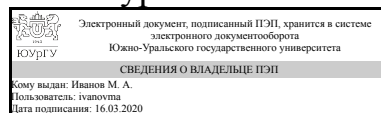


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Материаловедение и  
металлургические технологии



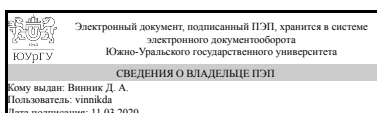
М. А. Иванов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
к ОП ВО от 01.07.2020 №084-2684**

**дисциплины В.1.14 Механические свойства металлов  
для направления 22.03.02 Metallургия  
уровень бакалавр тип программы Академический бакалавриат  
профиль подготовки Металловедение и термическая обработка металлов  
форма обучения заочная  
кафедра-разработчик Материаловедение и физико-химия материалов**

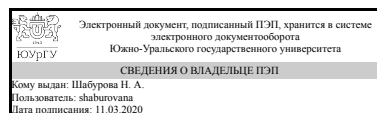
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.12.2015 № 1427

Зав.кафедрой разработчика,  
Д.ХИМ.Н., доц.



Д. А. Винник

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



Н. А. Шабурова

## 1. Цели и задачи дисциплины

Изучить теорию механических свойств металлов и сплавов в тесной взаимосвязи между структурой и свойствами металлов. Бакалавр должен уметь анализировать условия работы конкретных деталей и изделий; уметь определять наиболее важные для данных условий работы детали характеристики механических свойств и структуры металла, проводить сравнительную оценку сплавов по их эксплуатационным и технологическим свойствам; иметь опыт проведения механических испытаний в соответствии с действующими стандартами.

## Краткое содержание дисциплины

С использованием теории дефектов кристаллического строения рассмотрены процессы деформации и разрушения металлов при различных температурах и условиях приложения нагрузки. Рассмотрены закономерности влияния состава и структуры на механические свойства металлов и сплавов. Описываются методы проведения механических испытаний и расчёта механических характеристик.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-9 готовностью проводить расчеты и делать выводы при решении инженерных задач	Знать: связь между характером напряжённого состояния, видом испытания, структурой и механическими свойствами металлов и сплавов;
	Уметь: определять механические свойства материалов при различных видах испытаний; применять методы анализа и обработки экспериментальных данных;
	Владеть: методами анализа напряжённого и деформированного состояний материалов; принципами выбора материалов для элементов конструкций и оборудования.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.06 Физика	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	16	16	
Лекции (Л)	12	12	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	4	4	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	128	128	
Изучение разделов курса	128	128	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	1	1	0	0
2	Деформация металлов	1	1	0	0
3	Статические механические испытания	6	2	0	4
4	Испытания на твёрдость	1	1	0	0
5	Динамические механические испытания.	1	1	0	0
6	Механические свойства металлов при длительных статических нагрузках и повышенных температурах	1	1	0	0
7	Явление усталости в металлах	1	1	0	0
8	Термическая усталость металлов	1	1	0	0
9	Изнашивание и износостойкость металлов	1	1	0	0
10	Явление сверхпластичности металлических сплавов	1	1	0	0
11	Технологические испытания и технологические пробы	1	1	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Роль металлов в современной технике. Основные понятия о деформации и напряжениях. Напряженное состояние металлов.	1
2	2	Упругая и пластическая деформации металлов. Явления упругих несовершенств в металлах	1
3	3	Статические испытания на растяжение, сжатие, изгиб и кручение	2
4	4	Статические, динамические методы определения твёрдости.	0,5
5	4	Разрушающие методы определения твердости	0,5
6	5	Испытания на ударный изгиб.	0,5
7	5	Оценка склонности металла к хрупкому разрушению и хладноломкости по результатам испытаний.	0,5
8	6	Испытания металлов на замедленное разрушение. Кратковременные испытания при повышенных температурах. Испытания металлов на	1

		ползучесть. Испытания на длительную прочность. Способы повышения жаропрочности металлов и сплавов.	
9	7	Усталостная прочность металлов. Влияние чистоты поверхности, характера изменения нагрузки, среды и других факторов на выносливость металла. Кривая усталости. Связь предела выносливости с другими механическими свойствами.	1
10	8	Причины образования термических трещин в металлах. Испытания на термическую стойкость. Способы повышения термической стойкости металлов.	1
11	9	Классификация видов износа. Методы испытания на износ и оборудование для таких испытаний. Характер изменения износа во времени и структурные изменения при износе (механизм изнашивания). Методы повышения износостойкости деталей.	1
12	10	Сущность явления сверхпластичности. Условия проявления сверхпластичности металлических сплавов.	1
13	11	Назначение технологических испытаний. Испытание на выдавливание листов (метод Эриксона), на загиб, на осадку и другие испытания массовой металлургической продукции.	1

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	3	Анализ первичной диаграммы деформации при испытании металла на статическое растяжение. Построение диаграммы деформации в истинных координатах. Определение удельной работы равномерной деформации.	2
2	3	Проведение статических испытаний на растяжение, сжатие, изгиб	2

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
изучение разделов дисциплины	Осн.[ 1] Осн.[ 1] стр.43, Осн.[ 1] стр.43-48, Осн.[ 1] стр.48-53, Осн.[ 1] стр.53-55, Осн.[ 1] стр.56-57, Осн.[ 1] стр.55-56, Доп.[ 1] стр.354-361, Осн.[ 1] стр.60-65, Осн.[ 1] стр.376-380, Осн.[ 1] стр.372-376.	128

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Разбор конкретных ситуаций	Лекции	дискуссии по разделам курса	2

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

### 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-9 готовностью проводить расчеты и делать выводы при решении инженерных задач	защиты лабораторных работ	1-6
Все разделы	ПК-9 готовностью проводить расчеты и делать выводы при решении инженерных задач	Экзамен	7

#### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
защиты лабораторных работ	очное собеседование	Зачтено: Самостоятельное выполнение работы, способность ответить на вопросы по теме. Не зачтено: неспособность объяснить полученные в работе результаты.
Экзамен	Экзамен проводится письменно. В билете каждому студенту предлагается два вопроса. Время для написания ответов на два вопроса составляет 40 минут. После этого проводится проверка работ и выставление оценок. После оглашения оценок студент имеет право повысить оценку при личном собеседовании и ответе на вопросы по всему курсу.	Отлично: Отлично: оценка "отлично" ставится в случае дачи студентом правильных ответов на все вопросы в билете, знании основных терминов и определений, уместном их использовании. Хорошо: Хорошо: оценка "хорошо" ставится в случае дачи студентом правильных ответов на все вопросы в билете, но с небольшими замечаниями или неточностями, знании основных терминов и определений, уместном их использовании. Удовлетворительно: Удовлетворительно: оценка "удовлетворительно" ставится в случае дачи студентом неправильного ответа на один из двух вопросов в билете, в случае знания основных терминов и определений, уместном их использовании. Неудовлетворительно: Неудовлетворительно: оценка "неудовлетворительно" ставится в случае отсутствия правильных ответов на все

		вопросы в билете, незнания основных терминов и определений, неуместного их использования.
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
защиты лабораторных работ	<p>К разделу 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>По результатам каких испытаний можно оценить работоспособность детали, конструкции?</li> <li>Классификация механических испытаний.</li> <li>Напряжения нормальные и касательные. Условные и истинные напряжения в металлах, возникающие при их нагружении.</li> <li>Схемы напряженного и деформированного состояния по Я.Б. Фридману.</li> <li>Мягкость напряжённого состояния металла.</li> </ol> <p>К разделу 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Какую деформацию называют упругой? Упругие константы металлов.</li> <li>Простые и сложные механические характеристики.</li> <li>Явления упругих несовершенств в металлах.</li> </ol> <p>К разделу 3.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Какие механические характеристики определяются в соответствии с ГОСТ 1497-84 при испытаниях металлов на статическое растяжение? Дать им определение.</li> <li>2. В чём отличие первичной диаграммы деформации при растяжении пластичных металлов от такой же диаграммы для хрупкого металла?</li> <li>3. В чём сущность графического метода определения условного предела пропорциональности и условного предела текучести по первичной диаграмме деформации?</li> <li>4. Какие механические характеристики оценивают пластичность металла?</li> <li>5. Почему при испытаниях на растяжение необходимо применять пропорциональные образцы?</li> <li>6. Чем различаются условный и физический пределы текучести?</li> <li>7. От чего зависят ошибки определения прочностных характеристик материалов?</li> <li>8. Какими механическими характеристиками оценивается сопротивление металла малым пластическим деформациям?</li> <li>9. Почему величина истинного предела прочности (<math>SK</math>) больше временного сопротивления разрыву (<math>\sigma_B</math>)?</li> <li>10. Почему для хрупкого материала величина истинного предела прочности (<math>SK</math>) равна временному сопротивлению разрыву (<math>\sigma_B</math>)?</li> <li>11. Как изменяется коэффициент упрочнения металла в процессе его испытания на статическое растяжение?</li> <li>12. Что больше – истинное или условное напряжение при испытаниях металла на растяжение, сжатие?</li> <li>13. Как определить удельную работу равномерной деформации при испытании металла на растяжение?</li> <li>14. В чём преимущества и недостатки испытания металлов на сжатие по сравнению с испытаниями на растяжение?</li> </ol>

15. В каких случаях применяют испытания на статический изгиб?
16. В чём преимущества и недостатки испытаний металла на статических изгиб по сравнению с другими статическими испытаниями?
17. В чём преимущества и недостатки испытания металла на кручение по сравнению с другими статическими испытаниями?
18. В каких статических испытаниях можно, а в каких нельзя довести до разрушения любой материал?
- К разделу 4.
1. Каковы преимущества испытания металла на твёрдость перед другими способами определения механических свойств?
2. По каким признакам классифицируют методы испытаний на твёрдость?
3. Какой физический смысл имеют числа твёрдости, определённые при контактном способе приложения нагрузки?
4. Почему при измерении твёрдости даже в хрупких материалах достигаются большие деформации в зоне приложения нагрузки?
5. Можно ли сравнивать между собой числа твёрдости по Бринеллю (НВ), измеренные с помощью шариков разного диаметра?
6. Почему метод Бринелля редко используется для измерения твёрдости очень твёрдых материалов, для которых 450 НВ и выше?
7. Почему для измерения твёрдости по Бринеллю стремятся выбирать максимальные из допускаемых ГОСТом диаметр шарика и нагрузку?
8. Почему твёрдость, определяемая методом Виккерса, не зависит от величины вдавливающей нагрузки?
9. Чем отличается твёрдость 200 НВ5/750/30 от 200 НВ?
10. Какая твёрдость выше: 40 НРС или 50 НRV? 90 НRV или 90 НВ? 420 НВ или 400 НV?
11. Для чего в приборе Роквелла применяется двухступенчатое приложение нагрузки?
12. Чем отличаются условия испытания твёрдости по шкале С и шкале В метода Роквелла?
13. Как связано число твёрдости по Роквеллу с глубиной вдавливания индентора?
14. Можно ли измерить твёрдость по Виккерсу на криволинейной поверхности образца? По Роквеллу?
15. Какова размерность числа твёрдости по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу?
16. Почему в заводских условиях для контроля твёрдости чаще используют прибор Роквелла, а в исследовательских работах – прибор Виккерса?
17. Для чего нужна параллельность рабочей и опорной поверхностей образца при измерении твёрдости по методам Бринелля и Виккерса?
18. Как можно измерить твёрдость:
- а) закалённой стальной ленты толщиной 0,3 мм;
- б) медного листа толщиной 5 мм;
- в) прутка охваченной стали диаметром 20 мм;

- г) алюминиевой проволоки диаметром 4 мм;  
д) баббитовой заливки в подшипнике скольжения, имеющей толщину 10 мм;  
е) чугуновой отливки массой 1,5 т;  
ж) часового волоска сечением 0,2x0,1 мм<sup>2</sup>?
19. В чём преимущества метода:  
а) Роквелла перед Бринеллем и Виккерсом?  
б) Виккерса перед Бринеллем и Роквеллом?  
в) Бринелля перед Роквеллом и Виккерсом?
20. Рассчитайте твёрдость по Виккерсу для металлического образца, если при нагрузке 10 кГ получился отпечаток с длиной диагонали 0,2 мм. Можно ли твёрдость данного образца измерить на приборе Бринелля?
21. В каких случаях проводят испытания на микротвёрдость?
22. Почему число микротвёрдости больше HV одного и того же металла, если используются механически отполированные образцы?
23. В чём смысл определения твёрдости методом царапания?
24. При решении каких задач используются динамические методы определения твёрдости?
- К разделу 5.
1. В чём заключаются принципиальные различия между хрупким и вязким разрушением металла?
2. Как определяется величина ударной вязкости и в каких единицах она измеряется?
3. Перечислите внешние факторы, способствующие хрупкому разрушению металла?
4. Как изменяются хрупкая прочность ( $S_t$ ) и предел текучести ( $\sigma_T$ ) с изменением температуры испытания? – увеличением скорости деформирования?
5. В чём проявляется хладноломкость металла?
6. По каким признакам можно определить температуру вязко-хрупкого перехода металла?
7. Какой характер излома металла наблюдается выше, внутри и ниже интервала хладноломкости?
8. Какой химический элемент стали сильнее всего повышает её порог хладноломкости?
9. Можно ли получить хрупкое разрушение в металлах, имеющих решётку ГЦК?
10. Почему кипящая сталь не может использоваться в конструкциях, работающих при отрицательных температурах?
11. Почему в металлах с ГЦК решёткой, как правило, наблюдается вязкий характер разрушения?
12. Как влияет величина зерна стали на температуру порога хладноломкости?
13. Какие факторы влияют на разброс значений ударной вязкости?
14. Какие типы надрезов (концентраторов напряжения) допускаются ГОСТом для испытаний на ударный изгиб?
15. Как влияет острота надреза образца на величину ударной вязкости?
16. В каком интервале ошибка в измерении температуры наиболее сильно влияет на ударную вязкость?
17. Что означают цифры, буквы и цифровые индексы после них:  
а) 60 KCU;  
б) 60 KCV;



в) 60 КСТ;  
 г) 80 КСУ+100;  
 д) 50 КСВ-40 150/2/10;  
 д) 40 КСУ+10050/3/7,5.

18. Назовите составляющие ударной вязкости.

19. В чём сущность методик Отани, Дроздовского, Гуляева, Бакши определения работы распространения трещины.

20. Перечислите количественные характеристики, оценивающие трещиностойкость металла.

К разделу 6.

1. В чём особенности методик испытаний на ползучесть и длительную прочность в отличие от кратковременных статических испытаний при высоких температурах?

2. Как определяют предел длительной прочности металла?

3. Высокотемпературная ползучесть металла. Стадии ползучести.

4. Что означает:  
 предел ползучести  $\sigma_{11001} \cdot 10^{-4} = 85 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{11000,5/10000} = 60 \text{ Н/мм}^2$ ;  
 предел длительной прочности  $\sigma_{7001000} = 90 \text{ Н/мм}^2$  ?

5. Почему для определения предела длительной прочности при больших выдержках стремятся избегать экстраполяции от малых выдержек?

К разделам 7 и 8 .

1. Как проводят усталостные испытания металлов?

2. Что такое предел выносливости для чёрных и цветных металлов и сплавов?

3. Каков механизм зарождения усталостных трещин в металлах?

4. Каковы способы повышения усталостной прочности металлов и сплавов?

5. В чём специфика испытаний металлов на термическую усталость?

К разделу 9.

1. Что такое изнашивание и износ?

2. Какие структурные изменения происходят в тонком поверхностном слое детали при износе?

3. Перечислите виды изнашивания материалов.

4. В чём сущность абразивного изнашивания?

5. Приведите примеры, где ведущим видом износа является абразивный износ.

6. Укажите способы повышения износостойкости металлов при абразивном изнашивании.

7. Что такое питтинговый (осповидный) износ?

8. В чём сущность теплового, окислительного, кавитационного и эрозионного изнашивания?

9. Назовите методы определения износостойкости деталей.

10. Как меняется интенсивность износа детали при эксплуатации?

11. Как влияет качество механической обработки поверхности детали и период приработки на износостойкость сопряжённых деталей.

12. Почему часто наблюдается расхождение в оценке износостойкости одного и того же материала при лабораторных и эксплуатационных испытаниях?

К разделу 10.

1. В чём сущность явления сверхпластичности металлических сплавов?

2. При выполнении каких обязательных условий возможно развитие сверхпластичности металлических сплавов?

К разделу 11.

1. Чем отличаются технологические испытания металлов и сплавов от ГОСТовских

	<p>механических испытаний?</p> <p>2. В чём смысл проведения технологического испытания на вытяжку сферической лунки металла по методу Эриксона?</p> <p>3. Перечислите виды технологических испытаний металлических труб.</p>
Экзамен	<p>Задание 7</p> <p>1. Стандартные механические испытания металлов, стендовые и натурные испытания изделий и конструкций. Цели проведения таких испытаний.</p> <p>2. Деформация металлов: упругая и пластическая. Упругие константы металлов.</p> <p>3. Понятие о жесткости напряжённого состояния. Схемы напряжённых состояний металлов по Я.Б. Фридману</p> <p>4. Испытания металлов на статическое растяжение.</p> <p>5. Виды диаграмм деформации при испытаниях на статическое растяжение хрупких и пластичных металлов.</p> <p>6. Условные и истинные напряжения в металле. Диаграмма деформации в истинных координатах (<math>S - \epsilon</math>). Простые и сложные механические характеристики.</p> <p>7. Статические методы измерения твердости.</p> <p>8. Динамические методы определения твердости.</p> <p>9. Косвенный способ оценки хрупкой прочности металлов по результатам серийных ударных испытаний и испытаний на статическое растяжение.</p> <p>10. Испытания металлов на ударную вязкость при комнатной, повышенных и отрицательных температурах.</p> <p>11. Методы разложения ударной вязкости на работу зарождения и работу распространения трещины. (Гуляева, Отани, Дроздовского).</p>

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Золоторевский, В. С. Механические свойства металлов Учеб. для вузов В. С. Золоторевский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1983. - 352 с. ил.
2. Золоторевский, В. С. Механические свойства металлов Учеб. для вузов по группе специальностей направления "Металлургия". - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: МИСИС, 1998. - 398, [1] с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Золоторевский, В. С. Металловедение литейных алюминиевых сплавов В. С. Золоторевский, Н. А. Белов. - М.: МИСИС, 2005. - 374, [1] с.
2. Золоторевский, В. С. Структура и прочность литых алюминиевых сплавов. - М.: Металлургия, 1981. - 191 с. ил.
3. Золоторевский, В. С. Механические испытания и свойства металлов Текст учеб. пособие для вузов по специальности "Металловедение, оборудование и технология терм. обраб. металлов" и "Обраб. металлов давлением" В. С. Золоторевский ; под ред. И. И. Новикова. - М.: Металлургия, 1974. - 303 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Физика металлов и металловедение

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Физические методы исследования материалов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Физические методы исследования материалов

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Золоторевский, В. С. Механические свойства металлов Учеб. для вузов В. С. Золоторевский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1983. - 352 с.	Российская государственная библиотека	Интернет / Авторизованный

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	302 (1)	испытательное оборудование
Лекции	302 (1)	мультимедийный класс