МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

УТВЕРЖДАЮ

Директор
(должность)
Лоцев Г.В
(ФИО)
3 сентября____2026 г.

Материаловедение

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта**

Учебный план Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика
Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"

Квалификация **бакалавр**
Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**
Часов по учебному плану 72
в том числе:
аудиторные занятия 36
самостоятельная работа 35,9

Виды контроля в семестрах:
зачет с оценкой 4

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**4 (2.2)**		Итого	
Недель	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Контактная работа в период теоретического обучения	0,1	0,1	0,1	0,1
В том числе инт.	2	2	2	2
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36,1	36,1	36,1	36,1
Сам. работа	35,9	35,9	35,9	35,9
Итого	72	72	72	72

Программу составил(и):
к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич

к.т.н, Джаманкулов Азамат Кенешбекович

Рецензент(ы):
к.ф.-м.н., Комарцов Никита Михайлович

д.т.н, Муслимов Аннас Поясович

Согласовано РОП:
к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич

Рабочая программа дисциплины
Материаловедение

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 729)

составлена на основании учебного плана:

Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика
Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании **Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта**

Протокол от 02.09.2026 г. № 1
Срок действия программы: 2026-2032 уч.г.
Руководитель подразделения: Алсеитов Мирлан Тилегенович

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Материаловедение

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Основной целью изучения дисциплины «Материаловедение» является получение знаний о наиболее важных физических и химических превращениях в металлах и сплавах, их строении, свойствах основных конструкционных материалов, а также об основных технологических процессах для изменения свойств материала, используемых при изготовлении машин и аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.3
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Б1.О.2.01. Введение в высшую математику
2.1.2	Б1.О.3.01. Введение в профессиональную деятельность
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Б3.О.02. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
2.2.2	Б1.В.1.ДВ.04.01. Экспериментальная механика деформируемого твердого тела
2.2.3	Б1.О.3.03. Сопротивление материалов
2.2.4	Б1.В.1.ДВ.07.01. Сопротивление материалов (продвинутый курс)
2.2.5	Б2.О.02(Пд). Преддипломная практика
2.2.6	Б3.О.03. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.7	Б2.О.01(У). Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;	
Знать:	
Уровень 1	Знает современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.
Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	Умеет выбирать оптимальные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	Имеет навыки применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.
Уровень 2	
Уровень 3	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	свойства основных конструкционных материалов, применяемых в машиностроении; методы получения конструкционных материалов для производства различной продукции; теоретические и экспериментальные методы исследования материалов.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	применять методики экспериментальных исследований, анализа и расчета получения требуемых свойств конструкционных материалов.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	исследования конструкционных материалов; изучения внутреннего строения материалов; применения способов достижения требуемых свойств материалов; изучения теории и практики процессов термической обработки
3.3.2	различных материалов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)								
Код занятия	**Наименование разделов и тем /вид занятия/**	**Семестр / Курс**	**Часов**	**Компетен-ции**	**Литература**	**Инте ракт.**	**Пр. подг.**	**Примечание**
	Раздел 1. Металлы и сплавы. Строение металлов и сплавов. Свойства металлов. Основы термообработки материалов							
1.1	Группы конструкционных материалов и связь «состав — структура — технология — свойства». Металлическая, ковалентная и ионная связи. Решётки ОЦК, ГЦК и ГПУ; зёрна, границы зёрен, точечные дефекты и дислокации. Упругая и пластическая деформация. Влияние структуры на прочность, пластичность и анизотропию. Пример: изменение свойств стали после холодной деформации. /Лек/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.2	Свойства материалов /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.3	Первичная кристаллизация, зарождение и рост кристаллов; влияние охлаждения на размер зерна. Компонент, фаза, структурная составляющая. Твёрдые растворы и химические соединения. Диаграммы состояния бинарных сплавов: ликвидус, солидус, эвтектика. Определение состава и долей фаз по правилу рычага. Равновесная диаграмма и ограничения её применения к быстрому охлаждению. /Лек/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.4	Технологические свойства материалов. Окалиностойкость. /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.5	Построение диаграммы состояния /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.6	Метастабильная диаграмма Fe–Fe3C: феррит, аустенит и цементит; перлит как структурная составляющая. Эвтектоидное превращение. Доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные стали. Белый, серый, ковкий и высокопрочный чугуны; роль формы графита. Влияние углерода и примесей на свойства. Выбор стали или чугуна для вала, корпуса и станины. /Лек/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.7	Изготовление образцов для получения шлифов. Изучение структуры чугунов и стали с помощью щлифов /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1	2		

1.8	Классификация сталей. Маркировка. Машиностроительные стали. Конструкционные стали. Инструментальные стали Углеродистые и легированные стали; влияние легирования на структуру и эксплуатационные свойства. Обозначения марок на примерах 45, 40Х, 12Х18Н10Т без подмены состава точными справочными данными. Улучшаемые, цементуемые, коррозионностойкие и инструментальные стали. Компромисс между прочностью, вязкостью, свариваемостью и стоимостью. Коррозия и износ; защитные меры. /Лек/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.9	Изучение влияния углерода на твердость стали /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.10	Основы термообработки металлов . Углеродистые и легированные стали; влияние легирования на структуру и эксплуатационные свойства. Обозначения марок на примерах 45, 40Х, 12Х18Н10Т без подмены состава точными справочными данными. Улучшаемые, цементируемые, коррозионностойкие и инструментальные стали. Компромисс между прочностью, вязкостью, свариваемостью и стоимостью. Коррозия и износ; защитные меры. /Лек/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.11	Термообработка деталей /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.12	Металлы и сплавы. Строение металлов и сплавов. Свойства металлов. Основы термообработки материалов /Ср/	4	10	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
	Раздел 2. Цветные металлы.							
2.1	Алюминиевые, медные, титановые и магниевые сплавы: плотность, жёсткость, прочность, коррозионная стойкость и технологичность. Деформируемые и литейные сплавы. Дисперсионное твердение и старение на качественном уровне. Удельная прочность и удельная жёсткость. Выбор материала лёгкой детали и токопроводящего элемента. Ограничения сравнения только по одному показателю /Лек/	4	4	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
2.2	Медь. Бронзы и латуни /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			

2.3	Алюминиевые, медные, титановые и магниевые сплавы: плотность, жёсткость, прочность, коррозионная стойкость и технологичность. Деформируемые и литейные сплавы. /Ср/	4	10	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
	Раздел 3. Композитные материалы.							
3.1	Термопласты и реактопласты; влияние температуры и времени нагружения на свойства. Керамика: твёрдость, термостойкость и хрупкость. Композиты: матрица, армирование, направление волокон, межслойное разрушение. Ортотропия и зависимость свойства от направления. Различие эксплуатационного поведения стали, полимера и углепластика. Области применения и ограничения упрощённых моделей. /Лек/	4	4	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.2	Термопласты и реактопласты; влияние температуры и времени нагружения на свойства. /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.3	Композиты: матрица, армирование, направление волокон, межслойное разрушение. Ортотропия и зависимость свойства от направления. /Пр/	4	2	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.4	Термопласты и реактопласты; влияние температуры и времени нагружения на свойства. Керамика: твёрдость, термостойкость и хрупкость. Композиты: матрица, армирование, направление волокон, межслойное разрушение. Ортотропия и зависимость свойства от направления. Различие эксплуатационного поведения стали, полимера и углепластика. Области применения и ограничения упрощённых моделей. /Ср/	4	15,9	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.5	Подготовка к зачету /КрТО/	4	0,1	ОПК-7	Л1.1Л2.1Л3.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Контрольные вопросы
1) Что такое элементарная кристаллическая решетка?
2) Что называют аллотропией или полиморфизмом?
3) Что такое критическая температура?
4) Назовите физические и механические свойства металлов.
5) В чем заключаются испытания на растяжения?
6) Дайте определение показателям прочности.
7) Перечислите методы исследования материалов.
8) Что такое диаграмма состояния сплавов?

9) Что такое линия ликвидуса и солидуса на диаграмме состояния железо-углерод?
10) Какой сплав называется эвтектическим?
11) Что такое цементит, феррит, аустенит?
12) Как отличаются свойства чугуна от свойств стали?
13) Назовите виды термической обработки стали?
14) Объясните, что такое отжиг первого и второго рода.
15) В чем заключается процесс нормализации стали?
16) Что такое закалка стали?
17) Что такое отпуск стали?
18) Назовите способы поверхностного упрочнения стали.
19) Какие методы поверхностной закалки вы знаете?
20) Как осуществляется закалка токами высокой частоты?
21) Назовите виды химико-термической обработки.
22) Что такое цементация, азотирование и цианирование стали?
23) Назовите процессы диффузионной металлизации. В чем их суть?
24) В чем заключается упрочнение поверхностным пластическим деформированием?
25) Какой сплав называется чугуном?
26) Что такое низкоуглеродистая, среднеуглеродистая и высокоуглеродистая сталь?
27) Что называется сталью?
28) С какой целью сталь подвергается дополнительному переплаву.
29) Что собой представляет процесс кристаллизации слитка?
30) Перечислите возможные дефекты слитка.
31) Назовите свойства меди и расскажите о способах ее производства.
32) Перечислите свойства алюминия и расскажите о способе его производства.
33) Как получают титан и магний?
34) Какие свойства титана и магния вы знаете?
35) Композитные материалы
36) Пластические массы
37) Резина

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены
Темы рефератов
1. Роль отечественных и иностранных ученых в становлении и развитии науки «Металловедение».
2. Металлы и их физико-механические свойства.
3. Точечные, линейные и поверхностные дефекты атомно-кристаллического строения.
4. Кристаллизация металла.
5. Горячие трещины и основные причины их возникновения.
6. Диаграммы состояния двойных сплавов.
7. Напряжение и деформация в металлах.
8. Фазовые превращения в различных сплавах системы Fe- Fe3C при охлаждении и нагреве.
9. Мартенситное превращение и его особенности.
10. Превращения при отпуске закаленной стали.
11. Закалка стали.
12. Отпуск стали.
13. Механизмы химико-термического обогащения поверхности изделий элементами из внешней среды.
14. Машиностроительные стали.
15. Конструкционные стали специального назначения.
16. Инструментальные стали и сплавы.
17. Автоматные стали
18. Чугуны, классификация и назначение.
19. Сплавы цветных металлов.
20. Композитные материалы и области их применения.
21. Пластмассы.
22. Резина.

5.3. Фонд оценочных средств

Правила использования банка вопросов
Б — базовый, С — средний, П — повышенный уровень. В каждом банке вопросы 1–10 имеют базовый уровень, 11–16 — средний, 17–20 — повышенный; уровень относится к требуемой глубине объяснения. Код вопроса состоит из кода блока и номера, например Л3/13.
Максимум каждого вопроса — 2 балла: 2 — правильный ответ с существенным объяснением или расчётом; 1 — основная идея верна, но пропущено условие или допущена исправимая неточность; 0 — ответ отсутствует либо содержит ошибку, искажающую смысл. Проверяемый результат указан у банка и распространяется на каждый его вопрос; ресурсные вопросы дополнительно проверяют Р6.
Для текущего опроса рекомендуется выбрать 3 базовых, 1 средний и 1 повышенный вопрос соответствующего модуля. При подготовке к зачёту доступны все банки; эталон задаёт содержание, а не обязательное дословное воспроизведение.
Варианты аттестации приведены в разделе 10.

Блок Форма контроля
Л1 Строение и свойства конструкционных материалов Опрос, тесты и практические по матрице
Л2 Кристаллизация и фазовые превращения Опрос, тесты и практические по матрице
Л3 Диаграммы состояния и правило рычага Опрос, тесты и практические по матрице
Л4 Железоуглеродистые сплавы Опрос, тесты и практические по матрице
Л5 Классификация и выбор сталей Опрос, тесты и практические по матрице
Л6 Цветные металлы и основные семейства сплавов Опрос, тесты и практические по матрице
Л7 Выбор лёгкого материала по удельным характеристикам Опрос, тесты и практические по матрице
Л8 Полимеры и керамические материалы Опрос, тесты и практические по матрице
Л9 Композиты и интерпретация расчётных данных Опрос, тесты и практические по матрице
ЛТ Термообработка и безопасное поверхностное упрочнение Опрос, тесты и практические по матрице
Л1 Строение и свойства конструкционных материалов
Строка РПД 1.1. Проверяемый результат Р1; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л1/1
Б Как связаны состав, структура и свойства материала? Состав определяет возможные фазы; структура и обработка влияют на свойства. Одинаковая марка в разных состояниях может иметь разные характеристики.
Л1/2
Б Какие классы материалов рассматривает курс? Металлы и сплавы, полимеры, керамику и композиты; сравнение ведут по условиям применения, а не по одному универсальному рейтингу.
Л1/3
Б Чем металлическая связь отличается от ионной? В металле валентные электроны коллективизированы; ионная связь обусловлена электростатическим взаимодействием противоположно заряженных ионов.
Л1/4
Б Почему металлы обычно проводят электрический ток? Наличие подвижных электронов позволяет переносить заряд; проводимость зависит от состава, структуры и температуры.
Л1/5
Б Что называют элементарной ячейкой? Минимальную повторяющуюся пространственную ячейку, трансляциями которой описывают кристаллическую структуру.
Л1/6
Б Сколько атомов приходится на ячейку ОЦК? 2: восемь угловых атомов дают один атом, центральный — ещё один.
Л1/7
Б Сколько атомов приходится на ячейку ГЦК? 4: угловые дают один атом, шесть атомов на гранях дают три.
Л1/8
Б Что характеризует структуру ГПУ? Гексагональную плотную упаковку; координационное число в идеальной структуре равно 12.
Л1/9
Б Что такое зерно в поликристалле? Область с единой преимущественной ориентацией кристаллической решётки; соседние зёрна разделены границами.
Л1/10
Б Чем упругая деформация отличается от пластической? Упругая исчезает при разгрузке в соответствующем диапазоне; пластическая оставляет остаточное изменение формы.
Л1/11
С Почему поликристалл не всегда изотропен? Текстура, ориентированная структура и технология изготовления могут создавать направленную зависимость свойств.
Л1/12
С Чем вакансия отличается от дислокации? Вакансия — незанятый узел, точечный дефект; дислокация — линейный дефект, связанный с пластическим скольжением.
Л1/13
С Как холодная деформация может повысить предел текучести? Она увеличивает плотность дислокаций и затрудняет их движение; обычно снижается пластичность.
Л1/14
С Почему повышение твёрдости не доказывает такой же рост E? Твёрдость связана с сопротивлением локальной пластической деформации; E характеризует упругую жёсткость межатомных связей.
Л1/15
С Что означает полиморфизм? Возможность существования одного вещества в разных кристаллических структурах при разных условиях.
Л1/16
С Как размер зерна влияет на прочность? В обычном диапазоне измельчение зерна часто увеличивает предел текучести; закон не следует переносить без ограничений на любой материал и масштаб.
Л1/17
П Достаточно ли марки стали для задания свойств в CAE? Нет: нужны состояние поставки, температура, направление, источник данных и соответствие выбранной модели.
Л1/18
П Можно ли распознать марку стали только по микрофотографии? Обычно нет. Вид структуры помогает оценить состояние, но для марки нужны дополнительные данные состава и идентификации.

Л1/19
П Как структурный анализ помогает экономить материал? Он позволяет обоснованно выбрать обработку и свойства, снизить брак и избежать необоснованного увеличения размеров детали.
Л1/20
П Почему опасно уменьшать сечение лишь после повышения твёрдости? Без проверки прочности, жёсткости, вязкости и усталости изменение может нарушить работоспособность; твёрдость не заменяет весь набор характеристик.
Л2 Кристаллизация и фазовые превращения
Строка РПД 1.3 первая часть. Проверяемый результат Р1 Р2; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л2/1
Б Что такое кристаллизация? Переход вещества из жидкого состояния в кристаллическое с образованием и ростом кристаллов.
Л2/2
Б Какие два процесса определяют первичную кристаллизацию? Образование устойчивых зародышей и рост кристаллов.
Л2/3
Б Что такое переохлаждение расплава? Снижение температуры ниже равновесной температуры начала затвердевания до фактического образования кристаллов.
Л2/4
Б Чем гетерогенное зарождение отличается от гомогенного? Гетерогенное происходит на существующих поверхностях и включениях; гомогенное — в объёме однородной жидкости.
Л2/5
Б Что показывают кривые охлаждения? Изменение температуры во времени; остановки и изменения наклона могут указывать на выделение теплоты при превращениях.
Л2/6
Б Что называют фазой? Часть системы с однородными свойствами и структурой, отделённую от других фаз поверхностью раздела.
Л2/7
Б Что такое компонент сплава? Независимая составляющая, выбранная для описания состава системы; в простом бинарном сплаве это два химических элемента.
Л2/8
Б Что такое твёрдый раствор замещения? Раствор, в котором атомы растворённого компонента занимают позиции атомов основного компонента в решётке.
Л2/9
Б Что такое твёрдый раствор внедрения? Раствор с размещением атомов растворённого компонента в междоузлиях решётки.
Л2/10
Б Чем фаза отличается от структурной составляющей? Структурная составляющая описывает характерный элемент микроструктуры и может быть смесью фаз; фаза характеризует однородное состояние.
Л2/11
С Почему образование зародыша требует учёта поверхностной энергии? Создание границы увеличивает энергию, тогда как образование объёма устойчивой фазы её уменьшает; устойчивость зависит от соотношения вкладов.
Л2/12
С Как увеличение числа центров кристаллизации влияет на зерно? При сопоставимых условиях роста увеличивает число кристаллов и обычно уменьшает размер зерна.
Л2/13
С Почему «быстрее охлаждение — всегда меньше зерно» недостаточно? Результат зависит от зарождения, роста, состава, теплоотвода и конкретного диапазона скоростей; универсальность не доказана.
Л2/14
С Что такое дендрит? Кристалл ветвистой формы, образующийся при определённых условиях роста из расплава.
Л2/15
С Почему в слитке возникает ликвация? Компоненты распределяются между жидкостью и твёрдой фазой неодинаково; диффузия может не успевать выравнивать состав.
Л2/16
С Как образуется усадочная раковина? Объём металла уменьшается при затвердевании и охлаждении; недостаточное питание расплавом оставляет полость.
Л2/17
П Можно ли считать остановку температуры доказательством чистого металла? Нет: температурная остановка возможна и при инвариантном превращении сплава; нужен анализ состава и диаграммы.
Л2/18
П Как уменьшить брак от неоднородного затвердевания? Контролировать теплоотвод, питание и технологию литья; конкретные меры выбирают по геометрии и сплаву.
Л2/19
П Почему пористость нельзя игнорировать в расчётной модели? Она снижает эффективное сечение, создаёт концентрацию напряжений и может менять механические характеристики.
Л2/20
П Как выбрать между увеличением припуска и улучшением литья? Сопоставить долю брака, расход металла и

энергии, стоимость контроля и свойства детали; чрезмерный припуск не устраняет внутренние дефекты.

Л3 Диаграммы состояния и правило рычага
Строка РПД 1.3 вторая часть. Проверяемый результат Р2; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л3/1
Б Что показывает диаграмма состояния бинарного сплава? Равновесные фазы в зависимости от температуры и состава при заданном давлении.
Л3/2
Б Что такое линия ликвидуса? Граница, выше которой сплав находится полностью в жидком состоянии.
Л3/3
Б Что такое линия солидуса? Граница, ниже которой сплав полностью твёрдый.
Л3/4
Б Как определить фазы в двухфазной области? По положению точки температуры и общего состава в соответствующей области диаграммы.
Л3/5
Б Что такое конода? Линия постоянной температуры, соединяющая равновесные составы сосуществующих фаз.
Л3/6
Б Чем общий состав отличается от состава фазы? Общий состав относится ко всему сплаву; составы фаз задаются концами коноды.
Л3/7
Б Что называют эвтектикой? Смесь твёрдых фаз, образующаяся при эвтектическом превращении жидкости в две твёрдые фазы.
Л3/8
Б Что называют эвтектоидным превращением? Распад одной твёрдой фазы на две другие твёрдые фазы при соответствующих условиях.
Л3/9
Б Что означает равновесность диаграммы? Состояния описываются при достаточном времени для установления равновесия; кинетика быстрого процесса непосредственно не отражена.
Л3/10
Б Какие условия нужны для правила рычага? Двухфазное равновесие, известные составы фаз и одинаковая база концентраций.

Л3 Диаграммы состояния и правило рычага
Строка РПД 1.3 вторая часть. Проверяемый результат Р2; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 11–20. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л3/11
С Как записать массовую долю β? $w_\beta = (C_0 - C_\alpha)/(C_\beta - C_\alpha)$, если концентрации заданы в массовых долях или процентах.
Л3/12
С Как записать массовую долю α? $w_\alpha = (C_\beta - C_0)/(C_\beta - C_\alpha)$; сумма долей равна единице.
Л3/13
С При C_0=40 %, C_α=20 %, C_β=80 % найдите долю β. $w_\beta = 20/60 = 1/3$; доля α равна 2/3.
Л3/14
С При тех же данных сколько β в 3 кг сплава? $3 \times 1/3 = 1$ кг β и 2 кг α.
Л3/15
С Что означает рассчитанная отрицательная доля фазы? Точка не лежит между концами выбранной коноды либо исходные данные или формула ошибочны.
Л3/16
С Можно ли использовать одну коноду при разных температурах? Только если фазовые составы не изменились; обычно необходимо выбрать коноду для каждой температуры.
Л3/17
П Можно ли массовую долю считать объёмной? Нет без учёта плотностей: $v_\alpha = (w_\alpha/\rho_\alpha)/(w_\alpha/\rho_\alpha + w_\beta/\rho_\beta)$.
Л3/18
П Почему быстрое охлаждение может дать структуру вне равновесного прогноза? Ограниченная диффузия и метастабильные превращения не позволяют достигнуть равновесия.
Л3/19
П Как проверить результат расчёта фазовых долей? Проверить диапазон 0–1, сумму долей и баланс $C_0 = w_\alpha C_\alpha + w_\beta C_\beta$.
Л3/20
П Как диаграмма помогает сократить число пробных плавок? Позволяет предварительно выбрать состав и диапазон температур; технологическую пригодность всё равно подтверждают экспериментом.
Л4 Железоуглеродистые сплавы
Строка РПД 1.6. Проверяемый результат Р3; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.

Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л4/1
Б Какие основные фазы рассматривает диаграмма Fe–Fe3C? Жидкость, феррит, аустенит и цементит; при высоких температурах учитывают также δ-феррит.
Л4/2
Б Что такое феррит? Твёрдый раствор углерода в α-железе с ОЦК-решёткой и малой растворимостью углерода.
Л4/3
Б Что такое аустенит? Твёрдый раствор углерода в γ-железе с ГЦК-решёткой.
Л4/4
Б Что такое цементит? Карбид железа Fe3C, твёрдая и хрупкая фаза.
Л4/5
Б Почему перлит не является отдельной фазой? Перлит — структурная составляющая, смесь феррита и цементита.
Л4/6
Б Что происходит при эвтектоидном превращении стали? Аустенит соответствующего состава при медленном охлаждении превращается в феррит и цементит с формированием перлита.
Л4/7
Б Что отличает доэвтектоидную сталь? Её содержание углерода ниже эвтектоидного; при равновесном охлаждении формируются доэвтектоидный феррит и перлит.
Л4/8
Б Что отличает заэвтектоидную сталь? Содержание углерода выше эвтектоидного в пределах сталей; образуются перлит и доэвтектоидный цементит.
Л4/9
Б Какова структура эвтектоидной стали после медленного охлаждения? Преимущественно перлит при соответствующих равновесных условиях.
Л4/10
Б Чем учебная граница стали и чугуна отличается от универсального определения марки? В диаграмме Fe–Fe3C обычно используют границу около 2,14 % C; конкретная классификация продукции учитывает стандарты и состав.
Л4/11
С Почему серый чугун отличается от белого? В сером углерод присутствует преимущественно в виде графита, в белом — в связанном виде в цементите.
Л4/12
С Какая форма графита характерна для высокопрочного чугуна? Преимущественно шаровидная; свойства также зависят от матрицы и качества структуры.
Л4/13
С Почему пластинчатый графит снижает сопротивление растяжению? Его включения создают концентрацию напряжений и облегчают образование трещин.
Л4/14
С Почему серый чугун применяют для станин? Полезны литейная технологичность, демпфирование и жёсткость конструкции; выбор подтверждается условиями нагрузки.
Л4/15
С Для стали 0,40 % C при Cα=0,02 % и Cэвт=0,80 % найдите долю перлита. wП = (0,40 − 0,02)/(0,80 − 0,02) = 0,4872, около 48,7 %.
Л4/16
С Почему доля перлита не равна доле цементита? Перлит содержит обе фазы; фазовая доля цементита рассчитывается по собственным фазовым составам.
Л4/17
П При CFe3C=6,67 % и Cα=0,02 % найдите долю цементита для 0,40 % C. wFe3C = 0,38/6,65 = 0,0571, около 5,71 % при принятых условиях.
Л4/18
П Всегда ли больше углерода означает больше твёрдость? Только при сопоставимых структуре и обработке тенденция может быть обоснована; разные состояния способны изменить результат.
Л4/19
П Можно ли заменить стальной вал серым чугуном только ради цены? Нет: нужно проверить растяжение, удар, усталость, технологию и дефекты; цена не гарантирует работоспособность.
Л4/20
П Как выбор чугуна может влиять на расход ресурсов? Литьё близкой к конечной форме может уменьшать отходы обработки, но следует учитывать брак, ресурс и энергию производства.

Л5 Классификация и выбор сталей
Строка РПД 1.8. Проверяемый результат Р3 Р6; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л5/1
Б Чем углеродистая сталь отличается от легированной? В легированной специально вводят элементы для изменения свойств; примеси и допустимые содержания определяются стандартом марки.
Л5/2
Б Что означает число 45 в распространённом обозначении стали 45? Номинальное содержание углерода

примерно 0,45 %; точный диапазон берут из стандарта.
Л5/3
Б Как учебно расшифровать 40Х? Около 0,40 % C и легирование хромом примерно на уровне 1 %; точный состав требует справочника.
Л5/4
Б Как учебно расшифровать 12Х18Н10Т? Число 12 связано с предельным содержанием C около 0,12 %, далее указаны около 18 % Cr, 10 % Ni и наличие Ti; точные нормы состава устанавливает стандарт.
Л5/5
Б Что отличает конструкционную сталь от инструментальной по назначению? Конструкционная служит для деталей и конструкций; инструментальная — для рабочих инструментов с требованиями к твёрдости и износу.
Л5/6
Б Что означает улучшаемая сталь? Сталь, для которой закалка и высокий отпуск применяются для получения сочетания прочности и вязкости.
Л5/7
Б Зачем применяют цементуемые стали? Для твёрдой износостойкой поверхности после обработки при достаточно вязкой сердцевине.
Л5/8
Б Является ли коррозионностойкая сталь стойкой во всех средах? Нет: стойкость зависит от состава, среды, температуры, напряжений и состояния поверхности.
Л5/9
Б Что такое прокаливаемость? Способность стали получать закалённую структуру на определённую глубину при заданных условиях охлаждения.
Л5/10
Б Какие свойства важны для инструмента? Твёрдость, износостойкость, достаточная вязкость и, при необходимости, сохранение свойств при нагреве.
Л5/11
С Почему одинаковая марка может иметь разный предел текучести? Различаются обработка, размер, температура испытания и состояние поставки.
Л5/12
С Почему сравнивать материалы нужно при одинаковой температуре? Характеристики и механизмы разрушения меняются с температурой; иначе сравнение может быть неверным.
Л5/13
С Какие данные нужны для выбора стали сварного узла? Свариваемость конкретного состояния, нагрузки, температура, среда, допустимая технология и контроль сварного соединения.
Л5/14
С Чем износ отличается от коррозии? Износ — изменение поверхности при механическом взаимодействии; коррозия — разрушение вследствие химического или электрохимического взаимодействия со средой.
Л5/15
С Что входит в карточку материала для расчёта? Марка, состояние, температура, параметры и единицы, источник, ограничения и выбранная модель.
Л5/16
С Можно ли заменить отсутствующий предел текучести твёрдостью? Только при наличии обоснованной корреляции для данного класса и состояния; универсальная подстановка недопустима.
Л5/17
П Как выбрать между сталью 45 и 40Х для толстого вала? Сопоставить требуемую прочность по сечению, прокаливаемость, вязкость, обработку, стоимость и ресурс; одних обозначений недостаточно.
Л5/18
П Как ресурс детали влияет на оценку экологичности? Долговечность может уменьшать расход замен и сырья, но учитывают производство, эксплуатацию и переработку.
Л5/19
П Что делать, если два справочника дают разные свойства? Проверить состояния, температуры, размеры и методики; выбрать прослеживаемый источник, объяснить различие, не усреднять без основания.
Л5/20
П Можно ли выбрать материал с большим E, чтобы автоматически повысить прочность? Нет: E характеризует жёсткость, а предел текучести и разрушение — другие свойства. Нужны отдельные проверки.
Л6 Цветные металлы и основные семейства сплавов
Строка РПД 2.1 первая часть. Проверяемый результат Р4; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л6/1
Б Почему алюминиевые сплавы используют в лёгких конструкциях? Их малая плотность даёт возможность снизить массу; жёсткость и прочность требуют отдельной проверки.
Л6/2
Б Чем деформируемый сплав отличается от литейного по применению? Первый рассчитан на изготовление изделий обработкой давлением; второй — преимущественно на получение отливок.
Л6/3
Б Какие свойства делают медь полезной для проводников? Высокие электрическая и тепловая проводимости; для конкретного проводника проверяют чистоту и эксплуатационные условия.

Л6/4
Б Что называют латунью? Сплав на основе меди, в котором основным легирующим компонентом является цинк.
Л6/5
Б Что называют бронзой? Медный сплав с основными легирующими элементами, отличными от цинка; бывают оловянные и безоловянные бронзы.
Л6/6
Б Какие особенности важны при выборе титана? Плотность, удельная прочность, коррозионная стойкость, температура и трудоёмкость обработки.
Л6/7
Б Какое преимущество обычно рассматривают у магниевых сплавов? Малая плотность; её сопоставляют с коррозией, жёсткостью и безопасностью технологии.
Л6/8
Б Что такое дисперсионное твердение? Упрочнение за счёт выделения мелких частиц, препятствующих движению дислокаций.
Л6/9
Б Что такое старение сплава? Изменение структуры пересыщенного твёрдого раствора во времени с выделениями и изменением свойств.
Л6/11
С Почему чистый алюминий и упрочнённый сплав неравноценны? Различаются состав, структура и прочность; характеристики чистого металла не заменяют паспорт сплава.
Л6/12
С Почему латунь нельзя описать только словом «медь» в модели? Легирование меняет свойства; требуется карточка именно выбранного сплава и состояния.
Л6/13
С Как влияние температуры ограничивает выбор алюминиевого сплава? При нагреве могут изменяться прочность, стабильность выделений и ползучесть; нужны данные для рабочей температуры.
Л6/14
С Почему бронзу применяют для некоторых подшипников скольжения? Подходящие бронзы обеспечивают антифрикционные свойства и износостойкость в заданной паре и условиях смазки.
Л6/15
С Почему защитная оксидная плёнка не гарантирует отсутствия коррозии? Её устойчивость зависит от среды, повреждений, контакта материалов и температуры.
Л6/16
С Зачем учитывать контакт разнородных металлов во влажной среде? Возможно гальваническое ускорение коррозии; нужны меры разделения или защиты.
Л6/17
П Какие данные нужны для замены медного проводника алюминиевым? Проводимость, сечение, нагрев, соединения, коррозия, прочность и требования эксплуатации.
Л6/18
П Почему меньшая масса не всегда означает меньший расход энергии? Производство и переработка материала имеют собственные энергозатраты; учитывают полный сценарий использования.
Л6/19
П Какая опасность возникает при обработке мелкой магниевой стружки? Возможна пожароопасность; процесс, сбор отходов и средства тушения определяются инструкцией для данного производства.
Л6/20
П Можно ли выбрать сплав для корпуса без данных о технологии? Нет: литьё, сварка, обработка давлением и механическая обработка требуют разных технологических свойств.
Л7 Выбор лёгкого материала по удельным характеристикам
Строка РПД 2.1 вторая часть. Проверяемый результат Р4 Р6; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л7/1
Б Что такое удельная прочность? Отношение выбранной характеристики прочности к плотности; показатель должен сопровождаться определением этой характеристики.
Л7/2
Б Что такое удельная жёсткость? В простом сравнении — E/ρ; для конкретной конструкции индекс выбора может иметь иную форму.
Л7/3
Б Как вычислить массу стержня? $m = \rho AL$ при однородных плотности и сечении.
Л7/4
Б Как вычислить удлинение упругого стержня? $\Delta L = FL/(EA)$ при осевом нагружении, постоянных параметрах и линейной упругости.
Л7/5
Б Как вычислить нормальное напряжение при осевой силе? $\sigma = F/A$ для среднего напряжения в сечении.
Л7/6
Б Что происходит с удлинением при уменьшении E в два раза? При неизменных F, L и A удлинение удваивается.
Л7/7

Б Что происходит с массой при уменьшении плотности в два раза? При неизменном объёме масса уменьшается в два раза.
Л7/8
Б Почему одинаковые размеры не означают одинаковую жёсткость? Жёсткость зависит от модуля упругости и геометрии.
Л7/9
Б Какие единицы удобно использовать для E в расчёте с Н и мм? Н/мм², то есть МПа; 1 ГПа = 1000 МПа.
Л7/10
Б Чем предел текучести отличается от допускаемого напряжения? Допускаемое назначается с учётом коэффициентов и метода расчёта; предел текучести — характеристика материала.
Л7/11
С Для E=210 ГПа и ρ=7800 кг/м³ найдите E/ρ в СИ. $210\times10^9/7800 = 26{,}92\times10^6$ м²/с².
Л7/12
С Для E=70 ГПа и ρ=2700 кг/м³ найдите E/ρ. $25{,}93\times10^6$ м²/с²; это близко к предыдущему значению, но не означает одинаковой массы детали при любом ограничении.
Л7/13
С Для $\sigma_{0,2}$=350 МПа и ρ=7800 найдите $\sigma_{0,2}/\rho$. $44{,}87\times10^3$ м²/с².
Л7/14
С Для $\sigma_{0,2}$=280 МПа и ρ=2700 найдите $\sigma_{0,2}/\rho$. $103{,}70\times10^3$ м²/с²; удельная прочность по этим учебным данным выше.
Л7/15
С Почему индекса $\sigma_{0,2}/\rho$ недостаточно для балки? Работоспособность может определяться прогибом, устойчивостью, усталостью и геометрическими ограничениями.
Л7/16
С Как проверить линейно упругую модель по уровню напряжения? Сопоставить напряжение с областью упругой работы и критериями расчёта; при пластичности модель может быть непригодна.
Л7/17
П Можно ли компенсировать малый E увеличением сечения? Для заданной схемы часто можно, но это меняет массу, габариты и стоимость; нужно выполнить расчёт.
Л7/18
П Как чувствительность к E помогает оценить достоверность прогиба? Пересчитать для допустимого диапазона E и показать диапазон результата; при осевом растяжении ΔL обратно пропорционально E.
Л7/19
П Как сравнить материалы при ограничении одновременно прочности и жёсткости? Для каждого определить сечение по обоим ограничениям, выбрать большее и затем сравнить массу и другие требования.
Л7/20
П Как избежать ложного экологического вывода из индекса выбора? Дополнить расчёт данными о ресурсе, производстве, вторичном сырье, обработке и переработке; индекс не заменяет оценку жизненного цикла.
Л8 Полимеры и керамические материалы
Строка РПД 3.1 первая часть. Проверяемый результат Р5; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л8/1
Б Что такое полимер? Вещество, молекулы которого содержат много повторяющихся структурных звеньев; строение влияет на свойства.
Л8/2
Б Что отличает термопласт? В подходящем температурном диапазоне способен размягчаться при нагреве и затвердевать при охлаждении без обязательного химического отверждения.
Л8/3
Б Что отличает реактопласт? После отверждения имеет пространственную сетку и обычно не может повторно плавиться без разрушения.
Л8/4
Б Почему свойство полимера зависит от температуры? Подвижность цепей и структурное состояние меняются; возможны переходы между стеклообразным, высокоэластичным и другими состояниями.
Л8/5
Б Что такое температура стеклования? Характерный диапазон перехода аморфной части полимера между стеклообразным и более подвижным состоянием.
Л8/6
Б Что такое ползучесть? Рост деформации во времени при постоянной нагрузке в заданных условиях.
Л8/7
Б Что такое релаксация напряжений? Снижение напряжения во времени при поддержании деформации.
Л8/8
Б Какие свойства типичны для технической керамики? Часто высокие твёрдость и стойкость к нагреву, но низкая пластичность; свойства конкретной керамики уточняются.
Л8/9
Б Почему керамика чувствительна к дефектам? Хрупкое разрушение зависит от трещин и концентраторов напряжений.
Л8/10

Б Что характеризует эластомер? Способность к большим обратимым деформациям в соответствующем диапазоне условий.
Л8/11
С Как вулканизация влияет на резину? Создаёт поперечные связи, изменяя упругость, прочность и термостойкость; эффект зависит от рецептуры и режима.
Л8/12
С Почему кратковременное испытание не определяет ресурс полимерной втулки? В эксплуатации действуют ползучесть, износ, температура, среда и циклическое нагружение.
Л8/13
С Можно ли использовать постоянный E для полимера при любой температуре? Нет: допустимость должна быть обоснована диапазоном времени, температуры и деформаций.
Л8/14
С Почему керамический инструмент может разрушиться при ударе? Недостаточная вязкость разрушения и дефекты способствуют хрупкому разрушению.
Л8/15
С Какие данные нужны для полимерной детали во влажной среде? Водопоглощение, изменение размеров и свойств, температура, химическая совместимость и длительность нагрузки.
Л8/16
С Что означает рабочая температура материала? Температура применения, для которой подтверждены требуемые свойства и ресурс; это не обязательно температура плавления.
Л8/17
П Как выбрать между термопластом и реактопластом для переработки? Оценить возможность повторного формирования, загрязнение, деградацию и доступную технологию; реальная перерабатываемость требует проверки.
Л8/18
П Какая ошибка возникает при замене стальной детали полимерной по одинаковой геометрии? Может резко измениться жёсткость, ползучесть и термическое расширение; требуется новая проверка конструкции.
Л8/19
П Почему утверждение «керамика всегда электроизолятор» неверно? Есть проводящие и полупроводниковые керамики; свойства определяются конкретным составом и структурой.
Л8/20
П Какие условия нужны для безопасной обработки полимеров и керамики? Контроль пыли и выделений, вентиляция и защита по инструкции оборудования и материала; конкретные параметры не назначаются без регламента.
Л9 Композиты и интерпретация расчётных данных
Строка РПД 3.1 вторая часть. Проверяемый результат Р5 Р6; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
Л9/1
Б Из каких основных частей состоит композит? Из матрицы и армирующего компонента; также важны границы их взаимодействия.
Л9/2
Б Что делает матрица? Связывает армирование, передаёт нагрузки, защищает его и влияет на свойства поперёк армирования.
Л9/3
Б Какую роль играет армирование? Повышает характеристики в выбранных направлениях; эффект зависит от материала, количества и ориентации.
Л9/4
Б Что такое ортотропия? Наличие трёх взаимно перпендикулярных направлений с различными свойствами и соответствующими симметриями.
Л9/5
Б Чем анизотропия отличается от изотропии? При анизотропии свойства зависят от направления; при изотропии не зависят.
Л9/6
Б Что означает объёмная доля волокон? Доля объёма композита, занятая волокнами; она не тождественна массовой доле.
Л9/7
Б Что такое межслойное разрушение? Разделение слоёв или повреждение на межслойных границах при соответствующих нагрузках.
Л9/8
Б Можно ли описать однонаправленный композит одним E? Только для специально ограниченной задачи; для общего ортотропного расчёта нужны дополнительные упругие характеристики и ориентация.
Л9/9
Б Какие данные нельзя пропустить при задании материала слоистой детали? Направления волокон, последовательность и толщины слоёв, характеристики материала и критерии разрушения.
Л9/10
Б Что такое правило смесей для продольного модуля? При идеализированной одинаковой деформации $E_{\parallel} = V_f E_f + V_m E_m$, где $V_f + V_m = 1$.
Л9/11
С Для $V_f=0{,}60$, $E_f=230$ ГПа, $E_m=3$ ГПа найдите $E_{\parallel}$. $E_{\parallel} = 0{,}60\times230 + 0{,}40\times3 = 139{,}2$ ГПа в рамках принятой

модели.
Л9/12
С Почему это значение не равно поперечному модулю? Поперечная передача нагрузки имеет другой характер и сильнее зависит от матрицы и интерфейса.
Л9/13
С Как записать идеализированную модель последовательного нагружения? 1/E = Vf/Ef + Vm/Em при допущении одинакового напряжения; она не заменяет измеренный поперечный модуль.
Л9/14
С Для предыдущих компонентов найдите модуль по последовательной модели. E = 1/(0,60/230 + 0,40/3) ≈ 7,36 ГПа.
Л9/15
С Почему пористость ухудшает достоверность правила смесей? Она создаёт дополнительную составляющую и дефекты передачи нагрузки; двухкомпонентные идеализации могут завышать свойства.
Л9/16
С Какая ошибка вероятна при повороте волокон на 90° без изменения модели? Назначение большого продольного модуля поперечному направлению и занижение прогнозируемой деформации.
Л9/17
П Почему прогноз CAE с большим запасом не всегда надёжен? Возможны неверные направления, единицы, критерий разрушения и граничные условия; численный запас сам по себе не подтверждает модель.
Л9/18
П Как проверить расчёт простого композитного стержня? Сопоставить удлинение с аналитической моделью в том же направлении и проверить силы, единицы и ограничения допущений.
Л9/19
П Что учитывать при выборе композита ради снижения массы? Прочность, жёсткость, соединения, повреждаемость, ремонт, ресурс, стоимость и обращение с отходами.
Л9/20
П Почему композит не автоматически экологичнее металла? Снижение массы может сочетаться с энергоёмким производством и сложной переработкой; вывод требует данных для жизненного цикла.
ЛТ Термообработка и безопасное поверхностное упрочнение
Строка РПД 1.10 часы не заполнены; банк дополнения. Проверяемый результат Р3 Р6; вопросы о сырье, энергии и безопасности также Р6. Вопросы 1–10. Максимум каждого — 2 балла по единой рубрике раздела 4.
Код и уровень Контрольный вопрос Эталонный ответ
ЛТ/1
Б Какова цель термической обработки? Изменить структуру и свойства контролируемыми нагревом, выдержкой и охлаждением.
ЛТ/2
Б Что называют отжигом? Группу операций нагрева, выдержки и охлаждения для получения заданного состояния, например уменьшения напряжений или изменения структуры.
ЛТ/3
Б Чем нормализация отличается от полного отжига стали по охлаждению? Нормализация обычно предусматривает охлаждение на воздухе после соответствующего нагрева; полный отжиг — более медленное охлаждение.
ЛТ/4
Б Что называют закалкой стали? Обработку с нагревом и охлаждением, достаточным для получения неравновесной упрочняющей структуры в выбранной стали.
ЛТ/5
Б Что называют отпуском? Нагрев закалённой стали ниже критической температуры начала аустенитного превращения с выдержкой и охлаждением для изменения состояния.
ЛТ/6
Б Что такое мартенсит? Неравновесная структура, возникающая при бездиффузионном превращении аустенита; в углеродистой стали связана с пересыщенным раствором углерода.
ЛТ/7
Б Чем закаливаемость отличается от прокаливаемости? Закаливаемость связана с достижимой твёрдостью; прокаливаемость — с глубиной формирования закалённой структуры.
ЛТ/8
Б Что такое цементация? Диффузионное насыщение поверхностного слоя стали углеродом при соответствующих условиях.
ЛТ/9
Б Что такое азотирование? Насыщение поверхности азотом для получения заданных свойств слоя.
ЛТ/10
Б В чём назначение поверхностной закалки? Упрочнить поверхностный слой при сохранении требуемых свойств сердцевины.
ЛТ/11
С Почему после закалки обычно нужен отпуск? Для изменения хрупкости, остаточных напряжений и получения нужного сочетания свойств.
ЛТ/12
С Почему не следует выбирать температуру закалки только по названию марки? Нужны стандарт, состояние, размер детали, оборудование и технологический регламент.
ЛТ/13

С Почему закалка вызывает коробление? Неоднородные температурные и структурные деформации создают напряжения и изменение формы.
ЛТ/14
С Чем полезна индукционная поверхностная закалка? Позволяет локализовать нагрев и упрочнение, но качество зависит от геометрии и контроля режима.
ЛТ/15
С Почему увеличение времени выдержки не всегда полезно? Может увеличивать зерно, окисление и обезуглероживание, повышая расход энергии без улучшения свойств.
ЛТ/16
С Какие свойства нужны сердцевине зубчатого колеса? Достаточные прочность и вязкость для передачи нагрузки; поверхность должна удовлетворять требованиям контакта и износа.
ЛТ/17
П Можно ли рекомендовать цианирование без оценки безопасности? Нет: реагенты и отходы требуют специального промышленного контроля; в учебной работе достаточно анализа принципа и альтернатив, без инструкции выполнения.
ЛТ/18
П Как сравнить два режима по энергии? Для одинакового годного выпуска оценить энергию на деталь, долю брака и ресурс; меньшая энергия на загрузку не гарантирует меньшие затраты на изделие.
ЛТ/19
П Как выбирать экологичную альтернативу упрочнения? Сравнить требуемые свойства, температуру и длительность, среды, выбросы, отходы и доступность контроля.
ЛТ/20
П Что делать при недостатке температурных данных для модели после обработки? Запросить данные соответствующего состояния; не переносить свойства отожжённой стали на закалённую без обоснования.
Тестовые задания с ответами
Каждое задание — 2 балла. Выбор одного ответа: только одна буква. Несколько ответов: полный набор без лишних. Соответствие и последовательность: все пары или порядок. Краткий ответ: смысловой эквивалент. Расчёт: число с корректной единицей и допустимым округлением. Полное соответствие — 2; иначе 0. Такая рубрика исключает угадывание части набора; частичные баллы не назначаются.
Т01 Один ответ
Результат Р1; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. После холодной деформации сталь упрочнилась. Наиболее корректное объяснение: А — рост плотности дислокаций; Б — обязательное удвоение Е; В — полное исчезновение границ зёрен; Г — превращение всей стали в керамику.
Т02 Несколько ответов
Результат Р1 Р6; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Выберите ВСЕ необходимые уточнения карточки стали для расчёта: А — состояние поставки; Б — температура; В — источник и единицы; Г — только цвет поверхности.
Т03 Соответствие
Результат Р2; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Сопоставьте 1 ликвидус, 2 солидус, 3 конода с А полностью твёрдый ниже границы, Б постоянная температура двухфазного равновесия, В полностью жидкий выше границы.
Т04 Последовательность
Результат Р2; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Расположите этапы определения фазовых долей: А проверка суммы и баланса; Б чтение составов концов коноды; В определение области по Т и С0; Г расчёт по правилу рычага.
Т05 Краткий ответ
Результат Р3; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Назовите две фазы, образующие перлит.
Т06 Расчёт
Результат Р2; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. С0=30 %, Cα=10 %, Cβ=50 %. Найдите массовую долю β. Ответ дайте долей единицы.
Т07 Один ответ
Результат Р3; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Основное различие серого и белого чугуна: А расположение номера марки; Б форма изделия; В состояние углерода в виде графита или цементита; Г исключительно плотность.
Т08 Несколько ответов
Результат Р3 Р6; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Выберите ВСЕ корректные меры при сравнении режимов обработки: А учитывать энергию на годное изделие; Б игнорировать брак; В учитывать опасность среды; Г проверять достижение требуемых свойств.
Т09 Соответствие
Результат Р3; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Сопоставьте 1 сталь 45, 2 40Х, 3 12Х18Н10Т с А хромоникелевая сталь с титаном, Б углеродистая сталь около 0,45 % С, В хромистая сталь около 0,40 % С. Это учебная расшифровка, не паспорт состава.
Т10 Последовательность
Результат Р3 Р6; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Выбор технологии упрочнения: А сопоставить ресурс и воздействия; Б установить требования к поверхности и сердцевине; В проверить достижение свойств; Г отобрать технически допустимые методы.

Т11 Краткий ответ
Результат Р3; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Как называется способность стали закаливаться на определённую глубину?
Т12 Расчёт
Результат Р3; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Для стали С0=0,40 % С принять Сα=0,02 %, Сэвт=0,80 %. Найдите долю перлита после медленного охлаждения в процентах.
Т13 Один ответ
Результат Р4; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Выберите определение латуни: А медно-цинковый сплав; Б любой алюминиевый сплав; В чистый титан; Г железоуглеродистый сплав.
Т14 Несколько ответов
Результат Р4 Р6; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Выберите ВСЕ существенные данные для замены стального корпуса лёгким сплавом: А нагрузки и габариты; Б температура и среда; В только плотность; Г технология и ресурс.
Т15 Соответствие
Результат Р4; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Сопоставьте 1 ρ, 2 E, 3 σ0,2 с А сопротивление началу заметной пластической деформации по условному критерию, Б плотность, В модуль упругости.
Т16 Последовательность
Результат Р4 Р6; уровень П; максимум 2 балла.
Задание. Выбор материала осевого стержня: А сравнить массу допустимых вариантов; Б вычислить требуемые площади по прочности и жёсткости; В установить ограничения нагрузки и удлинения; Г взять максимум площадей для каждого материала.
Т17 Краткий ответ
Результат Р5; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Как называют снижение напряжений во времени при постоянной деформации?
Т18 Расчёт
Результат Р4; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. F=10 кН, A=100 мм². Найдите среднее осевое напряжение в МПа.
Т19 Один ответ
Результат Р5; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. После отверждения реактопласт обычно: А плавится повторно как обычный термопласт; Б не может повторно плавиться без разрушения сетки; В становится чистым металлом; Г имеет Е стали независимо от температуры.
Т20 Несколько ответов
Результат Р5 Р6; уровень П; максимум 2 балла.
Задание. Выберите ВСЕ причины проверить модель композита: А неверная ориентация волокон; Б смешение ГПа и МПа; В отсутствие данных поперечного направления; Г наличие названия файла.
Т21 Соответствие
Результат Р5; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Сопоставьте 1 матрица, 2 волокна, 3 межслойное разрушение с А разделение слоёв, Б связь компонентов и передача нагрузки, В армирование выбранного направления.
Т22 Последовательность
Результат Р5 Р6; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Проверка данных композита: А сравнить с аналитическим ориентиром; Б задать ориентацию и модель; В установить состав и состояние материала; Г согласовать единицы параметров.
Т23 Краткий ответ
Результат Р5; уровень Б; максимум 2 балла.
Задание. Назовите тип симметрии упругих свойств с тремя взаимно перпендикулярными главными направлениями.
Т24 Расчёт
Результат Р5; уровень С; максимум 2 балла.
Задание. Vf=0,60, Ef=230 ГПа, Em=3 ГПа. По продольному правилу смесей найдите модуль композита.

П1 Свойства материалов и диаграмма растяжения
Практическое занятие РПД 1.2; 2 часа. Результаты Р1 Р6; уровень С; максимум 10 баллов.
Исходные данные
L0=50 мм; A0=50 мм². Учебные измерения (F кН; ΔL мм): (0;0), (2;0,01), (4;0,02), (6;0,03), (8;0,04), (10;0,05), (12;0,06), (14;0,12), (16;0,25), (18;0,60). Данные синтетические; это не паспорт стали.
Постановка
Построить σ–ε, определить E по первым упругим точкам, оценить Rp0,2 линейной интерполяцией; назвать недостающие условия применения данных к реальной детали.
Алгоритм
1. Перевести F в Н. 2. Рассчитать σ=F/A0 и ε=ΔL/L0. 3. Найти наклон линейного участка. 4. Пересечь диаграмму с σ=E(ε−0,002). 5. Зафиксировать единицы и ограничения.
Эталонное решение и ожидаемый результат
Точки σ МПа: 0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360. E=40/0,0002=200000 МПа=200 ГПа. На участке 14–16 кН: ε=0,0024+(σ−280)×0,0026/40. Подстановка в смещённую прямую даёт Rp0,2≈296,7 МПа и ε≈0,003483. Нужны материал, состояние, температура, метод измерений и число образцов. Экономия сырья через уменьшение сечения допустима только

после проверки всех ограничений.
Критерии
Данные и единицы 2; диаграмма 2; E 2; Rp0,2 и интерполяция 2; ограничения применения и ресурс 2.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П2 Технологические свойства и окалиностойкость
Практическое занятие РПД 1.4; 2 часа. Результаты Р3 Р6; уровень П; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Из партии 100 заготовок по 2 кг режим А расходует 120 кВт·ч и даёт 92 годные детали; В — 100 кВт·ч и 97 годных. Потеря массы контрольного образца площадью 0,010 м² за 2 ч: А — 0,8 г; В — 0,3 г. Оба режима по условию обеспечивают одинаковые требуемые свойства.
Постановка
Сравнить расход энергии и исходного сырья на годную деталь, показатель потери массы на площадь и время. Предложить выбор, отделив учебный показатель от стандартизованной оценки окалиностойкости.
Алгоритм
1. e=Eпарт/Nгод. 2. mсыр=200/Nгод. 3. q=Δm/(Sτ). 4. Сопоставить свойства, брак и безопасность. 5. Указать необходимость одинаковой процедуры удаления окалины и испытаний.
Эталонное решение и ожидаемый результат
А: 1,304 кВт·ч/годную деталь и 2,174 кг/годную; В: 1,031 кВт·ч и 2,062 кг. qA=40, qB=15 г/(м²·ч). В предпочтителен по заданным показателям при подтверждённых одинаковых свойствах. q относится к оговорённому учебному испытанию; привес и потеря после удаления окалины не взаимозаменяемы. Требуются данные стоимости, выбросов, среды и повторяемости.
Критерии
Энергия 2; сырьё 2; q и единицы 2; обоснование выбора 2; сопоставимость испытаний и безопасность 2.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П3 Построение и чтение диаграммы состояния
Практическое занятие РПД 1.5; 2 часа. Результаты Р2 Р6; уровень С; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Условный бинарный сплав с эвтектикой при CE=40 масс.% B и TE=600 °C. Чистый A плавится при 800 °C, B — при 900 °C. Растворимость B в α и A в β принимается нулевой. Ликвидус между (0;800), (40;600), (100;900) для учебной схемы принять линейным.
Постановка
Построить схему, отметить фазы сплава C0=30 % при 750, 650 и 550 °C; определить доли фаз при 650 °C. Для 4 кг сплава найти массы фаз и проверить баланс.
Алгоритм
1. Построить две ветви ликвидуса и эвтектическую горизонталь. 2. При 650 °C найти состав жидкости CL. 3. Применить правило рычага между Cα=0 и CL. 4. Проверить фазовый и компонентный баланс.
Эталонное решение и ожидаемый результат
На левой ветви T=800−5C, поэтому CL=30 % при T=650 °C. При C0=30 % точка лежит на ликвидусе: wL=1, wα=0 в предельном равновесном смысле. При 750 °C — жидкость; при 550 °C — α+β с wβ=0,30, wα=0,70. Массы при 650 °C: 4 кг жидкости, 0 кг α. Проверка: 4×0,30=1,2 кг B. Важен граничный случай; нельзя произвольно назначить доли 50/50. Для сравнения при 625 °C CL=35 %, wL=30/35≈0,8571, mL≈3,429 кг, mα≈0,571 кг.
Критерии
Построение 2; фазовые области 2; чтение CL и граничный случай 2; массы и баланс 2; ограничения равновесной схемы 2.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П4 Металлографические шлифы и структура стали и чугуна
Практическое занятие РПД 1.7; 2 часа. Результаты Р1 Р3 Р6; уровень С; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Для учебной диагностики заданы описания полей шлифа: А — светлые области и тёмные пластинчатые колонии; В — длинные тёмные пластинки графита в металлической матрице; С — преимущественно округлые тёмные включения графита в матрице. Контекст: железоуглеродистые сплавы после оговорённого металлографического выявления структуры.

Постановка
Указать вероятную структуру и класс материала для A–C, границы вывода. Установить общую последовательность подготовки шлифа и меры безопасной организации занятия. Самостоятельное химическое травление не требуется.
Алгоритм
1. Выделить признаки. 2. Сопоставить их с фазами и морфологией графита. 3. Сформулировать вероятный, а не паспортный вывод. 4. Составить последовательность: отбор → подготовка плоскости → шлифование → полирование → регламентированное выявление структуры → наблюдение.
Эталонное решение и ожидаемый результат
A: вероятная ферритно-перлитная сталь; B: серый чугун; C: высокопрочный чугун с шаровидным графитом. По описанию нельзя установить точную марку, состав и свойства. Нужно знать увеличение, подготовку, состояние и репрезентативность. Используют минимально достаточный образец; обращение с оборудованием, реактивами и отходами — по действующей инструкции под контролем преподавателя. Без подтверждённой базы задание выполняется по описаниям, без реактивов.
Критерии
Диагностика 3; признаки и ограничения 2; последовательность 2; безопасность 2; рациональный расход образцов 1.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П5 Влияние углерода на твёрдость стали
Практическое занятие РПД 1.9; 2 часа. Результаты Р3 Р6; уровень П; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Учебная серия в одинаковом состоянии после медленного охлаждения: C масс.% = 0,10; 0,20; 0,40; 0,60; HBW = 115; 145; 175; 210. Независимый образец: C=0,40 %, HBW=260, состояние неизвестно. Данные синтетические.
Постановка
Построить зависимость, найти секущий наклон для всей серии и линейный прогноз при C=0,30 % между соседними точками. Объяснить отличие независимого образца и границы использования зависимости.
Алгоритм
1. Построить точки. 2. k=(210−115)/(0,60−0,10). 3. Между 0,20 и 0,40 % провести интерполяцию. 4. Проверить сопоставимость состояния и метода измерений.
Эталонное решение и ожидаемый результат
k=190 единиц HBW на один процентный пункт C. При C=0,30 % HBW≈160. Независимый образец нельзя включить в вывод о влиянии только C: возможны иная обработка, структура или измерение. HBW260 не доказывает более высокий E и не задаёт предел текучести без валидной корреляции. Проверка состояния снижает риск брака и ненужной обработки.
Критерии
График 2; наклон и единицы 2; интерполяция 2; анализ образца 2; ограничения и ресурс 2.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П6 Выбор обработки детали
Практическое занятие РПД 1.11; 2 часа. Результаты Р3 Р6; уровень П; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Требуется 100 годных зубчатых колёс с твёрдой поверхностью и вязкой сердцевиной. По условию оба маршрута технически допустимы: A — цементация с последующей закалкой и отпуском, 12 кВт·ч на запущенную деталь, выход годных 0,90; B — индукционная поверхностная закалка подходящей стали с отпуском, 8 кВт·ч, выход годных 0,96. Масса заготовки обоих вариантов 3 кг. Конкретные марки и режимы не заданы.
Постановка
Рассчитать ожидаемый запуск, энергию и сырьё на 100 годных; предложить маршрут и перечень проверок. Не назначать температуры без технологического основания.
Алгоритм
1. Nзап=Nгод/y. 2. E=eNзап и M=mNзап. 3. Сопоставить полученные показатели. 4. Указать глубину слоя, твёрдость сердцевины, контактную усталость, коробление и безопасность.
Эталонное решение и ожидаемый результат
A: N≈111,11, E≈1333,33 кВт·ч, M≈333,33 кг. B: N≈104,17, E≈833,33 кВт·ч, M≈312,50 кг. Это ожидаемые величины, не точный календарный запуск; для целого запуска при постоянной расчётной доле используют округление вверх (112 и 105), а реальный выход подтверждают. При заданной эквивалентности B выгоднее по энергии и сырью; вывод может измениться с требованиями к слою, геометрией и стоимостью. Проверить рабочие среды, защиту и обращения с отходами.
Критерии
Запуск 2; энергия 2; сырьё 2; технические ограничения 2; безопасность и обоснование 2.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за

оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П7 Медь бронзы и латуни и ресурсный выбор
Практическое занятие РПД 2.2; 2 часа. Результаты Р4 Р6; уровень С; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Три условных материала втулки одинакового объёма: бронза А масса 0,85 кг, цена 900 сом/кг, ресурс 4000 ч; латунь В масса 0,84 кг, цена 600 сом/кг, ресурс 2000 ч; бронза С масса 0,80 кг, цена 1000 сом/кг, ресурс 5000 ч. Горизонт эксплуатации 10000 ч. Все подходят по температуре и нагрузке, ресурсы подтверждены по условию. Установка и смазка в стоимости не учитываются.
Постановка
Найти число приобретаемых втулок, суммарную массу и закупочную стоимость. Выбрать вариант по этим критериям и указать недостающие сведения.
Алгоритм
1. N=ceil(10000/tрес). 2. M=Nm. 3. Стоимость=Mр. 4. Сравнить и указать ограничения модели жизненного цикла.
Эталонное решение и ожидаемый результат
А: N=3, M=2,55 кг, стоимость 2295 сом. В: N=5, M=4,20 кг, 2520 сом. С: N=2, M=1,60 кг, 1600 сом. С предпочтительнее по обоим заданным критериям. Нужны данные совместимости пары трения, смазки, отказов, установки, обработки, переработки и происхождения сырья. Цены — учебные, не сведения о рынке.
Критерии
Число деталей 2; массы 2; стоимость 2; выбор 2; ограничения и сырьё 2.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П8 Полимер под длительной нагрузкой
Практическое занятие РПД 3.2; 2 часа. Результаты Р5 Р6; уровень С; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Учебный полимерный стержень: L=100 мм, A=50 мм², F=500 Н. E при 20 °C = 2000 МПа, при 60 °C = 800 МПа. Для 60 °C в заданном диапазоне принято ε(t)=σ/E+0,002 ln(1+t/ч). Нагрузка постоянна, t=9 ч. Модель является учебной, данные о прочности и длительном ресурсе отсутствуют.
Постановка
Рассчитать мгновенное удлинение при обеих температурах и удлинение через 9 ч при 60 °C. Объяснить, можно ли утвердить замену металлической детали этим полимером.
Алгоритм
1. σ=F/A. 2. ΔL0=σL/E. 3. Добавить временную составляющую деформации; аргумент логарифма безразмерен. 4. Указать область данных и ограничения.
Эталонное решение и ожидаемый результат
σ=10 МПа. При 20 °C ΔL0=0,50 мм; при 60 °C — 1,25 мм. Через 9 ч ε=0,0125+0,002ln10≈0,017105; ΔL≈1,7105 мм. Применение нельзя утвердить без допустимой деформации, длительной прочности, температуры, среды и ресурса. Нельзя экстраполировать эту формулу на годы эксплуатации без подтверждения.
Критерии
Напряжение и единицы 2; мгновенные значения 2; временной расчёт 3; ограничения 2; обоснование ресурсного выбора 1.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
П9 Ориентация волокон и верификация модели композита
Практическое занятие РПД 3.3; 2 часа. Результаты Р5 Р6; уровень П; максимум 10 баллов.
Исходные данные
Однонаправленный композит: Vf=0,60, Ef=230 ГПа, Em=3 ГПа. L=500 мм, A=20 мм², F=1000 Н. Для двух идеализаций использовать E∥=VfEf+(1−Vf)Em и Eпосл=[Vf/Ef+(1−Vf)/Em]⁻¹. Учебные результаты двух расчётных файлов: М1 ΔL=0,180 мм; М2 ΔL=3,40 мм.
Постановка
Найти оба модуля и аналитические удлинения, оценить расхождения М1 и М2 с соответствующими идеализациями. Указать, чем модель последовательного нагружения отличается от подтверждённой ортотропной карточки.
Алгоритм
1. Рассчитать E. 2. Перевести ГПа в МПа. 3. ΔL=FL/(EA). 4. δ=|ΔLCAE−ΔLанал|/ΔLанал×100 %. 5. Проверить ориентацию, характеристики и граничные условия.
Эталонное решение и ожидаемый результат
E∥=139,2 ГПа; Eпосл≈7,3561 ГПа. ΔL∥≈0,17960 мм; ΔLпосл≈3,3986 мм. Расхождения М1≈0,224 %, М2≈0,043 %. Малое

расхождение подтверждает реализацию заданной идеализации, но не экспериментальную адекватность. Нужны E1,E2,E3, коэффициенты Пуассона, модули сдвига и критерии повреждения для соответствующей ортотропной постановки. Уменьшение массы не гарантирует безопасного ресурсного преимущества.
Критерии
Модули 2; удлинения и единицы 3; ошибки сравнения 2; ограничения модели 2; ресурс и отходы 1.
По каждому критерию баллы начисляются за указанные проверяемые действия; внутри двухбалльного критерия 1 балл означает верный подход с исправимым недочётом, 0 — отсутствие или существенную ошибку. Для трёхбалльного: 3 — полно, 2 — верно с одним недочётом, 1 — только верный подход, 0 — неверный метод. Максимум не увеличивается за оформление сверх требований.
Индивидуализация: студент указывает вариант, исходные единицы, источники и собственный вывод. Допустима замена чисел только с предварительным пересчётом эталона и сохранением сложности. Для текущего контроля оценивается отчёт и краткая защита; на зачёте — решение включённой в вариант задачи без предъявления готового эталона.
8 Материалы рубежного контроля
Каждый студент выполняет один вариант РК1 и один вариант РК2; по 20 сырых баллов. Варианты рассчитаны на 30–40 минут внутри практических занятий. Они являются выборками, а не дополнительными обязательными отчётами. РК оценивает новое выполнение по варианту, а не повторно уже сданный отчёт.
РК1 А
1. Ответить на Л1/13 и Л4/16 из банка — по 2 балла, всего 4.
2. Решить П3 по полным данным раздела 6 — 10 баллов по его рубрике.
3. Объяснить: Почему фазовую диаграмму нельзя использовать для прогноза быстрого охлаждения без уточнений? — 6 баллов.
Критерии части 3: правильный причинный механизм 2, инженерное ограничение 2, связь с ресурсом или безопасностью 2.
Эталон: Диаграмма описывает равновесие; быстрое охлаждение ограничивает диффузию и может создавать метастабильные структуры. Нужны кинетические данные и контроль свойств; иначе повышается риск брака и перерасхода.
РК1 Б
1. Ответить на Л3/17 и Л5/19 из банка — по 2 балла, всего 4.
2. Решить П2 по полным данным раздела 6 — 10 баллов по его рубрике.
3. Объяснить: Почему энергию сравнивают на годное изделие и одновременно проверяют безопасность? — 6 баллов.
Критерии части 3: правильный причинный механизм 2, инженерное ограничение 2, связь с ресурсом или безопасностью 2.
Эталон: Выход годных связывает энергию партии с полезным выпуском. Более низкий расход не допускает ухудшения свойств или безопасности; нужны сведения о средах, отходах и процессе.
РК2 А
1. Ответить на Л6/16 и Л7/19 из банка — по 2 балла, всего 4.
2. Решить П7 по полным данным раздела 6 — 10 баллов по его рубрике.
3. Объяснить: Почему более долговечная втулка может экономить сырьё, но не доказывает меньших выбросов? — 6 баллов.
Критерии части 3: правильный причинный механизм 2, инженерное ограничение 2, связь с ресурсом или безопасностью 2.
Эталон: Меньшее число замен уменьшает массу приобретаемых деталей; выбросы зависят также от изготовления, энергии, транспортировки и переработки. Требуются данные жизненного цикла.
РК2 Б
1. Ответить на Л8/12 и Л9/16 из банка — по 2 балла, всего 4.
2. Решить П8 по полным данным раздела 6 — 10 баллов по его рубрике.
3. Объяснить: Почему нельзя утвердить замену металла полимером только по начальному удлинению? — 6 баллов.
Критерии части 3: правильный причинный механизм 2, инженерное ограничение 2, связь с ресурсом или безопасностью 2.
Эталон: Начальное удлинение не учитывает ползучесть, температуру, прочность и длительный ресурс. Нужны допустимые деформации, данные длительных испытаний и рабочей среды.
Эталоны вопросов — в соответствующих банках, полные численные решения — в разделе 6. Преподаватель выдаёт копию варианта со включёнными условиями выбранной задачи и без ответов.

Задание и оценка реферата
Проверяемые результаты: соответствующий теме Р1–Р5 и обязательно Р6; уровень средний или повышенный по глубине анализа. Условие: подготовить один реферат объёмом ориентировочно 5–7 страниц без титула и списка источников, включив инженерный пример, сравнение двух вариантов и раздел о сырье, энергии либо безопасной обработке. Требуются не менее трёх прослеживаемых источников. Объём и оформление — проект кафедральных требований.
Содержание: постановка вопроса; основные механизмы; пример детали или технологии; сравнительная таблица; подтверждённые данные и допущения; ограничения; вывод; источники. Для исторической темы сравниваются два научных или технологических подхода и их влияние на современное применение. Числа могут быть учебными, если явно подписаны.
Пример ожидаемого тезиса по теме 12: «Отпуск выбирается по требуемому сочетанию прочности и вязкости; уменьшение энергии оценивается на годное изделие при подтверждённых свойствах, а не только по температуре печи». По теме 20: «Снижение массы композитом требует проверки ориентации, повреждаемости, ресурса и переработки». Другие обоснованные выводы допустимы.
Этап Действия Критерии и сырой максимум
План и подбор источников Тема, инженерный вопрос, структура, предварительный пример и источники Фокус и соответствие 3; план 2; достоверность источников 3; ресурсный вопрос 2. Максимум 10.
Текст и защита Законченный анализ и 3–5 минут ответов по собственному примеру Корректность содержания 3; сравнение и данные 3; ресурс и безопасность 2; самостоятельное объяснение и ссылки 2. Максимум 10.

Сроки: план — до контрольной точки М1, финальный текст — до М2. Работа выполняется внутри 35,9 часа СР: первый

раздел 10 часов, второй 10, третий 15,9 по РПД. Эти часы включают подготовку ко всем заданиям, а не только реферат; новое количество часов не вводится.
При обнаружении недостоверной ссылки студент исправляет основание вывода; при заимствовании без указания источника требуется самостоятельная переработка по действующему порядку университета. Численные данные и ссылки проверяются до выставления баллов; автоматическая генерация текста не заменяет защиты содержания.
Зачёт с оценкой обязательные результаты
Форма подтверждена исходной РПД. Проект процедуры: подготовка 40 минут, защита решения 10–15 минут; продолжительность организационная и не добавляется к трудоёмкости. Даты, помещение, разрешённые средства и порядок проведения утверждаются университетом. Допускается калькулятор; электронная таблица при одинаковой доступности всем. Условия задач выдаются полностью, эталоны скрываются.
Результат Что студент должен подтвердить Проверка
Р1–Р3 Объясняет структуру и свойства, читает диаграммы, различает фазу и структуру, обосновывает обработку Теоретическая часть и расчёт
Р4–Р5 Применяет характеристики металлических и неметаллических материалов с учётом состояния, температуры и направления Практическая и комплексная части, работы семестра
Р6 и ОПК-7 Считает ресурсные показатели, указывает безопасность, проверяет модель и не делает необоснованного окончательного выбора Обязательная комплексная часть К1 или К2 и семестровые П2, П6, П7

Теоретический перечень для подготовки — все вопросы Л1–Л9 и ЛТ. Один вариант не проверяет каждый результат отдельно; полное покрытие обеспечивается совокупностью семестровых работ и зачёта. При недемонстрации результата в семестре назначается равноценное уточняющее задание в установленном порядке, не подменяющее утверждённые условия контроля.
Рубрика одного варианта на 30 баллов
Два теоретических вопроса по 5: корректность 0–2, объяснение механизма 0–2, инженерное ограничение или пример 0–1. Краткий эталон задаёт ядро; для максимума студент объясняет причинную связь. Расчётная часть 10 по рубрике П1–П9. Комплексная часть 10 по рубрике К1–К2. Сумма — максимум 30.
Предлагаемые условия положительного результата: оба модуля не менее 20 баллов; зачёт не менее 20, теория ≥5, расчёт ≥6, комплексная часть ≥6; итог ≥60. Итоговая оценка определяется шкалой раздела 3, а не отдельно шкалой 27–30 из исходника. Условия доводятся до студентов после утверждения, до начала контроля.
Варианты зачёта с эталонами
Вариант 1
1. Теория Л1/17 — 5 баллов. Достаточно ли марки стали для задания свойств в CAE?
Эталонное ядро ответа. Нет: нужны состояние поставки, температура, направление, источник данных и соответствие выбранной модели.
2. Теория Л4/16 — 5 баллов. Почему доля перлита не равна доле цементита?
Эталонное ядро ответа. Перлит содержит обе фазы; фазовая доля цементита рассчитывается по собственным фазовым составам.
3. Расчёт П3 — 10 баллов. Построение и чтение диаграммы состояния. Полные данные, алгоритм, решение и рубрика в разделе 6; включаются в выдаваемый бланк варианта.
4. Комплексное задание К1 — 10 баллов. Выбор технологии по сырью энергии и безопасности. Полные данные, эталон и рубрика в разделе 7; включаются в выдаваемый бланк.
Вариант 2
1. Теория Л3/18 — 5 баллов. Почему быстрое охлаждение может дать структуру вне равновесного прогноза?
Эталонное ядро ответа. Ограниченная диффузия и метастабильные превращения не позволяют достигнуть равновесия.
2. Теория Л5/17 — 5 баллов. Как выбрать между сталью 45 и 40Х для толстого вала?
Эталонное ядро ответа. Сопоставить требуемую прочность по сечению, прокаливаемость, вязкость, обработку, стоимость и ресурс; одних обозначений недостаточно.
3. Расчёт П6 — 10 баллов. Выбор обработки детали. Полные данные, алгоритм, решение и рубрика в разделе 6; включаются в выдаваемый бланк варианта.
4. Комплексное задание К1 — 10 баллов. Выбор технологии по сырью энергии и безопасности. Полные данные, эталон и рубрика в разделе 7; включаются в выдаваемый бланк.
Варианты сопоставимы по структуре и максимуму. При смене чисел преподаватель пересчитывает решение до выдачи. Недостаток исходных данных студент должен назвать, а не заполнять предположением без обозначения.

Вариант 3
1. Теория Л6/16 — 5 баллов. Зачем учитывать контакт разнородных металлов во влажной среде?
Эталонное ядро ответа. Возможно гальваническое ускорение коррозии; нужны меры разделения или защиты.
2. Теория Л7/19 — 5 баллов. Как сравнить материалы при ограничении одновременно прочности и жёсткости?
Эталонное ядро ответа. Для каждого определить сечение по обоим ограничениям, выбрать большее и затем сравнить массу и другие требования.
3. Расчёт П7 — 10 баллов. Медь бронзы и латуни и ресурсный выбор. Полные данные, алгоритм, решение и рубрика в разделе 6; включаются в выдаваемый бланк варианта.
4. Комплексное задание К1 — 10 баллов. Выбор технологии по сырью энергии и безопасности. Полные данные, эталон и рубрика в разделе 7; включаются в выдаваемый бланк.
Вариант 4
1. Теория Л8/12 — 5 баллов. Почему кратковременное испытание не определяет ресурс полимерной втулки?
Эталонное ядро ответа. В эксплуатации действуют ползучесть, износ, температура, среда и циклическое нагружение.
2. Теория Л9/16 — 5 баллов. Какая ошибка вероятна при повороте волокон на 90° без изменения модели?

Эталонное ядро ответа. Назначение большого продольного модуля поперечному направлению и занижение прогнозируемой деформации.
3. Расчёт П8 — 10 баллов. Полимер под длительной нагрузкой. Полные данные, алгоритм, решение и рубрика в разделе 6; включаются в выдаваемый бланк варианта.
4. Комплексное задание К2 — 10 баллов. Ошибки единиц и модели в цифровой карточке. Полные данные, эталон и рубрика в разделе 7; включаются в выдаваемый бланк.
Варианты сопоставимы по структуре и максимуму. При смене чисел преподаватель пересчитывает решение до выдачи. Недостаток исходных данных студент должен назвать, а не заполнять предположением без обозначения.
Вариант 5
1. Теория Л2/19 — 5 баллов. Почему пористость нельзя игнорировать в расчётной модели?
Эталонное ядро ответа. Она снижает эффективное сечение, создаёт концентрацию напряжений и может менять механические характеристики.
2. Теория ЛТ/15 — 5 баллов. Почему увеличение времени выдержки не всегда полезно?
Эталонное ядро ответа. Может увеличивать зерно, окисление и обезуглероживание, повышая расход энергии без улучшения свойств.
3. Расчёт П9 — 10 баллов. Ориентация волокон и верификация модели композита. Полные данные, алгоритм, решение и рубрика в разделе 6; включаются в выдаваемый бланк варианта.
4. Комплексное задание К2 — 10 баллов. Ошибки единиц и модели в цифровой карточке. Полные данные, эталон и рубрика в разделе 7; включаются в выдаваемый бланк.
Вариант 6
1. Теория Л4/19 — 5 баллов. Можно ли заменить стальной вал серым чугуном только ради цены?
Эталонное ядро ответа. Нет: нужно проверить растяжение, удар, усталость, технологию и дефекты; цена не гарантирует работоспособность.
2. Теория Л5/19 — 5 баллов. Что делать, если два справочника дают разные свойства?
Эталонное ядро ответа. Проверить состояния, температуры, размеры и методики; выбрать прослеживаемый источник, объяснить различие, не усреднять без основания.
3. Расчёт П1 — 10 баллов. Свойства материалов и диаграмма растяжения. Полные данные, алгоритм, решение и рубрика в разделе 6; включаются в выдаваемый бланк варианта.
4. Комплексное задание К2 — 10 баллов. Ошибки единиц и модели в цифровой карточке. Полные данные, эталон и рубрика в разделе 7; включаются в выдаваемый бланк.
Варианты сопоставимы по структуре и максимуму. При смене чисел преподаватель пересчитывает решение до выдачи. Недостаток исходных данных студент должен назвать, а не заполнять предположением без обозначения.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Контрольные вопросы
Рефераты
Тесты

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.	Материаловедение: учебник	М.: Машиностроение 1990

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г.	Материаловедение (методы анализа, лабораторные работы и задачи): учебное пособие	М.: Металлургия 1975

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Струк В.А., Пинчук Л.С., Мышкин Н.К., Гольдаде В.А.	Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях: учебно-справочное руководство	Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект" 2010

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	LibreOffice (Writer, Calc, Impress) — оформление отчётов, обработка результатов испытаний, построение графиков и подготовка презентаций. LibreOffice
6.3.1.2	ImageJ — анализ изображений микроструктуры материалов: измерение размеров зёрен, включений и площадей структурных составляющих на откалиброванных микрофотографиях. imagej.net
6.3.1.3	Scilab — выполнение численных расчётов, анализ экспериментальных данных и построение графических зависимостей свойств материалов.

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения	
6.3.2.1	Перечень профессиональных баз данных
6.3.2.2	1. MatWeb — база справочных данных о свойствах инженерных материалов; подходит для поиска и сравнения характеристик материалов. matweb.com
6.3.2.3	2. Total Materia — база данных металлических и неметаллических материалов для поиска характеристик и обоснования выбора материала. totalmateria.com
6.3.2.4	Перечень информационных справочных систем
6.3.2.5	1. Федеральный информационный фонд стандартов Росстандарта — поиск стандартов на материалы, продукцию и методы испытаний, уточнение сведений о нормативных документах. Главная
6.3.2.6	2. «Техэксперт: Машиностроительный комплекс» — нормативно-техническая и справочная информация для изучения требований к материалам и машиностроительной продукции.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Организация учебных занятий
Руководство и координацию практические группы студентов осуществляет – преподаватель кафедры механики. Все студенты-лаборанты работают по индивидуальному заданию, осваивают навыки самостоятельной работы.
Для занятий руководитель составляет календарный график, в котором указывает время, отводимое студенту для выполнения того или иного раздела практики. Его творческие способности надо раскрывать и стимулировать наглядностью использования результатов его исследований в практических целях.
При прохождении практики студенты детально знакомятся конструкуционными материалами. Изучают устройства приборов, используемых при регистрации параметров механического состояния материалов. Обучаются работе с этими приборами, приобретают умения по их настройке и отладке. Работая на рабочем месте, он должен добросовестно выполнять все
требования, предъявляемые при проведении лабораторных работ. Шкала оценивания для Контрольной работы (рубежный контроль)
Контрольная работа представляет собой определение характеристик исследуемых материалов или доклада на заданную тему.
В процессе выполнения контрольной работы, студент должен воспользоваться основными навыками и знаниями. За выполнения задания:
Оценка (стандартная) Баллы % выполнения отлично 60 76-100
хорошо 40 51-75
удовлетворительно 20 25-50
неудовлетворительно 5 менее 25
Шкала оценивания УСТНОГО ОПРОСА (текущий контроль):
При оценке УСТНОГО ОТВЕТА на проверку уровня обученности ЗНАТЬ учитываются следующие критерии:
1. Знание основных процессов изучаемой предметной области, глубина и полнота раскрытия вопроса.
2. Умение объяснить сущность явлений, событий процессов. Делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы.
3. Владение терминологическим аппаратом и использование его при ответе.
3. Владение монологической речью, логичность и последовательность ответа, умение отвечать на поставленные вопросы, выражать свое мнение по обсуждаемой проблеме.
85-100% (9 -10 баллов) ставится, если студент: полно и аргументировано отвечает по содержанию вопроса; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры; излагает материал последовательно и правильно, с соблюдением исторической и хронологической последовательности;
70-84% (8 - 7 баллов) ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для 85-100%, но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет.
60-69% (6 - 5 баллов) ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.
0-59% (4 - 3 баллов) ставится, если студент обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.
Шкала оценивания на Зачете: Баллы (рейтинговой оценки) Оценка (стандартная) Требования к знаниям
27-30 зачет Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими - видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач по формированию общепрофессиональных и профессиональных компетенций
24-26 Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также имеет достаточно

полное представление о значимости знаний по дисциплине
20-23 Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой
Менее 20 Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка
«неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной дисциплине