

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий
(126)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №5 от 10 марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Подземная разработка рудных месторождений

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Анциферова Анна
Владимировна
Дата подписания: 15.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Балановский
Андрей Евгеньевич
Дата подписания: 19.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Лысков
Владимир Мефодьевич
Дата подписания: 15.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Материаловедение» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-4 Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК ОС-4.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-4.2	Применяет в профессиональной деятельности знания основных закономерностей в формировании и изменении структуры и свойств металлов и сплавов под действием технологических и производственных факторов	Знать теорию строения металлов, фазовые превращения, механизмы изменения структуры материалов, классификацию и маркировку углеродистых конструкционных и инструментальных сплавов, а также легированных сталей и цветных сплавов. Уметь устанавливать взаимосвязь между составом, структурой и свойствами сплавов, применять методы контроля материалов (макро- и микроанализ) для выявления структурных изменений, дефектов и оценки качества, обоснованно подбирать материалы для конкретных деталей и конструкций исходя из условий их эксплуатации, подбирать оптимальные режимы термической и химико-термической обработок для получения заданных механических свойств Владеть навыками работы с технической документацией (ГОСТы, ТУ, марочники), инструментальными методами оценки механических и физических свойств металлов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Материаловедение» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Технологии подземной разработки пластовых и россыпных месторождений», «Технологии горных работ», «Геологическое обеспечение горных работ», «Технологии проведения горных выработок», «Физико-химическая геотехнология»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Строение металлов	1	4	1	2			3	15	Устный опрос
2	Основы кристаллизации	2	2	2	2			1	25	Тест
3	Механические свойства и конструкционная прочность	3	4	3	2			4	10	Устный опрос
4	Процессы формирования структуры при деформации и нагреве	4	2	4	2					Устный опрос
5	Железоуглеродистые сплавы	5	6	5	2					Тест
6	Теория термической и химико-термической обработки	6	6	6	2					Тест

7	Легированные стали	7	2	7	2					Устный опрос
8	Сплавы на основе цветных металлов	8	2	8	2					Устный опрос
9	Неметаллические материалы	9	4					2	10	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32		16				60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Строение металлов	Структура металлов и металлических сплавов. Основные понятия: компонент, фаза, структурная составляющая. Понятия о зерне, границе зерна, вторичной фазе. Субструктура. Понятие о субзерне и границе субзерен. Кристаллическая структура. Строение реальных кристаллов. Типы кристаллических решеток. Анизотропия. Дефекты кристаллического строения (точечные, линейные, поверхностные, объемные) и их влияние на свойства металлов. Методы исследования структуры. Физические методы исследования структуры: рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия и др. Макро- и микроанализ структуры металлов и сплавов
2	Основы кристаллизации	Механизм кристаллизации металлов. Процесс зарождения и роста кристаллов. Строение металлического слитка. Модифицирование металлов для управления размером зерна. Твердые растворы (замещения, внедрения), химические соединения, механические смеси. Анализ диаграмм состояния. Диаграммы фазового равновесия. Равновесное и неравновесное состояние сплавов. Типы фаз, образующихся в металлических сплавах (твердые растворы, химические соединения, промежуточные фазы). Правило отрезков для определения состава и количества фаз. Диаграмма железо-цементит. Связь между диаграммой состояния и технологическими свойствами. Фазы и структурные составляющие (феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит). Классификация сталей и чугунов по структуре.
3	Механические свойства и конструкционная прочность	Механические испытания. Классификация видов испытаний. Циклические испытания. Методы определения твердости. Виды деформаций. Текучесть металлов. Прочность. Разрушение металлов. Механика разрушения. Хрупкое разрушение. Вязкое разрушение. Статические и

		динамические испытания. Испытания на растяжение и ударный изгиб. Надежность, долговечность, выносливость материалов.
4	Процессы формирования структуры при деформации и нагреве	Напряжения и деформация. Упругая деформация. Пластическая деформация моно- и поликристаллов. Механизмы пластической деформации: скольжения и двойникования. Сопротивление идеальной решетки сдвигу. Скольжение дислокаций, как процесс пластического деформирования. Влияние пластической деформации на структуру металлов. Текстура деформации. Наклеп (нагартовка) и изменение свойств металла под действием деформации. Обработка металлов давлением. Закономерности этих процессов при получении определенной структуры металла и требуемых свойств изделий. Нагрев деформированного металла. Процессы возврата, полигонизации и рекристаллизации. Рекристаллизация. Рекристаллизационный отжиг. Влияние температуры на величину зерна. Горячая и холодная деформация. Влияние нагрева на структуру и свойства холоднодеформированного металла. Влияние горячей деформации на структуру и прочность металла.
5	Железоуглеродистые сплавы	Технически чистое железо. Углеродистые стали. Технологические примеси железоуглеродистых сплавов. Классификация сталей. Чугуны (серые, высокопрочные, ковкие), их классификация. Влияние скорости охлаждения, примесей и последующей ТО на структуру сталей. Применение сталей и чугунов.
6	Теория термической и химико-термической обработки	Общая классификация видов термообработки: термическая, термомеханическая и химико-термическая обработка. Превращения в стали при нагреве и охлаждении. Кинетика распада аустенита. Перлитное превращение. Механизм перлитного превращения. Мартенсит, его строение и свойства. Мартенситное превращение. Диаграмма изотермического распада аустенита. Влияние степени переохлаждения аустенита на строение и свойства перлитных структур. Основные операции термического воздействия: отжиг, закалка, отпуск. Нормализация. Основные виды отжига. Основные виды закалки стали. Режимы и назначение отжига, нормализации, закалки и отпуска сталей. Прокаливаемость и закаливаемость. Отпуск стали. Виды и назначение отпуска. Обработка стали холодом. Цементация, азотирование, цианирование. Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ).

7	Легированные стали	<p>Влияние легирующих элементов на свойства стали</p> <p>Конструкционные стали общего назначения. Цементуемые, улучшаемые, рессорно-пружинные, износостойкие, строительные, автоматные. Требования, предъявляемые к ним. Маркировка, области применения. Жаропрочные стали. Жаропрочность. Пути повышения жаропрочности. Стали перлитного, мартенситного и мартенситно-ферритного классов. Аустенитные жаропрочные стали; гомогенные стали, жаропрочные стали аустенитного класса с карбидным и интерметаллидным упрочнением. Области применения жаропрочных сталей. Жаропрочные сплавы на железо – никелевой и никелевой основе. Износостойкие стали. Инструментальные стали и сплавы. Основные требования, предъявляемые к инструментальным сталям. Классификация инструментальных сталей. Стали для режущего инструмента. Понятие красностойкости (теплостойкости). Стали пониженной и повышенной прокаливаемости. Быстрорежущие стали. Штамповые стали. Классификация, требования, предъявляемые к этим сталям. Стали для штампов при деформации металла в горячем и холодном состояниях. Основные марки, термическая обработка, области применения.</p>
8	Сплавы на основе цветных металлов	<p>Цветные сплавы Медь и ее сплавы. Латунни (одно- и двухфазные латуни). Диаграмма состояния медь-цинк. Применение латуней. Бронзы. Виды бронз: оловянистые, алюминийевые, кремнистые, марганцовистые, свинцовистые и бериллиевые. Состав и свойства бронз, их марки и область применения. Технологические свойства и применение бронз. Алюминий и его сплавы. Взаимодействие алюминия с легирующими элементами и примесями. Строение и свойства алюминиевых сплавов в литом и деформированном состоянии. Общая характеристика видов термической обработки сплавов алюминия. Термическая обработка алюминиевых сплавов. Титан и его сплавы. Классификация титановых сплавов. Свойства титана, взаимодействие титана с легирующими элементами. Влияние легирующих элементов и примесей на свойства сплавов титана. Классификация легированных сплавов титана по структуре. Маркировка, термическая обработка титановых сплавов и области их применения.</p>
9	Неметаллические материалы	<p>Общие сведения о неметаллических материалах. Основные группы неметаллов, области их</p>

		<p>применения. Особенности свойств. Области применения неметаллических материалов в технике в качестве конструкционных, фрикционных, антифрикционных, теплозащитных, тепло звукоизоляционных, электротехнических материалов и т.д. Полимерные материалы. Классификация полимерных материалов. Термопластичные полимеры, их физическое состояние в зависимости от температуры. Общая характеристика, их разновидности и свойства, области применения. Пластмассы, их составы, свойства. Наполнители, ингибиторы, активизаторы в пластмассах. Их влияние на свойства пластмасс. Пластмассы с порошковыми, волокнистыми и листовыми наполнителями. Поропласты- и пенопласты. Виды резиновых материалов. Процессы вулканизации резиновых материалов. Старение резины. Строение, свойства и области применения.</p>
--	--	--

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Изучение и анализ макро- и микроструктуры металлов	2
2	Диаграмма состояния железо-цементит	2
3	Методы измерения твердости металлов и сплавов (по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу)	2
4	Пластическая деформация и рекристаллизация	2
5	Микроскопический метод исследования структур сталей и чугунов	2
6	Изучение процессов закалки и отпуска углеродистой стали	2
7	Микроструктура и свойства легированных сталей	2
8	Микроструктурный анализ цветных металлов и их сплавов	2

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих	25

	тестов	
2	Подготовка к зачёту	10
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	15
4	Проработка разделов теоретического материала	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: работа в команде

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам).

Студент при подготовке к лабораторным работам изучает материал по теме работы и предварительно знакомится с порядком ее выполнения. Лабораторная работа оформляется в виде отчета, содержит название, цель, краткое описание хода работы, оборудование, необходимые схемы процессов, таблицы, графики.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Выполнение тренировочных и обучающих тестов.

Текущий контроль проводится в форме тестирования по каждому отдельному разделу дисциплины. Для подготовки необходимо предварительно ознакомиться с контрольными вопросами по теме занятия и ответить на них. Рекомендуется использовать конспект лекций и литературу из основного списка.

В рамках самостоятельной работы и подготовки к зачету предусмотрено самостоятельное изучение некоторых тем. Рекомендуется составить конспект по одной из предложенных тем. В конспекте должна быть полностью раскрыта тема, представлены рисунки, схемы, графики, таблицы. Объем конспекта не менее 15 страниц формата А4 (шрифт Times New Roman 14, одинарный интервал). Крайний срок представления конспекта – последняя неделя семестра.

Темы для конспектирования:

- Современные методы изменения структуры и свойств
- Аморфные металлы (металлические стекла): способы получения, особенности структуры и магнитные свойства
- Химико-термическая обработка
- Особенности формирования микроструктуры и фазового состава металлов при селективном лазерном плавлении (3D-печать)
- Сплавы с эффектом памяти формы (на основе никелида титана)
- Коррозионное растрескивание под напряжением: влияние структуры границ зерен на стойкость сталей к разрушению
- Электротехнические материалы

Подготовка к зачету (итоговый контроль по дисциплине) необходим для объективного выявления результатов сопоставления действительных результатов обучения с запланированными в рабочей программе дисциплины. В ходе подготовки к зачету, студенту необходимо проработать весь изученный за семестр теоретический материал, ответить на все вопросы вынесенные на зачет. Студент допускается к сдаче зачета при

условии, что успешно пройдено тестирование по разделам дисциплины и выполнен конспект по одной из тем.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Тест

Описание процедуры.

Проводиться тестирование после каждого теоретического раздела дисциплины. Время выполнения — 10-15 минут.

Вопрос 1 (Множественный выбор):

Какая из указанных фаз в системе железо-углерод обладает наибольшей пластичностью и имеет гранецентрированную кубическую (ГЦК) решетку?

- а) Цементит
- б) Перлит
- в) Аустенит
- г) Мартенсит

Вопрос 2 (Множественный выбор):

Как изменяются механические свойства стали в результате холодного наклепа (пластической деформации)?

- а) Прочность растет, пластичность падает
- б) Прочность падает, пластичность растет
- в) Твердость уменьшается, ударная вязкость увеличивается
- г) Все свойства остаются неизменными

Вопрос 3 (Соответствие):

Установите соответствие между операцией термической обработки стали 45 и получаемой микроструктурой:

1. Закалка в воду
 2. Полный отжиг
 3. Высокий отпуск (600 °С)
- А) Феррит + Перлит
 - Б) Мартенсит
 - В) Сорбит отпуска

Вопрос 4 (Множественный выбор):

Сталь У8 нагрета до температуры 750 оС и охлаждена на воздухе. Назовите ее структуру.

- Феррит и перлит
- Мартенсит
- Перлит

Вопрос 5 (Множественный выбор):

Что такое цементит?

- Химическое соединение Fe₃C.
- Сплав железа с углеродом, углерод не более 2,14%.
- Эвтектидная смесь феррита и цементита.

Вопрос 6 (Множественный выбор):
Что обозначает точка А на диаграмме?

- Максимальную растворимость углерода в α Fe.
- Точку полиморфного превращения $Fe\alpha \leftrightarrow Fe\gamma$.
- Температуру плавления чистого железа.

Вопрос 7 (Множественный выбор):
Укажите линию солидус?

- ABCD
- AHJECF
- PSK

Критерии оценивания.

При правильных ответах на более 80% вопросов в тестах, студент получает допуск к зачету

6.1.2 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Усвоение теоретического материала по отдельным разделам дисциплины проверяется устным опросом студентов.

Примерные вопросы для устного опроса:

1. Что такое кристаллическая решетка? Назовите основные типы решеток в металлах.
2. Что называют полиморфизмом (аллотропией)? Приведите примеры полиморфных металлов.
3. Какие виды дефектов существуют в кристаллах и как они влияют на прочность металла?
4. Опишите механизм процесса кристаллизации (зародыши и рост кристаллов).
5. Как скорость охлаждения при литье влияет на размер зерна и свойства отливки?
6. Что такое наклеп (нагартовка) и при каких технологических операциях он возникает?
7. Что происходит со структурой и свойствами деформированного металла при нагреве (процесс рекристаллизации)?
8. В чем принципиальное технологическое отличие горячей пластической деформации от холодной?

Критерии оценивания.

опрос оценивается на основе полноты и правильности ответов, при небольших неточностях студенту ответ засчитывается. При неполном или ошибочном изложении материала ответ на вопрос не засчитывается

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения	Критерии оценивания	Средства
----------------------	---------------------	----------

компетенции		(методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-4.2	зачет	зачет

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Видом итоговой аттестации по дисциплине является зачет.

Условием допуска к зачету является посещение студентом не менее 90 % аудиторных занятий, качественное оформление отчета по лабораторным работам, успешно пройденное тестирование, написание и сдача конспекта по выбранной теме. Список вопросов, вынесенных на зачет выдается студентам заранее.

Для оценки знаний на зачете студенту предлагается ответить на контрольные вопросы по изучаемому курсу. При правильных ответах на 90% вопросов и более выставляется оценка «зачтено».

Вопросы для зачета

1. Типы кристаллических решеток в металлах. Понятие об анизотропии и полиморфизме (аллотропии) на примере железа и титана.
2. Дефекты кристаллического строения (точечные, линейные, поверхностные, объемные).
3. Полиморфизм металлов на примере железа.
4. Диаграмма состояния железо–цементит (компоненты, фазы и структурные составляющие системы).
5. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали
6. Дефекты в структурах сталей
7. Гомогенная кристаллизация. Процессы образования зародышей и их роста. Степень переохлаждения, ее влияние на размер критического зародыша и величину зерна.
8. Гетерогенная кристаллизация. Дендритная схема роста кристаллов. Строение слитка. Ликвация. Модифицирование.
9. Твердые растворы внедрения и замещения. Механизмы их образования, обозначение, свойства.
10. Диаграмма состояния железо–цементит: превращения при охлаждении доэвтектоидных, эвтектоидных и заэвтектоидных сталей.
11. Серые, высокопрочные и ковкие чугуны: особенности химического состава, формы графитовых включений и области применения.
12. Деформация упругая и пластическая. Механизмы пластической деформации на примере монокристалла.
13. Пластическая деформация поликристаллических металлов. Изменение их структуры и свойств при пластической деформации. Наклеп (нагартовка).
14. Влияние нагрева на структуру и свойства пластически деформированного металла. Возврат и полигонизация.
15. Рекристаллизация первичная и собирательная. Температура рекристаллизации. Изменение свойств в процессе рекристаллизации. Размер зерна после рекристаллизации.

16. Нормализация сталей: технологические особенности, получаемая структура, отличие от полного отжига и область применения.
17. Закалка сталей. Выбор температуры нагрева для доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей. Закаливаемость и прокаливаемость (факторы, влияющие на них).
18. Отпуск закаленной стали. Процессы, происходящие при нагреве мартенсита. Структуры отпуска (мартенсит, троостит, сорбит отпуска) и их механические свойства. Явление отпускной хрупкости.
19. Принципы маркировки углеродистых и легированных сталей (ГОСТ). Влияние легирующих элементов на структуру и свойства сталей.
20. Основные способы (термообработкой) упрочнения деформируемых алюминиевых сплавов (дуралюмины).

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
<p>Студент демонстрирует знание базовых закономерностей формирования структуры металлов. Понимает, как деформация и нагрев изменяют свойства материала. Умеет расшифровать основные марки конструкционных сталей и объяснить разницу между операциями отжига, закалки и отпуска. Лабораторные работы выполнены и защищены. Тестирование успешно пройдено. Допускаются отдельные незначительные ошибки, исправляемые самим студентом при наводящих вопросах.</p>	<p>Студент имеет грубые пробелы в базовых знаниях. Не понимает влияния технологических факторов на свойства материалов. Не умеет ориентироваться в марках материалов и диаграммах состояния. Лабораторные работы пропущены и не выполнены. Тестирование не пройдено. Отказывается от ответа или демонстрирует полное непонимание предмета.</p>

7 Основная учебная литература

1. Бузевич Г. И. Материаловедение. Исследование коррозионной стойкости сплавов [Электронный ресурс] : методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов авиационных, машиностроительных и механических специальностей / Г. И. Бузевич, 2008. - 18.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3983.pdf>

2. Материаловедение. Сплавы на основе цветных металлов [Электронный ресурс] : методическое пособие по выполнению лабораторных и самостоятельных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2008. - 43.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3973.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для вузов по направлениям подгот. бакалавров и магистров "Технология, оборудование и автоматизация машиностроит. пр-в"... / В. Б. Арзамасов [и др.], 2007. - 446.

2. Материаловедение: Практикум : для вузов по направлениям и специальностям в обл. техники и технологий / В. И. Городниченко [и др.]; под ред. С. В. Ржевской, 2006. - 274.
3. Солнцев Ю.П. Материаловедение : учеб. для сред. проф. образования / Ю.П. Солнцев, С. А. Вологжанина, 2007. - 492.
4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. В. Шишкин [и др.]; под ред. В. С. Чередниченко, 2008. - 751.
5. Ржевская С. В. Материаловедение : учеб. для вузов в обл. техники и технологии / С. В. Ржевская, 2006. - 421.
6. Евстратова Н. Н. Материаловедение : пособие для техн. специальностей вузов / Н. Н. Евстратова, В. Т. Компанеев, В. А. Сухарникова, 2006. - 268.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Свободно распространяемое программное обеспечение
2. Microsoft Office.

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 1158 Микроскоп МИМ-7
2. Экран Dgaper 178*178
3. 1284 Микроскоп МИМ-8
4. 11505 Твердомер ТШ-2
5. Печь муфельная ЭКПС 10