ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Ваулин С. Д.
Пользователь: vaulinsd
Дата подписания: 04.10.2021

С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины П.1.В.07.02 Современные проблемы металловедения черных, цветных и благородных металлов
для направления 22.06.01 Технологии материалов
уровень аспирант **тип программы**
направленность программы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Материаловедение и физико-химия материалов

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов, утверждённым приказом Минобрнауки от 29.07.2014 № 888

Зав.кафедрой разработчика,
д.хим.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Винник Д. А.
Пользователь: vinnikda
Дата подписания: 04.10.2021

Д. А. Винник

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., профессор

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Михайлов Г. Г.
Пользователь: mikhailovgg
Дата подписания: 04.10.2021

Г. Г. Михайлов

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

• Целью преподавания данной дисциплины является ознакомление студентов с новыми, важными для теоретического понимания и последующего развития различных аспектов металлургии и металловедения, таких как дефекты кристаллического строения и их роль в различных процессах, вопросы физики прочности, формирование наноструктур, фазовые превращения в металлах и сплавах, их кинетика, с-образная диаграмма превращения, аморфные сплавы, проблемы водорода в сталях, диффузия, концепция локального равновесия и её применение для описания диффузионного образования фаз, в том числе, при реакциях восстановления оксидных фаз железа и особенности контролируемой прокатки. • приобретение навыков использования изучаемых методов анализа для решения практических вопросов и задач. Основные задачи дисциплины: • ознакомить студентов с новыми теоретическими методами ,перспективными для развития металлургических дисциплин; • показать возможность теоретического объяснения и описания практических эффектов на основе методов, развиваемых в соседних областях металлургии или других наук.

Краткое содержание дисциплины

1.Современные проблемы полиморфных и фазовых превращений в металлах и сплавах: термодинамика,кинетика,структура. 2.Пути повышения прочности металлов и сплавов на их основе. 3.Перспективные конструкционные материалы. 4 Материалы со специальными свойствами, аморфные и наноматериалы 5. Технологии получения высокопрочных материалов, материалов со специальными свойствами и других перспективных металлических материалов

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-2.3 умением создавать новые металлические материалы с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их стабильности	Знать:- физические, механические и эксплуатационные свойства материалов; - работоспособность материалов в различных условиях их эксплуатации;
	Уметь:- прогнозировать работоспособность материалов в различных условиях их эксплуатации; - разрабатывать предложения по созданию новых металлических материалов с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их стабильности.
	Владеть:- способностью прогнозировать работоспособность новых материалов в различных условиях их эксплуатации.
ОПК-10 способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов	Знать:методы и оборудование для экспериментального определения свойств современных материалов.
	Уметь:выбирать методы испытаний и проводить

	испытания физических, механических и эксплуатационных свойств материалов.
	Владеть:навыками выбора методик, приборов, датчиков и оборудование для проведения экспериментов по определению свойств материалов, регистрации и анализа их результатов
ПК-2.1 знанием связи между химическим и фазовым составом, кристаллической структурой и свойствами металлов и сплавов	Знать:- зависимости фазового состава структуры и свойств металлов и сплавов от их химического состава; - влияние легирования на свойства сплавов; - основные закономерности фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах различного химического состава.
	Уметь:анализировать основные закономерности фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах их зависимости от состава сплавов.
	Владеть:навыками анализа и предсказания основных закономерностей фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах
ПК-2.2 знанием физико-химических основ создания новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки	Знать:- физико-химические основы получения новых металлических материалов с заданными свойствами; - физико-химические основы новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки.
	Уметь:проводить физико-химический анализ технологических процессов получения новых новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки
	Владеть:способностью проводить анализ технологических процессов получения новых материалов.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
П.1.В.06.02 Современное состояние производства черных, цветных и редких металлов	Производственная (по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) практика (6 семестр), Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (6 семестр)

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

Дисциплина	Требования
П.1.В.06.02 Современное состояние производства черных, цветных и редких металлов	Знать основы технологии черных и цветных металлов. Уметь выбирать технологии, обеспечивающие требуемое качество металла. Владеть навыками выбора и расчета технологических процессов

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	38	38
Лекции (Л)	38	38
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	70	70
Выполнение домашних контрольных заданий	40	40
Подготовка к экзамену	30	30
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Механизмы и пути повышения прочности металлов и сплавов на их основе.	18	18	0	0
2	Перспективные конструкционные материалы	4	4	0	0
3	Материалы со специальными свойствами	4	4	0	0
4	Аморфные материалы	4	4	0	0
5	Объемные наноматериалы	4	4	0	0
6	Модифицированные поверхностные слои и покрытия	4	4	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Современные требования к материалам. Полиморфизм металлов; термодинамика ,кинетика, зарождение, рост, уравнение Мирки- Колмогорова, С-образная диаграмма превращения.	2
2	1	Проблемы водорода в сталях: закон Сиверса растворимости водорода, растворимость в фазах железа, природа высокой растворимости водорода в расплаве, выделение водорода при охлаждении, флокены, противофлокенная	2

		обработка, процессы захвата водорода дефектами, границами, в т.ч. межфазными границами, влияние растворённых элементов на растворимость, особенность добавок палладия.	
3	1	Точечные дефекты в решётке: места расположе-ния, механизмы и энергии образования, равновесные концентрации, миграция дефектов, частота перескоков. сверхравновесные дефекты, механизмы образования.Дислокации: винтовая, краевая и смешанная. Закономерности и кристаллография скольжения. Напряжение скольжения в идеальном и содержащем дислокации кристалле. Поля напряжении и упругая энергия дислокаций. Меха-низм Франка-Рида размножения дислокаций .Пластическая деформация как движение, остановка и образование новых дислокаций. Роль дислокаций в процессах возврата, полигонизации и рекристаллизации	2
4	1	Уравнения диффузии, выражения для коэффициентов диффузии в растворах внедрения и замещения, термодинамика диффузии, отрицательный знак коэффициента диффузии в расслаивающихся растворах.	2
5	1	Хрупкое и вязкое разрушение ,виды изломов, теория разрушения хрупких тел по Гриффитсу, вязких- по Оровану, современная теория разрушения по Ирвину, измерения и температурная зависимость критического коэффициента интенсивности напряжения.Изломы сталей при разрушении.	2
6	1	Механизмы упрочнения металлов и сплавов: деформационный, зернограничный, твёрдорастворный, дисперсионный, Принципы создания высокопрочных сталей и сплавов. Практическая реализация механизмов повышение прочности металлических сплавов с позиций дислокационной теории – реализация теоретической прочности в бездефектных кристаллах и получение материалов с предельной плотностью дефектов кристаллического строения.	2
7	1	Понятия о статической и динамической рекристаллизации, принципы контролируемой прокатки, их использование при производстве газо-и нефтепроводных труб.	2
8	1	Концепция локального равновесия К.Зинера для сплавов, содержащих фазы, нестабильные при данных температурах или давлениях, и ее применение для расчётов диффузионного роста новой фазы и растворения старой. Важнейшие примеры.	2
9	1	Современные технологии производства высокопрочных и хладостойких сталей массового производства путем обеспечения оптимальной микроструктуры проката Развитие технологических процессов производства чистых металлических материалов. Современные достижения и тенденции разработки высокопрочных сталей и сплавов, их виды. Особенности деформации сверхпрочных материалов. Гидроэкструзия. Явление сверхпластичности и ее использование при технологических методах обработки металлов давлением.	2
10	2	Новые конструкционные стали в транспортном машиностроении. Современные стали для производства труб.	2
11	2	Перспективные материалы в судостроении, для авиа- и космической техники.	2
12	3	Материалы для службы при высоких температурах (авиация, космическая техника, энергетика). Требования к жаропрочным и жаростойким сплавам и достижения в области технологий их получения. Суперсплавы. Повышение стабильности и уровня физико-механических и служебных свойств для рабочих температур 1100-1600 градусов Цельсия за счет современных технологических процессов. Создание монокристаллических сплавов, материалов, полученных направленной кристаллизацией и методом гранульной металлургии. Разработка новых интерметаллических сплавов с упорядоченной структурой на основе Ni3Al(Fe) и Ni3Al(Co), TiAl, Ti3Al, а также тугоплавких металлов с жаростойкими покрытиями.	2

13	3	Материалы с особыми электромагнитными свойствами. Разработка новых специальных парамагнитных и антиферромагнитных сплавов с заданными физико-механическими свойствами (сталей со сверх- равновесной концентрацией азота, безхромистых аустенитных сталей). Получение материалов для постоянных магнитов методами сверхбыстрой закалки, горячего прессования, направленного легирования, плазменного напыления т.д. Магнитомягкие сплавы со смешанной аморфно-кристаллической структурой, высокопрочные и высокопластичные сплавы со специальными физическими и служебными характеристиками. Материалы с особыми механическими свойствами. Проблемы создания и применения сплавов с памятью формы и высокого демпфирования. Особенности деформации сверхпрочных материалов. Гидроэкструзия. Использование явления сверхпластичности при технологических операциях ОМД. Методы получения ультрамелкого зерна. Синтез неравновесных фаз при деформации (эффект механического легирования). Композиционные и порошковые материалы.	2
14	4	Понятие аморфного состояния твердого тела. Получение аморфных материалов. Создание эффективных технологий получения аморфных материалов методом сверхбыстрого охлаждения, в том числе с применением высокоэнергетических способов воздействия (лазерного, плазменного).	2
15	4	Механические и специальные свойства аморфных материалов. Области и перспективы их применения.	2
16	5	Понятие и классификация наноматериалов. Виды современных наноматериалов. Объемные наноматериалы. Наноструктурные конструкционные и функциональные материалы.	2
17	5	Современные тенденции в развитии методов интенсивной пластической деформации (ИПД). Механические свойства наноструктур, сверхпластичность. Повышение механических свойств наноматериалов, полученных методом ИПД.	2
18	6	Интенсивная пластическая деформация трением (ИПДТ) сталей. Нанокристаллическая структура. Накопление пластической деформации и повреждаемость поверхностных слоев. Упрочнение поверхности при ИПДТ. Изменение химического состава поверхностных слоев. Влияние ИПДТ на механические свойства и разрушение сталей. Комбинированная деформационно-термическая обработка. Перспективы использования ИПДТ в инновационных технологиях.	2
19	6	Ионная имплантация. Лазерное легирование. Цели создания покрытий и тонких пленок на поверхности материала и методы получения покрытий.	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Выполнение домашних контрольных заданий.	Список рекомендуемой литературы приведен в разделе 8 РПД. Разделы и	40

	страницы зависят от темы задания	
Подготовка к экзамену	Список рекомендуемой литературы приведен в разделе 8 РПД	30

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Интерактивная форма обучения	Лекции	Проведение дискуссий и обсуждение примеров из практики	16

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: В рамках данной дисциплины используются результаты научных исследований преподавателя

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

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-2.2 знанием физико-химических основ создания новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки	Проверка домашнего контрольного задания	1
Все разделы	ПК-2.3 умением создавать новые металлические материалы с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их стабильности	Проверка домашнего контрольного задания	1
Все разделы	ПК-2.1 знанием связи между химическим и фазовым составом, кристаллической структурой и свойствами металлов и сплавов	промежуточная аттестация (экзамен)	2
Все разделы	ПК-2.2 знанием физико-химических основ создания новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки	промежуточная аттестация (экзамен)	2
Все разделы	ПК-2.3 умением создавать новые металлические материалы с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их	промежуточная аттестация (экзамен)	2

	стабильности		
Все разделы	ОПК-10 способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов	промежуточная аттестация (экзамен)	2

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Проверка домашнего контрольного задания	Аспирант выполняет домашнее контрольное задание, состоящее из двух частей - реферата по теоретической части и практической части - расчета. Выполненное задание аспирантсдает преподавателю на проверку. При наличии недочетов преподаватель возвращает работу для исправления. Выполнение задания является условием допуска студента к экзамену.	Зачтено: Домашнее контрольное задание выполнено правильно Не зачтено: Домашнее контрольное задание выполнено неправильно или не выполнено совсем.
	Устный ответ на вопросы билета; в билете 5 вопросов, время на подготовку ответов 1 час. Преподаватель может задать уточняющие вопросы. Каждый ответ оценивается от 0 баллов (абсолютно неверный ответ или отсутствие ответа) до 3 баллов (верный ответ без замечаний. Максимально возможное количество баллов за все ответы - 15.	Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85…100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75…84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60…74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0…59 %

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Проверка домашнего контрольного задания	Задание 1 Примерные темы домашнего контрольного задания а) примерные темы рефератов: 1. Основные причины повышения теплостойкости закаленных сталей при фрикционной обработке и технология такой обработки. 2. Оптимизация режимов комбинированных деформационно-термических обработок. 3. Влияние углерода и азота на межатомное взаимодействие в твердых растворах на основе железа. 4. Влияние углерода и азота на распределение атомов легирующих элементов в твердых растворах на основе железа. 5. Азотистые аустенитные стали. 6. Азотистые мартенситные стали. 7. Модели аморфного состояния. 8. Нанотехника и нанотехнологии. 9. Технологии производства крупных слитков (140-650 тонн) из конструкционных высокопрочных сталей и сплавов 10. Пористые материалы и возможности их применения в промышленности. 11. Высокопрочные композиты с наночастицами оксида алюминия и

	алюминиевые сплавы 12. Виды интенсивной пластической деформации с формированием ультрамелкозернистой структуры с размером зерен ~ 10 - 100 нм. 13. Равноканальное угловое прессование – технологии и результаты 14. Многоцикловая прокатка для изготовления многослойного ленточного наноструктурного композита б) примерные темы практических заданий: 1. Расчет Т-Р диаграмм равновесия металлов. 2. Расчет работы образования критического зародыша. 3. Расчет скоростей зарождения и роста, а также кинетики превращения при нескольких температурах. 4. Расчет кинетической диаграммы кристаллизации и полиморфного превращения 5. Расчёты растворимости водорода в расплавленном железе для различных вариантов поступления водорода. 6. Расчёты растворимости водорода в кристаллических фазах при изменении температуры и внешнего давления водорода. 7. Расчёты длительности диффузионного удалении водорода в ходе низкотемпературного отжига. 8. Расчет скоростей диффузии элементов в металле 9. Расчёт диффузионного роста новой фазы и растворения старой
	Задание 2. Примерные вопросы экзамена. 1. Оптимизация режимов комбинированных деформационно-термических обработок? 2. Различие во влиянии углерода и азота на межатомное взаимодействие в твердых растворах на основе железа? 3. Влияние углерода и азота на распределение атомов легирующих элементов в твердых растворах на основе железа? 4. Чем вызвано повышение концентрации термодинамически равновесных вакансий при растворении элементов внедрения в металлах. 5. Природа высокой вязкости азотистых аустенитных сталей. 6.. Как можно определить аморфное состояние вещества? Способы получения аморфных материалов. 7. Модели аморфного состояния металлов и сплавов. 8. Области применения аморфных сплавов. 9. Роль размеров и размерности наноструктур в формировании их свойств? 10. Основные способы производства объемных наноматериалов. 11. Регулируемая прокатка. Её влияние на прочность стали.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Окишев, К. Ю. Специальные стали [Текст] учеб. пособие для направлений "Металлургия" и "Материаловедение" К. Ю. Окишев, Д. А. Мирзаев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 35, [1] с. ил.

2. Мирзаев, Д. А. Основы теории дефектов, прочности и пластичности кристаллов [Текст] учеб. пособие по направлениям "Физика", "Приклад. механика", "Металлургия" и "Материаловедение" Д. А. Мирзаев, К. Ю. Окишев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 335, [1] с. ил. электрон. версия

3. Окишев, К. Ю. Кристаллохимия и дефекты кристаллического строения [Текст] учеб. пособие К. Ю. Окишев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 96, [1] с. электронная версия

б) дополнительная литература:

1. Мирзаев, Д. А. Физические основы прочности Ч. 1 Учеб. пособие Д. А. Мирзаев; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 141,[1] с. ил.

2. Мирзаев, Д. А. Физические основы прочности Ч. 2 Учеб. пособие Д. А. Мирзаев, К. Ю. Окишев; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 131, [1] с. ил.

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

1. Металловедение и термическая обработка металлов
2. Известия АН РФ.Металлы.
3. Известия высшей школы.Черная металлургия.
4. Электрометаллургия
5. Сталь
6. Чёрные металлы
7. Физика металлов и металловедение

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2015 года (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 29 мая 2007 г. N 177)

2. Региональная экономика. Под ред. Морозова Т.Г./ М., Юнити, 2002 г.

3. Вайтюк Н. Проблемы мировой металлургии // Национальная металлургия, 2005. 32 с.

4. Цветная металлургия мира: территориальное размещение // Минеральные ресурсы России, 2007. 42 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

5. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2015 года (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 29 мая 2007 г. N 177)

6. Региональная экономика. Под ред. Морозова Т.Г./ М., Юнити, 2002 г.
7. Вайтюк Н. Проблемы мировой металлургии // Национальная металлургия, 2005. 32 с.
8. Цветная металлургия мира: территориальное размещение // Минеральные ресурсы России, 2007. 42 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Каллистер, У. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамики, полимеры) : учебник / У. Каллистер, Д. Ретвич ; под редакцией А. Я. Малкина ; перевод с английского А. Я. Малкина. — Санкт-Петербург : НОТ, 2011. — 896 с. — ISBN 978-5-91703-022-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/4290	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения : учебное пособие / Г. Готтштайн ; перевод с английского К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под ред. В. П. Зломанова ; художники С. Инфантэ, Н. А. Новак. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 403 с. — ISBN 978-5-93208-565-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176455	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий

Самостоятельная работа студента	202 (3г)	ресурсы библиотеки, оборудование для доступа к электронным ресурсам, копировальное оборудование
Лекции	408 (1)	стенды
Практические занятия и семинары	408 (1)	стенды