7831-2113-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/245180> (дата обращения: 06.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **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».

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс». Принадлежность –  
сторонняя.

ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». Принадлежность – сторонняя.  
Адрес сайта – <http://elibrary.ru> Наименование организации – ООО РУНЭБ.



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

Все виды занятий по дисциплине «Теория деформируемого твердого тела» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПб ГТИ 016-99. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов. Утв. ректором 17.05.99;

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.

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;

видео и аудиоматериалы по курсу, представленные на сайт <http://media.technolog.edu.ru>

взаимодействие с обучающимися через личный кабинет в единой информационной среде.

### **10.2 Программное обеспечение**

ОС WINDOWS, OPEN OFFICE, авторское программное обеспечение для расчета зон действия поражающих факторов, рисков, Matcad, ТОКСИ, Fire Cat , СОУТ, НЗОБ.

### **10.3 Базы данных и информационные справочные системы**

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.

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

**Лекционные кабинеты:** 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №3 -52 м<sup>2</sup>, 6 – 129 м<sup>2</sup>, 14 – 61 м<sup>2</sup>.

**Оборудование лекционных аудиторий:** Мультимедийная система, (проектор P1166-и 3 штуки), ноутбук aser aspire 9300 - 3 штуки (программное обеспечение: ОС WINDOWS.,OPEN OFFICE) экран Screen Media -3 штуки, WI-FI роутер, учебно-наглядные пособия, вместимость 30 - 40 посадочных мест.

Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно- библиотечная система).

**Компьютерный класс:** 190013, г.Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит.А №4 -30 м<sup>2</sup>.

**Оборудование компьютерного класса:** 1 ПК – процессор AMD Ryzen 7 2700 Eight-Core Processor 3.20 GHz, оперативная память 16 ГБ, 64 разрядная операционная система, 6 ПК - процессор Intel(R) Core(TM) ш3-9100 CPU 3/60 GHz, оперативная память 8 ГБ, 64 разрядная операционная система. Монитор со встроенными колонками 24 Philips V line 24V7Q – 7 шт. WI-FI роутер HUAWEI-D2U6JL\_HiLink. 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, НЗОВ.

Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются специальными электронными ресурсами.

**Помещения для практических и лабораторных занятий:** 190005, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №12 - 19 м<sup>2</sup>, №7 - 67 м<sup>2</sup>, №19 - 21 м<sup>2</sup>, № 35 - 25 м<sup>2</sup>.

**Оборудование практических и лабораторных аудиторий:** Помещения оснащены мебелью, учебно-наглядными пособиями, справочной литературой. Справочная, нормативная литература по свойствам энеpгонасыщенных материалов. Лаборатория: аппарат ТВЗ, Микроскоп Биолам И с цифровой, фотокамерой Cannon, пресс ППД-1000 – 2 шт, пресс ПСУ-10, Молотковая дробилка МД-2-2, щековая дробилка ЩД-6, весы ВЛЭ-1100 – 12 шт, микрометры, штангенциркули для определения размеров шашек, термостаты для термостатирования навесок, сита для просеивания порошков, прессинструмент Вместимость аудиторий 30 посадочных мест

Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно-библиотечная система).

**Помещения для самостоятельной работы:** 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А. №18 - м<sup>2</sup>, № 6а - 28 м<sup>2</sup>, №18 - 8 м<sup>2</sup>

**Оборудование помещений для самостоятельной работы:** Письменные столы, стулья, весы ВЛЭ-1100, сушильные шкафы, термостаты воздушные, водяные, химическая посуда, WI-FI, 30 посадочных мест.

Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно-библиотечная система).

## **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 СПбГИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Приложение № 1**  
**к рабочей программе дисциплины**

**Фонд оценочных средств**  
**для проведения промежуточной аттестации по**  
**дисциплине «Теория деформируемого твёрдого тела»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-7</b>	Способен проводить научно-исследовательские работы по разработке новых изделий, составов из энергонасыщенных материалов, способов и технологий их переработки	начальный

## 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)
ПК-7.2 Способность применять знания физических и механических свойствах индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов и их отдельных компонентов при разработке и проектировании новых изделий и технологий их производства	<b>Правильно называет</b> основные физико-химические и механические свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и их отдельных компонентов (Зн.7.2.1)	Правильные ответы на вопросы № 1-76 к зачету, участие в опросе № 1	Выбирает с ошибками основные физико-химические и механические свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и их отдельных компонентов	Выбирает - основные физико-химические и механические свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и их отдельных компонентов, но с наводящими вопросами	Правильно выбирает основные физико-химические и механические свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и их отдельных компонентов
	<b>Рассчитывает</b> основные процессы деформирования и разрушения ЭНМ (У.7.2.1)	Выполнение кейсов №1 — 2, выполнение контрольной работы №1	Имеет представление о расчёте основных процессов деформирования и разрушения ЭНМ	С небольшими ошибками рассчитывает основные процессы деформирования и разрушения ЭНМ	Рассчитывает основные процессы деформирования и разрушения ЭНМ
	<b>Проводит</b> стандартные и сертификационные испытания материалов (В.7.2.1)	Выполнение кейса №3, выполнение контрольной работы №2	Имеет слабые навыки проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов	Имеет навыки проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов	Демонстрирует уверенные навыки проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов

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

#### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-7:**

1. Сплошная однородная среда;
2. Внешние и внутренние силы;
3. Кинематическое описание сплошной среды;
4. Виды механических испытаний материалов;
5. Диаграмма нагружения материалов;
6. Стандартные характеристики материалов на растяжение. Твёрдость, ударная вязкость;
7. Метод составного стержня Гопкинсона;
8. Ударно-волновые испытания материалов;
9. Упругость, пластичность, ползучесть материалов;
10. Растяжение и сжатие стержней;
11. Упругое тело, закон Гука для изотропных тел;
12. Уравнения теории упругости в перемещениях;
13. Особенности расчёта тонкостенных оболочек;
14. Расчёт толстостенных труб;
15. Понятия о дислокациях в упругом теле;
16. Концентрация напряжений в упругом теле (простейшие задачи);
17. Упруго-пластическое и жёстко-пластическое тело;
18. Постулат Друкера;
19. Идеальная пластичность, экстремальные свойства предельных состояний текучести;
20. Условие пластичности для несжимаемого материала;
21. Сопротивление и пластичность нагретого металла;
22. Плоская задача теории пластичности;
23. Плоская деформация. Задача Прандтля.
24. Изотропное и трансляционное упрочнение
25. Плоское напряженное состояние;
26. Деформационная теория пластичности; Применимость деформационной теории пластичности;
27. Теория скольжения;
28. Теория течения, общие уравнения;
29. Сопоставление моделей с реальностью в пластичности;
30. Распространение упруго-пластических волн;
31. Упруго-пластические волны. Запаздывание текучести;
32. Линейная и нелинейная наследственность;
33. Упруго-наследственное тело. Принцип Вольтера;
34. Испытания на ползучесть и кривые ползучести;
35. Кинетические уравнения ползучести;
36. Условие прочности для хрупких тел. Хрупкое и вязкое разрушение;
37. Усталостное разрушение материалов;
38. Критерии линейной механики разрушения.
39. Сплошная однородная среда;
40. Внешние и внутренние силы;
41. Кинематическое описание сплошной среды;
42. Виды механических испытаний материалов;
43. Растяжение и сжатие стержней;
44. Упругое тело, закон Гука для изотропных тел;
45. Уравнения теории упругости в перемещениях;

46. Особенности расчёта тонкостенных оболочек;
47. Расчёт толстостенных труб;
48. Понятия о дислокациях в упругом теле;
49. Концентрация напряжений в упругом теле (простейшие задачи);
50. Упруго-пластическое и жёстко-пластическое тело;
51. Постулат Друкера;
52. Идеальная пластичность, экстремальные свойства предельных состояний текучести;
53. Условие пластичности для несжимаемого материала;
54. Сопротивление и пластичность нагретого металла;
55. Плоская задача теории пластичности;
56. Плоская деформация. Задача Прандтля.
57. Изотропное и трансляционное упрочнение
58. Плоское напряжённое состояние;
59. Деформационная теория пластичности; Применимость деформационной теории пластичности;
60. Теория скольжения;
61. Теория течения, общие уравнения;
62. Сопоставление моделей с реальностью в пластичности;
63. Распространение упруго-пластических волн;
64. Упруго-пластические волны. Запаздывание текучести;
65. Линейная и нелинейная наследственность;
66. Упруго-наследственное тело. Принцип Вольтера;
67. Испытания на ползучесть и кривые ползучести;
68. Кинетические уравнения ползучести;
69. Условие прочности для хрупких тел. Хрупкое и вязкое разрушение;
70. Диаграмма нагружения материалов;
71. Стандартные характеристики материалов на растяжение. Твёрдость, ударная вязкость;
72. Метод составного стержня Гопкинсона
73. Ударно-волновые испытания материалов;
74. Упругость, пластичность, ползучесть материалов;
75. Усталостное разрушение материалов;
76. Критерии линейной механики разрушения.

#### **4. Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля.**

##### **4.1 Опрос**

1. Какие 2 типа образцов применяются для испытаний на растяжение по ГОСТ 1497?
2. В каких случаях применяется тот или иной тип образцов?
3. Являются ли сопоставимыми результаты испытаний на растяжение при использовании разных типов образцов?
4. Можно ли использовать образцы с концентраторами напряжений?
5. В каких случаях предел текучести может совпадать с пределом прочности?
6. Что означает совпадение числовых значений относительного удлинения и относительного сужения?
7. Какие образцы применяются для испытаний на ударный изгиб по ГОСТ 9454?
8. Какой тип образца необходимо выбрать для испытаний на ударный изгиб для листовых материалов толщиной 5 мм?



## 4.2 Контрольная работа

1. Определить потенциальную энергию деформации жёстко заделанного конического стержня длиной  $l$ , растягиваемого силой  $F$ ? Силу собственного веса не учитывать.
2. Выявить закон изменения нормальных сил, напряжений и перемещений по длине ступенчатого стержня, нагруженного на конце силой  $P$ ? Сила  $P=50; 75; 100$  кН. Материал стержня – сталь, титан, бронза, алюминий.
3. Построить эпюры нормальных напряжений и перемещений для свободно подвешенного цилиндрического стержня, нагруженного силами собственного веса. Длина стержня  $l$ , материал стержня – сталь, титан, бронза, алюминий.
4. Колонна нагружена силой  $P$  и силами собственного веса. Подберите закон изменения площади поперечного сечения  $F=F(x)$ , чтобы напряжения во всех сечениях были одинаковы и равны  $P/F_0$ .
5. Для предыдущей задачи построить эпюры нормальных сил, напряжений и перемещений.
6. Цилиндрический сосуд находится под действием внутреннего давления  $p$ . Радиус цилиндра равен  $R$ , толщина стенок –  $h$ . Определить напряжения.
7. Стальной (алюминиевый, бронзовый, титановый) установлен с натягом в стальной плите. Какую силу следует приложить к стержню в осевом направлении, чтобы вытянуть его из плиты? Натяг  $\Delta=0,01; 0,03; 0,05$  мм; диаметр стержня 50 мм; толщина плиты 100 мм; коэффициент трения между плитой и стержнем  $f=0,15$ .
8. Определить абсолютное удлинение, возникающее под действием собственного веса в проволоке из меди (железа, алюминия, никрома), диаграмма растяжения которой известна.
9. Проанализировать работу ступенчатого стержня при нагружении его силой  $P$ , диаграмма растяжения материала стержня схематизируется двумя прямыми с углами наклона  $30^\circ$  и  $45^\circ$  ( $45^\circ$  и  $60^\circ$ ,  $15^\circ$  и  $75^\circ$ ).
10. Определить разрушающую нагрузку для трёхстержневой системы при условии, что диаграмма растяжения для стержней имеет участок упрочнения и разрушение происходит при напряжении  $\sigma_{вр}$ .
11. Определить прогиб жёстко заделанной пластины под действием распределённой нагрузки  $P=10; 20; 30$  кН. Диаметр пластины 150 мм, толщина 2,5 мм. Материал пластины – сталь, алюминий, титан.

## 4.3 Кейсы

### Кейс 1

Рассмотреть предложенное изображение конструктивного элемента производственных систем. Определить внутренние силы, рассчитать предельные напряжения, построить эпюру напряжения.

### Кейс 2

Рассчитать пластическое состояние выданного конструктивного элемента производственных систем (Кейс 1).

### Кейс 3

Составить реологическую модель выданного конструктивного элемента производственных систем на основании произведенных расчетов (Кейс 1 и 2).

**5 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 СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Шкала оценивания на зачете двоичная: «зачтено», «не зачтено»