

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 04 » мая 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физика прочности и механические испытания металлов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.02 Metallургия
(код и наименование направления)

Направленность: Metallургия (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование представлений о связи структуры сталей и сплавов и характеристик их механических свойств и умения экспериментально оценивать основные характеристики: твердость, прочность, пластичность, ударную вязкость, критическую температуру хрупкости и трещиностойкость.

Задачи:

- приобретение знаний о связи структуры сталей и сплавов и характеристик их механических свойств,
- приобретение умений экспериментально оценивать основные характеристики: твердость, прочность, пластичность, ударную вязкость, критическую температуру хрупкости и трещиностойкость.
- приобретение навыков проведения испытаний.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- теория дислокаций как объект, позволяющий увязывать исходную структуру металлов и сплавов и ее изменение в процессе нагружения или воздействия других факторов с уровнем характеристик механических свойств;
- нормативные документы (ГОСТы) для определения характеристик механических свойств сталей и сплавов и методы определения упругих, прочностных, пластических и других механических свойств металлических материалов;
- конструкционные стали и сплавы и основные характеристики механических свойств сталей и сплавов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.3	ИД1-ПК2.3	Знает нормативные и методические документы, регламентирующие проведения испытаний для определения основных характеристик механических свойств: твердости, прочности, пластичности, ударной вязкости.	Знает номенклатуру материалов, используемых на производстве; нормативные и методические документы, регламентирующие работы по контролю качества термообработки; особенности пробоподготовки для различных видов контроля.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.3	ИД2-ПК2.3	Умеет проводить подготовку образцов и оборудования к проведению испытаний, рассчитывать характеристики механических свойств и оценивать полученные результаты	Умеет проводить подготовку объектов исследования; оценивать основные показатели качества изделий до и после термической обработки.	Защита лабораторной работы
ПК-2.3	ИД3-ПК2.3	Владеет навыками выбора типоразмера образцов и вида оборудования для проведения испытаний, процедур количественной оценки механических свойств металлов и сплавов.	Владеет навыками выбора методов и образцов для осуществления контроля; выбора способов подготовки образцов для исследований; количественной оценки контролируемых показателей свойств материалов.	Отчет по практике
ПК-2.4	ИД1-ПК-2.4	Знает нормативные и методические документы по проведению испытаний	Знает нормативные и методические документы, регламентирующие работы по контролю процесса и контролю качества термообработки; нормативную документацию по оформлению и разработке технологических процессов, проведению испытаний.	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.4	ИД2-ПК-2.4	Умеет разрабатывать технологические и технические решения для проведения испытаний в соответствии с порядком, установленным на производстве.	Умеет разрабатывать технологические и технические решения в соответствии с порядком, установленным на производстве.	Коллоквиум
ПК-2.4	ИД3-ПК-2.4	Владеет навыками решения задач по проведению испытаний с учетом нормативных требований и правил.	Владеет навыками решения задач термического производства и проведения испытаний с учетом нормативных требований и правил.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Упругость и пластичность металлов. Механизмы упрочнения. Теория и практика механических испытаний	8	10	8	28
Тема 1. Напряженное и деформированное состояние Тема 2. Упругость и неупругость металлов Тема 3. Пластическая деформация в металлах Тема 4. Теория и практика механических испытаний Тема 5. Механизмы упрочнения металлов и сплавов				
Разрушение металлов и сплавов	10	8	8	26
Тема 6. Разрушение металлов Тема 7. Влияние циклического нагружения на разрушение металлов (усталость металлов) Тема 8. Влияние температуры на разрушение (ползучесть металлов) Тема 9. Изнашивание металлов Тема 10. Конструкционная прочность металлов и сплавов				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 7-му семестру	18	18	16	54
ИТОГО по дисциплине	18	18	16	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Напряженное и деформированное состояние. Математическое описание
2	Изучение нормативных документов для проведения механических испытаний
3	Количественная оценка вклада различных механизмов упрочнения в предел текучести стали
4	Расчет характеристик трещиностойкости
5	Расчет характеристик сопротивления ползучести и длительной прочности
6	Диаграммы конструкционной прочности. Построение и анализ

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Экспериментальное определение упругих модулей
2	Определение твердости сталей и сплавов
3	Определение характеристик прочности и пластичности при испытаниях на одноосное растяжение
4	Определение ударной вязкости сталей и сплавов
5	Определение критической температуры хрупкости сталей и сплавов

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Золоторевский В. С. Механические свойства металлов : учебник для вузов / В. С. Золоторевский. - Москва: Изд-во МИСиС, 1998.	34
2	Симонов Ю. Н. Основы физики и механики разрушения : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Симонов, М. Н. Георгиев, М. Ю. Симонов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	5

3	Симонов Ю. Н. Физика прочности и механические испытания металлов : курс лекций / Ю. Н. Симонов, М. Ю. Симонов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020.	5
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Бернштейн М. Л. Механические свойства металлов / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский. - Москва: Металлургия, 1979.	26
2	Вылежнев В. П. Экспертиза качества и разрушений : учебное пособие для вузов / В. П. Вылежнев, С. С. Югай. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	4
3	Горицкий В.М. Диагностика металлов / В.М.Горицкий. - Москва: Металлургиздат, 2004.	1
4	Мосичев В.И. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Методы атомной спектроскопии : атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и рентгенофлуоресцентный анализ : справочник / В.И. Мосичев, Г.И. Николаев, Б.Д. Калинин. - СПб: Профessional, 2006.	4
5	Николаева Е. А. Прочность и разрушение материалов : учебное пособие / Е. А. Николаева. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	30
2.2. Периодические издания		
1	Металловедение и термическая обработка металлов : научно-технический и производственный журнал / Редакция журнала Металловедение и термическая обработка металлов. - Москва: Машиностроение, 1955 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Указатель стандартов : По сост. на 1.01.2000 : указатель ГОСТ Р; .. СТ СЭВ; .. ГОСТ : по сост. на 1.01.2000. - Екатеринбург: КОАП, 2000.	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Прочность и разрушение материалов	https://elibr.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2591	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Экспертиза качества и разрушений	https://elibr.pstu.ru/docview/?fDocumentId=614	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Основы физики и механики разрушения	https://elibr.pstu.ru/docview/?fDocumentId=575	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Вибратор Дроздовского	1
Лабораторная работа	Копер маятниковый КМ-30	2
Лабораторная работа	Микротвердомер ПМТ-3	1
Лабораторная работа	Разрывная машина Р-5	1
Лабораторная работа	Твердомер Шора	1
Лабораторная работа	Твердомеры Бринелля, Роквелла	2
Лекция	Проектор, экран, компьютеры	1
Практическое занятие	Компьютеры	20

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Физика прочности и механические испытания металлов»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 22.03.02 Metallургия

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** 1. Metalловедение и технология термической
обработки стали и высокопрочных сплавов
2. Metalловедение, термическая обработка и
экспертиза

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Metalловедение, термическая и лазерная
обработка

Форма обучения: Очная

Курс: 4 **Семестр:** 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 7 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным и практическим работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Контролируемые результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Итоговый
	ПЗ	ЛР	КМ	Экзамен
Усвоенные знания				
3.1 знать основные положения нормативных документов для выбора характеристик механических свойств	ОПЗ 1, 2	ОЛР 1, 2, 3, 4, 5	КМ 1	ТВ
3.2 знать методы испытаний и расчетов основных характеристик механических свойств	ОПЗ 4, 5, 6	ОЛР 2, 3, 4, 5	КМ 1, 2	ТВ
3.3 знать основные характеристики механических свойств	ОПЗ 4, 5, 6	ОЛР 2, 4, 5	КМ 1, 2	ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь использовать государственные стандарты для экспериментального определения основных характеристик механических свойств	ОПЗ 1, 2	ОЛР 1, 2, 3, 4, 5	КМ1	ТВ
У.2 уметь выбирать испытательное оборудование для экспериментального определения основных характеристик механических свойств	ОПЗ 4, 5, 6	ОЛР 1, 2, 3, 4, 5	КМ2	ТВ
Приобретенные владения				
В.1 владеть процедурами проведения испытаний для определения основных характеристик механических свойств		ОЛР 3, 4		КЗ
В.2 владеть процедурами проведения испытаний для расчета основных характеристик механических свойств	ОПЗ 4, 5			КЗ

КМ – коллоквиум по модулю;

ОЛР – отчет о лабораторной работе;

ОПЗ – отчет о практическом занятии

ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является итоговая аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной

аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме защиты практических и лабораторных работ проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме коллоквиума после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных и практических работ

Всего запланировано 4 лабораторные работы и 4 практические работы. Типовые темы лабораторных и практических работ приведены в РПД.

Защита лабораторной или практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы – КР, которые входят в состав рубежных коллоквиумов.

Первая КР – по модулю 1 «Прочность и пластичность металлов и сплавов», вторая КР – по модулю 2 «Разрушение металлов и сплавов».

Типовые задания первой КР:

– Описание процедур определения характеристик прочности и пластичности.

Типовые задания второй КР:

– Описание процедур определения характеристик трещиностойкости, жаропрочности и сопротивления усталости.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных и практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы а также – в Приложении 1.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Классификация механизмов упрочнения.
2. Сущность и виды твердорастворного упрочнения
3. Виды ползучести, их физическая сущность. Диаграмма видов ползучести.
4. Усталость металлов. Характеристики сопротивления усталости.
5. Упругость металлов. Характеристики упругости.

Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:

1. По представленной диаграмме определить численное значение предела прочности.
2. По представленной диаграмме определить численное значение условного предела текучести.
3. По представленной диаграмме определить численное значение относительного удлинения.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Провести качественный анализ эффективности действия основных механизмов упрочнения в закаленной и высокоотпущенной стали 40ХН2МА.
2. Провести качественный анализ эффективности действия основных механизмов упрочнения в закаленной и низкоотпущенной стали 9ХС.

3. Провести качественный анализ эффективности действия основных механизмов упрочнения в закаленной стали 07Х3ГНМЮА.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Форма билета для экзамена
по дисциплине «Физика прочности и механические испытания металлов»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

22.03.02 «Металлургия»
Профиль «Металловедение и технология
термической обработки стали и
высокопрочных сплавов»
Кафедра «Металловедение, термическая и
лазерная обработка металлов»

БИЛЕТ № 15

1. Механизмы упрочнения металлов и сплавов. Зернограничный механизм упрочнения (*контроль знаний*)
2. Провести качественный и количественный анализ диаграммы растяжения и определить численное значение предела прочности (*контроль умений и владений*)
3. Провести качественный анализ эффективности действия основных механизмов упрочнения в закаленной стали 07X3ГНМЮА.

Составитель

(подпись)

Ю.Н. Симонов

Заведующий кафедрой

(подпись)

Ю.Н. Симонов

«___» _____ 2023 г.