

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра материаловедения и технологии**  
**художественных изделий**

# **МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

*Методические указания к практическим занятиям  
для студентов бакалавриата направления 22.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2021**

УДК 669.018.2 + 669.017.53 (073)

**МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ:**  
методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет «Горный». Сост.: *А.В. Сивенков, А.В. Михайлов*. СПб, 2021. 16 с.

Дисциплина посвящена изучению общих сведений о механических и физических свойствах материалов, разработке материалов с заданными физико-механическими характеристиками, определению механических и физических свойств материалов конструкционного и функционального назначения.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Предложены варианты практических заданий и библиографический список рекомендуемой литературы.

Научный редактор проф. *Е.И.Пряхин*

Рецензент к.т.н. *С.А. Филиппов* (Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2021

## **1. ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ**

Учебным планом дисциплины предусмотрено выполнение студентами очной форм обучения практических работ. Содержание заданий практических работ призвано привить студентам навыки решения прикладных задач с использованием данных измерений механических характеристик и физических свойств, умение правильно выбирать материалы с особыми физическими свойствами для изготовления конкретных деталей изделий.

Задания практических работ следует выполнять по мере прохождения курса: №1 - после изучения части 1 "Механические свойства"; №2 - после изучения части 2 "Физические свойства".

Все задания составлены в 10 вариантах. Вариант выбирается по порядку алфавитного списка студентов.

**Практические работы №1 по части 1 «Механические свойства материалов».** Все данные для ответов на задания этой части работы имеются в учебнике [1]. Обозначение величин также приводится в соответствии с этим учебником.

**Практические работы №2 по части 2 «Физические свойства материалов».** Все данные для составления ответов на задания 1, 2, 3, 4 имеются в учебнике [2]. Обозначения величин даны в соответствии с этим учебником.

Задания 5, 6. При составлении ответа на 1-й вопрос необходимо привести таблицу со значениями магнитной проницаемости и построить с помощью Excel основную кривую намагничивания и зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля [3, с. 68-69].

Данные для ответа на второй вопрос имеются в учебных пособиях [4, 5] . Желательно из нескольких возможных выбрать наиболее подходящий сплав, подробно обосновав свой выбор.

Задания выполняются в виде рукописи машинописным способом. Вопросы задания записываются в отчет, полные развернутые ответы даются после записи каждого вопроса.

Рисунки и графики должны сопровождаться необходимыми обозначениями, надписями и пояснениями. Все условные обозначения должны быть расшифрованы при первом упоминании.

В конце выполненных работ должен быть список использованной литературы и других источников, должна быть указана дата сдачи отчета на проверку.

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ЧАСТИ №1 «МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ»

### Работа 1

Работа состоит из двух задач.

Для каждой задачи по приведенным в табл. 1 вариантам компонентов тензора напряжений  $S_1, S_2, S_3$ :

- а) определите тип напряженного состояния;
- б) изобразите схему приложения нагрузки;
- в) запишите тензор напряжений в матричной форме;
- г) рассчитайте коэффициенты мягкости и трехосности. Напишите определения этих коэффициентов и дайте оценку полученным значениям.

*При расчете коэффициентов мягкости принять, что коэффициент Пуассона  $\nu = 0,25$ .*

Таблица 1

№ варианта	Задача 1			Задача 2		
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
1	$S$	0	0	0	$-0,5S$	$-S$
2	$S$	$S$	0	0	$-S$	$-S$
3	$S$	$S$	$0,5S$	$-0,5S$	$-S$	$-1,5S$
4	$S$	$0,5S$	0	$S$	$0,4S$	$-0,4S$
5	$S$	$0,5S$	$0,5S$	0	$-0,5S$	$-S$

Окончание табл. 1

№ варианта	Задача 1			Задача 2		
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
6	$S$	0	$-S$	$-0,4S$	$-0,4S$	$-S$
7	$S$	$0,7S$	$0,5S$	0	$-0,2S$	$-S$
8	$S$	$0,25S$	0	$S$	$0,8S$	$0,6S$
9	0	0	$S$	$-S$	$-2,5 S$	$-2,5S$
10	$S$	0	$-0,5S$	$S$	$S$	$0,4S$

## Работа 2

Работа состоит из двух задач.

Для каждой задачи по указанным в табл. 2 вариантам компонентов тензора напряжений  $S_x$ ,  $S_y$ ,  $S_z$ , модуля сдвига  $G$  и коэффициента Пуассона  $\nu$  рассчитайте:

- компоненты тензора деформаций для изотропного тела;
- величину максимальных касательных напряжений.

Таблица 2

№ варианта	Задача 1					Задача 2				
	$S_x$	$S_y$	$S_z$	$G$	$\nu$	$S_x$	$S_y$	$S_z$	$G$	$\nu$
	МПа	МПа	МПа	МПа		МПа	МПа	МПа	МПа	
1	100	50	50	72,5	0,31	20	-10	-20	3,78	0,32
2	70	35	0	46,6	0,34	-20	-40	-80	37,3	0,34
3	30	30	0	5,5	0,36	70	35	-35	53,8	0,30
4	-30	-60	-90	155,0	0,29	100	100	60	37,6	0,33
5	50	50	50	28,2	0,42	0	-20	-100	70,4	0,35
6	100	0	-50	141,0	0,28	60	60	15	40,0	0,38
7	100	0	0	68,7	0,31	-20	-50	-50	26,1	0,34
8	0	0	-60	20,7	0,33	50	40	30	20,7	0,33
9	100	70	50	134,6	0,30	40	40	-40	17,6	0,28

Окончание табл. 2

№ варианта	Задача 1					Задача 2				
	$S_x$ МПа	$S_y$ МПа	$S_z$ МПа	$G$ МПа	$\nu$	$S_x$ МПа	$S_y$ МПа	$S_z$ МПа	$G$ МПа	$\nu$
10	60	0	-60	29,0	0,38	-50	-50	-125	155,0	0,29

### Работы 3

В табл. 3 приведены буквенные обозначения характеристик механических свойств металлов, принятые в [1]:

а) назовите наименование величины, ее единицу измерения и опишите, что она характеризует;

б) укажите ее зарубежное название, обозначение и международные стандарты, описывающие методику ее определения;

в) опишите стандартную (по ГОСТ) методику (или методики), схему испытаний, образцы для ее определения и используемые при этом расчетные формулы.

Таблица 3

№ варианта	Характеристика механических свойств
1	$\sigma_{\text{пц}}$
2	$\sigma_{\text{упр}}$
3	$\sigma_T$
4	$\sigma_T^B$
5	$\sigma_T^H$
6	$\sigma_B$
7	$\sigma_B^{\text{изг}}$
8	$\tau_{0,3}$
9	$E$
10	$\delta$

## Работы 4

В табл. 4 приведены буквенные обозначения характеристик механических свойств металлов, принятые в [1]:

а) назовите наименование величины, ее единицу измерения и опишите, что она характеризует;

б) укажите ее зарубежное название, обозначение и международные стандарты, описывающие методику ее определения;

в) опишите стандартную (по ГОСТ) методику (или методики), схему испытаний, образцы для ее определения и используемые при этом расчетные формулы.

Таблица 4

№ варианта	Характеристика механических свойств
1	<i>HB</i>
2	$\sigma_{0,2}^{изг}$
3	<i>G</i>
4	$\sigma_{0,005}$
5	<i>HV</i>
6	$\tau_{пц}$
7	$\psi$
8	<i>KCU</i>
9	$\sigma_{0,2}$
10	$\sigma_{0,1}$

## Работы 5

В табл. 5 приведены буквенные обозначения характеристик механических свойств металлов, принятые в [1]:

а) назовите наименование величины, ее единицу измерения и опишите, что она характеризует;

б) укажите ее зарубежное название, обозначение и международные стандарты, описывающие методику ее определения;

в) опишите стандартную (по ГОСТ) методику (или методики), схему испытаний, образцы для ее определения и используемые при

этом расчетные формулы.

Таблица 5

№ варианта	Характеристика механических свойств
1	$\sigma_{0,3}$
2	$HRA$
3	$HRB$
4	$HRC (HRC_0)$
5	$\sigma_{0,001}$
6	$H_\mu$
7	$H_D (H_A)$
8	$HSD$
9	$KCV$
10	$KCT$



### 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ЧАСТИ №2 «ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ»

#### Работа 1

В табл. 6 приведены значения магнитной индукции на основной кривой намагничивания ферромагнитного сплава:

а) постройте с помощью Excel по этим данным зависимость магнитной проницаемости от напряженности поля;

б) определите величину максимальной магнитной проницаемости;

в) рассчитайте (приблизительно) величину коэрцитивной силы и определите, к какой группе магнитных материалов относится сплав.

Таблица 6

№ варианта	Значение индукции $B$ , Тл, при напряженности поля $H$ , А/м														
	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	125	150	200	250	
1	1,50	1,66	1,72	1,77	1,81	1,85	1,9	1,93	1,98	1,99	2,0	2,0	2,0	2,0	
2	0,03	0,13	0,3	0,5	0,7	0,83	1,0	1,12	1,3	1,4	1,43	1,45	1,46	1,46	
3	0,005	0,01	0,03	0,06	0,09	0,14	0,3	0,5	0,78	0,91	0,97	0,99	1,0	1,0	
4	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,045	0,08	0,12	0,26	0,41	0,53	0,62	0,71	0,72	
5	0,015	0,05	0,11	0,17	0,25	0,33	0,44	0,49	0,58	0,61	0,65	0,66	0,66	0,66	
6	0,10	0,75	0,87	0,92	0,96	1,0	1,05	1,09	1,17	1,21	1,25	1,27	1,29	1,3	
7	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,24	0,5	0,67	0,96	1,12	1,26	1,35	1,5	1,57	
8	0,70	1,32	1,46	1,51	1,56	1,6	1,68	1,75	1,86	1,94	1,96	1,98	2,0	2,0	

№ варианта	Значение индукции $B$ , Тл, при напряженности поля $H$ , А/м														
	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	125	150	200	250	
9	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,16	0,25	0,49	0,86	1,3	1,52	1,79	1,9	
10	0,65	0,71	0,73	0,74	0,75	0,755	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	

## Работа 2

Работа состоит из двух задач.

В каждой задаче вычислите, во сколько раз увеличится удельное электрическое сопротивление до плавления и при плавлении металла ... (табл. 7.). Дайте объяснение этим изменениям.

Таблица 7

№ варианта	Задача 1	Задача 2
1	Pt	Ag
2	Pb	Fe
3	Cd	Zn
4	Fe	Sn
5	Al	W
6	Cu	Ni
7	Mg	Pb
8	Mn	Cd
9	Ni	Al
10	Pt	Bi

### Работа 3

Работа состоит из двух задач.

Определите изменение энтальпии (в расчете на 1 кг массы) при нагревании металла ..... (табл. 8) от 300 К до температуры плавления. Дайте объяснение этому изменению.

Таблица 8

№ варианта	Задача 1	Задача 2
1	In	Sr
2	Ti	Ba
3	V	La
4	Mn	Hf
5	Zn	Re
6	Co	Os
7	Zr	Li
8	Nb	Cu
9	Pb	Na
10	Sn	W

### Работа 4

Работа состоит из двух задач.

Вычислите изменение объема 1 кг металла ... (табл. 9):

а) при приложении всестороннего давления 108 Па;

б) при повышении температуры с 273 К до 373 К.

Дайте объяснение этим изменениям.

Таблица 9

№ варианта	Задача 1	Задача 2
1	Co	Nb
2	Ni	Ta
3	Mg	W
4	Al	Cd

Окончание табл. 9

№ варианта	Задача 1	Задача 2
5	Cu	Pt
6	Zn	Ru
7	Li	Rh
8	Ca	Bi
9	Ag	Fe
10	Zr	Mn

### Работа 5

В табл. 10 приводятся буквенные обозначения физических величин, принятые в [2], и их единицы измерения:

а) дайте наименование величины и опишите, что она характеризует;

б) приведите метод (или методы) ее определения и используемые при этом расчетные формулы;

в) укажите, в каких пределах она может изменяться для чистых металлов;

г) опишите влияние на нее температуры, пластической деформации и состава твердого раствора;

д) укажите ее зарубежное название, обозначение и стандарт (стандарты), описывающий методику ее определения.

Таблица 10

№ варианта	Характеристика физических свойств
1	$I_S$ , А/м
2	$H_C$ , А/м
3	$\mu_{\max}$
4	$\mu_a$
5	$Q$ , Дж/м <sup>3</sup>
6	$B_S$ , Тл
7	$B_r$ , Тл

Окончание табл. 10

№ варианта	Характеристика физических свойств
8	$\chi$ , см <sup>2</sup> /Н
9	$e_{\text{абс}}$ , мкВ/К
10	$C_p$ , Дж/(моль·К)

### Работа 6

В табл. 11 приводятся буквенные обозначения физических величин, принятые в [2], и их единицы измерения:

а) дайте наименование величины и опишите, что она характеризует;

б) приведите метод (или методы) ее определения и используемые при этом расчетные формулы;

в) укажите, в каких пределах она может изменяться для чистых металлов;

г) опишите влияние на нее температуры, пластической деформации и состава твердого раствора;

д) укажите ее зарубежное название, обозначение и стандарт (стандарты), описывающий методику ее определения.

Таблица 11

№ варианта	Характеристика физических свойств
1	$\rho$ , Ом·м
2	$\lambda$ , Вт/(м·К)
3	$c_p$ , Дж/(г·К)
4	$V$ , м <sup>3</sup> /кг
5	$\alpha$ , К <sup>-1</sup>
6	$d$ , кг/м <sup>3</sup>
7	$\alpha_{20-70}$ , град <sup>-1</sup>
8	$C_V$ , Дж/(моль·К)
9	$\lambda_S$
10	$\gamma$ , Ом <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup>

## Работа 7

Подберите материал для изготовления изделия, указанного в табл. 12; приведите режим термической обработки и уровень после него эксплуатационных свойств сплава.

Таблица 12

№ варианта	Описание изделия
1	Проволока для спая со стеклом, ТКЛР которого в интервале температур 20...400 °С составляет $5 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .
2	Полосные наконечники магнитопровода с максимальным полем в рабочем зазоре 2,20 Тл.
3	Коммутационный элемент с внешней памятью, управляющий герконом.
4	Высокоточные резисторы с предельной температурой нагрева 400 °С и температурным коэффициентом сопротивления не выше $3 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ .
5	Статор бытового электродвигателя средней скорости.
6	Мерная линейка геодезического прибора для работы в климатическом интервале температур.
7	Постоянный магнит в приборе, где основным требованием является получение минимальных габаритов.
8	Сердечник силового трансформатора на подстанции с выходным напряжением 6,6 кВ.
9	Нагревательные элементы термической печи сопротивления с максимальной рабочей температурой 1200 °С без защитной атмосферы.
10	Сердечник головки магнитной записи.

## 4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Основная литература:*

1. *Золоторевский В.С.* Механические свойства металлов: Учебник для вузов. - М.: МИСИС, 1998, 400 с.
2. *Лившиц Б.Г.* Физические свойства металлов и сплавов: Учебник для вузов / Б.Г. Лившиц, В.С. Кравошин, Я.Л. Липецкий. - М.: Metallургия, 1980, 320с.
3. *Солнцев Ю.П.* Материаловедение: Учебник для ВУЗов / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. - СПб.: Химиздат, 2007, 783 с.
4. *Теплухии Г.Н.* Стали и сплавы с особыми физическими свойствами: Учеб. пособие / Г.Н. Теплухии, С.А. Хазанов. - Л.: СЗПИ, 1980, 80с.
5. *Хазанов С.А.* Материалы с особыми магнитными свойствами: Учеб. пособие. - СПб.: СЗПИ, 1992, 74с.

### *Дополнительная литература:*

6. Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд. в 3-х т.т. / под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта. - 4-е изд., перераб. и доп. Т. I, кн. 2. М.: Metallургия, 1991, 402с.
7. *Сивенков А.В.* Механические и физические свойства материалов. Механические свойства: методические указания к выполнению лабораторных работ. – СПб.: НМСУ «Горный», 2013, 33 с.
8. *Сивенков А.В.* Механические и физические свойства материалов. Физические свойства: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – СПб.: НМСУ «Горный», 2013, 47 с.
9. *Балтевич В.Л.* Техническая керамика: Учеб. пособие для вузов. - М.: Стройиздат, 1984, 256с.
10. *Кулезнев В.Н.* Химия и физика полимеров: Учебник для вузов / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнев. - М.: Высш. школа, 1988, 312с.
11. Физическое металловедение: в 3-х т.т. / под ред. Р.У. Кана, П.Т. Хвалена. - 3-е изд. Т.3: Физико-механические свойства металлов и сплавов: пер. с англ. М.: Metallургия, 1987, 663с.
12. Справочная информация для студентов [Электронный ресурс] / Web-мастер Сивенков А.В. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://metall-2006.narod.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Задания и методические указания к их выполнению.....	3
2. Практические работы части №1 «механические свойства материалов» .....	4
3. Практические работы части №2 «физические свойства материалов» .....	9
4. Рекомендуемый библиографический список.....	15



## **МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

*Методические указания к практическим занятиям  
для студентов бакалавриата направления 22.03.01*

Сост.: *А.В. Сивенков, А.В. Михайлов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
материаловедения и технологии художественных изделий

Ответственный за выпуск *А.В. Сивенков*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 20.05.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 0,9. Усл.кр.-отт. 0,9. Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 75 экз. Заказ 423.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2