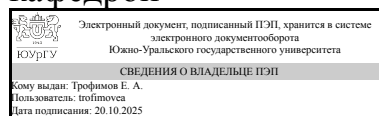


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



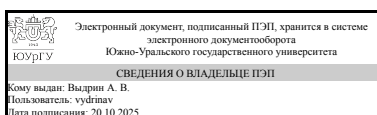
Е. А. Трофимов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М1.11 Цифровизация электрохимических производств
для направления 22.04.02 Metallurgy
уровень Магистратура
магистерская программа Проектирование и производство химических источников
тока
форма обучения очная
кафедра-разработчик Процессы и машины обработки металлов давлением**

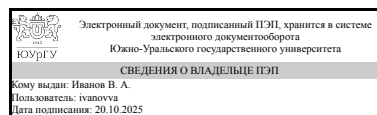
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy, утвержденным приказом Минобрнауки от 24.04.2018 № 308

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



А. В. Выдрин

Разработчик программы,
старший преподаватель



В. А. Иванов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель – формирование целостных знаний о прикладных аспектах информационных технологий на электрохимических производствах и навыков принятия решений на основе результатов компьютерного моделирования объектов и технологических процессов электрохимических производств

Задачи: 1. Ознакомиться с актуальными тенденциями использования информационных технологий на электрохимических производствах 2. Ознакомиться и получить практические навыки использования современных САД-систем. 3. Ознакомиться и получить практические навыки по использованию современных САЕ-систем. 4. Ознакомиться с библиотеками и базами данных материалов. 5. Ознакомиться с подходами и программными решениями для многокритериальной оптимизации производственных процессов на электрохимических производствах.

Краткое содержание дисциплины

Рассматриваются вопросы внедрения и применения информационных технологий на электрохимических производствах с учетом требований Индустрии 4.0. Акцент делается на современные программные средства компьютерного проектирования (САД-системы), моделирования (САЕ-системы), библиотеки и базы данных по материалам, и многокритериальной оптимизации (МДО-системы). Рассматриваются особенности их функционирования, взаимодействия в рамках жизненного цикла, критические ограничения применимости программных продуктов при решении производственных задач. Отдельное внимание уделено вопросам обеспечения технологической прослеживаемости, использованию статистических производственных данных для проектирования и моделирования, возможностям современных высокопроизводительных вычислений, методов машинного обучения и анализа данных. Разделы дисциплины: 1. Введение. Информационные технологии на электрохимических производствах. Жизненный цикл продукции. Обеспечение технологической прослеживаемости. 2. Современные САД-системы. 3. Современные САЕ-системы. 4. Библиотеки и базы данных материалов. 5. Программные решения для многокритериальной оптимизации (МДО-системы). 6. Индустрия 4.0. Большие данные. Высокопроизводительные вычисления.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен управлять современными технологическими процессами получения цветных металлов и анализировать и совершенствовать процессы производства цветных металлов	Знает: основы цифровизации электрохимических производств Умеет: использовать технологии сбора, размещения, хранения, накопления, преобразования и передачи данных в профессионально ориентированных информационных системах Имеет практический опыт: сбора, размещения, хранения, накопления, преобразования и передачи данных

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Проектирование и расчет химических источников тока, Теория и технология производства цветных металлов и сплавов, Моделирование электрохимических процессов, Технологическое оборудование производства цветных металлов	Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Теория и технология производства цветных металлов и сплавов	Знает: основные физические и химические процессы в производстве цветных металлов Умеет: рассчитывать материальный и тепловой балансы процессов в производстве цветных металлов Имеет практический опыт: выполнения необходимых типовых расчетов в производстве цветных металлов
Проектирование и расчет химических источников тока	Знает: устройство, научные и технологические основы проектирования и расчета химических источников тока Умеет: планировать и организовывать последовательность работ при разработке и изготовлении химических источников тока Имеет практический опыт: проектирования и изготовления образцов химических источников тока в лабораторных условиях
Технологическое оборудование производства цветных металлов	Знает: назначение, устройство, принцип действия и особенности эксплуатации технологического оборудования пирометаллургических производств цветных металлов Умеет: рассчитывать и подбирать типовое оборудование по заданным параметрам технологического процесса Имеет практический опыт: выполнения необходимых типовых расчетов в производстве цветных металлов
Моделирование электрохимических процессов	Знает: основы математического и физического моделирования электрохимических процессов Умеет: обрабатывать и анализировать результаты математического и физического моделирования электрохимических процессов Имеет практический опыт: организации и реализации математического и физического моделирования электрохимических процессов

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 38,25 ч.
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	0	0
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,75	69,75
Подготовка аналитической записки по теме ВКР. Постановка задач для компьютерного моделирования.	48	48
Подготовка отчета по теме: "Создание твердотельной модели в CAD-системе"	8	8
Подготовка к зачету	5,75	5,75
Подготовка отчета по теме: "Многокритериальная оптимизация в задаче об установившемся течении несжимаемой жидкости через систему конфузور-диффузор"	8	8
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Информационные технологии на электрохимических производствах отрасли	2	0	0	2
2	CAD-системы	6	0	4	2
3	CAE-системы	10	0	6	4
4	Библиотеки и базы данных материалов	4	0	2	2
5	Программные решения для многокритериальной оптимизации	4	0	2	2
6	Высокопроизводительные вычисления на электрохимических производствах	6	0	2	4

5.1. Лекции

Не предусмотрены

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Создание параметризованных твердотельных моделей в ПО КОМПАС-3D. Элементарные прочностные расчеты. Экспорт моделей для CAE.	2

2	2	Создание параметризованных твердотельных моделей в ПО SolidWorks. Элементарные прочностные расчеты. Экспорт моделей для CAE.	2
3	3	QFORM. Компьютерное моделирование термических короблений тонкостенных пористых изделий	2
4	3	ANSYS Fluent. Компьютерное моделирование установившегося процесса течения несжимаемой жидкости через систему конфузور-диффузор.	2
5	3	ANSYS Workbench. Многокритериальная оптимизация, на примере установившегося процесса течения несжимаемой жидкости через систему конфузор-диффузор.	2
6	4	Библиотеки и базы данных материалов. Извлечение и анализ данных по свойствам материалов.	2
7	5	Топологическая оптимизация конструкций. ANSYS Workbench.	2
8	6	Высокопроизводительные вычисления в металлургии. Регистрация на ПВК. Решение задачи изгиба консольно закрепленной балки средствами ANSYS Workbench на суперкомпьютере.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Информационные технологии на электрохимических производствах. Программно-аппаратное обеспечение	2
2	2	Создание параметризованных твердотельных моделей в ПО КОМПАС-3D. Элементарные прочностные расчеты. Экспорт моделей для CAE.	2
3,4	3	Исследование термических короблений тонкостенных пористых изделий	4
5	4	Библиотеки и базы данных материалов. Извлечение и анализ данных по свойствам материалов.	2
6	5	Топологическая оптимизация конструкций. ANSYS Workbench.	2
7,8	6	Регистрация в суперкомпьютерном центре. Постановка задач в очередь. Получение и обработка результатов	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка аналитической записки по теме ВКР. Постановка задач для компьютерного моделирования.	1	3	48
Подготовка отчета по теме: "Создание твердотельной модели в CAD-системе"	1	3	8
Подготовка к зачету	1	3	5,75
Подготовка отчета по теме: "Многокритериальная оптимизация в задаче об установившемся течении несжимаемой жидкости через систему конфузор-диффузор"	1	3	8

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Задание на практическое занятие 1	5	20	В течение практического занятия создана параметризованная твердотельная модель детали, проведен элементарный прочностной расчет в соответствии с заданием, модель сохранена в пригодном для экспорта формате данных, полностью в соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя, не выполнены элементарные прочностные расчеты, не выполнено сохранение модели в пригодном для экспорта формате данных - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
2	3	Текущий контроль	Задание на практическое занятие 3	5	20	В течение практического занятия с создана 3D модель изделия, модель импортирована в ПО QFORM, задача подготовлена к запуску, проведен расчет термического цикла в соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
3	3	Текущий контроль	Задание на практическое занятие 2	5	20	В течение практического занятия создана параметризованная твердотельная модель детали, проведен элементарный прочностной расчет в соответствии с заданием, модель сохранена в пригодном для экспорта формате данных, полностью в соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не	зачет

						были устранены после замечаний преподавателя, не выполнены элементарные прочностные расчеты, не выполнено сохранение модели в пригодном для экспорта формате данных - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	
4	3	Текущий контроль	Задание на практическое занятие 4	5	20	Подготовлена задача течения несжимаемой жидкости через систему конфузтор-диффузор в ПО ANSYS Workbench и ANSYS Fluent, проведено компьютерное моделирование в соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
5	3	Текущий контроль	Задание на практическое занятие 5	5	20	Подготовлена задача многокритериальной оптимизации для задачи течения несжимаемой жидкости через систему конфузтор-диффузор в ПО ANSYS Workbench и ANSYS Fluent, проведено компьютерное моделирование в соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
6	3	Текущий контроль	Практическое задание 6	5	20	Проведен сравнительный анализ плотности, теплопроводности, теплоемкости, коэффициента Пуассона, модуля Юнга для сталей AISI 3310, 4815, нержавеющей сталей 316L, SAF2507, определены минимальные скорости охлаждения при закалке для указанных выше сталей, проведено сравнение кривых сопротивления деформации в соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
7	3	Текущий	Задание на	5	20	В течение практического занятия с	зачет

		контроль	практическое занятие 7			создана исходная 3D модель изделия, модель импортирована в ПО ANSYS Workbench, задача топологической оптимизации исходного изделия подготовлена к запуску, проведена топологическая оптимизация исходного изделия соответствии с заданием - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	
8	3	Текущий контроль	Практическое задание 8	5	20	Произведено успешное подключение к системе ПВК, выполнено решение задачи прогиба консольно закрепленной балки в режиме удаленного доступа - 20 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 11-19 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-10 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
9	3	Текущий контроль	Подготовка аналитической записки по теме ВКР. Постановка задач для компьютерного моделирования.	10	10	Студент представляет аналитическую записку в распечатанном виде на листах форматом А4 или в электронном виде через систему личных кабинетов университета. Оформление записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017. Объем не более 15 стр. Срок сдачи: в течение семестра, до сдачи зачета. В аналитической записке проведен критических анализ предметной области ВКР. Поставлены задачи на использование средств компьютерного моделирования и проектирования. Требования к оформлению выполнены - 10 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 5-9 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя, не выполнены элементарные прочностные расчеты, не выполнено сохранение модели в пригодном для экспорта формате данных - 1-5 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
10	3	Текущий	Подготовка отчета по	10	10	Студент представляет отчет в	зачет

		контроль	теме: "Создание твердотельной модели в CAD-системе"			распечатанном виде на листах форматом А4 или в электронном виде через систему личных кабинетов университета. Оформление отчета должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017. Объем не более 10 стр. Срок сдачи: в течение семестра, до сдачи зачета. В отчете имеются все требуемые разделы. Информация о результатах работы представлена полно. Требования к оформлению выполнены - 10 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 5-9 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-5 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	
11	3	Текущий контроль	Подготовка отчета по теме: "Многокритериальная оптимизация в задаче об установившемся течении несжимаемой жидкости через систему конфузоров-диффузоров"	10	10	Студент представляет отчет в распечатанном виде на листах форматом А4 или в электронном виде через систему личных кабинетов университета. Оформление отчета должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017. Объем не более 10 стр. Срок сдачи: в течение семестра, до сдачи зачета. В отчете имеются все требуемые разделы. Информация о результатах работы представлена полно. Требования к оформлению выполнены - 10 баллов. Имеются недостатки, которые устранены после замечаний преподавателя - 5-9 баллов. Имеются недостатки, которые не были устранены после замечаний преподавателя - 1-5 баллов. Задание не выполнено - 0 баллов.	зачет
12	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	100	Зачет проводится в письменной форме. В билете содержится 2 теоретических вопроса и практическое задание. Время на подготовку ответа 120 минут. За ответ на каждый теоретический вопрос - максимум 20 баллов. За практическое задание - 60 баллов. Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы: 0 баллов - нет ответа на вопрос 5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы	зачет

					лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров. 10 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть логические или фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, имеется критическая оценка известным данным, приведены примеры. 15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ опирается только на русскоязычные источники информации, в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры. 20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры. Критерии оценивания результатов практического задания: 0 баллов - задание не выполнено. Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы: - 20 баллов - не выполнена многокритериальная оптимизация - 40 баллов - не подготовлен базовый вариант модели и не выполнена многокритериальная оптимизация. - 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 2D модели. - 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи. - 2 балла за некорректно заданные критерии оптимизации - 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении оптимизации.	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
------------------------------	----------------------	---------------------

зачет	Зачет может быть выставлен по результатам текущего контроля в семестре. Для получения зачета необходимо набрать не менее 60% от максимально возможного количества баллов за мероприятия текущего контроля. Если набрано менее 60% баллов, но при этом выполнены все мероприятия текущего контроля, студент допускается к зачету. Зачет состоит из теоретической и практической части. В теоретической части необходимо дать ответ на 2 вопроса по содержанию курса. В практической части необходимо смоделировать процесс получения изделия методом SLS, согласно варианту задания. На выполнение теоретической и практической части отводится 120 минут. Оценка зачтено выставляется если студент получил за теоретическую и практическую часть не менее 60% от максимально возможного количества баллов. Если студент набрал менее 60% баллов за зачет или набрал менее 60% баллов за мероприятия текущего контроля и при этом не выполнил все мероприятия текущего контроля, студент получает отметку незачтено.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
-------	---	---

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПК-2	Знает: основы цифровизации электрохимических производств	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: использовать технологии сбора, размещения, хранения, накопления, преобразования и передачи данных в профессионально ориентированных информационных системах	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: сбора, размещения, хранения, накопления, преобразования и передачи данных	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

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

1. Математическое моделирование сложных систем в металлургии: конспект лекций [Электронный документ] / А.В. Выдрин. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2012. – 66 с.

2. Планирование и обработка эксперимента в ОМД: конспект лекций [Электронный документ] / Ф.С.Дубинский, М.А. Соседкова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. – 25 с.

3. Средства компьютерного моделирования и проектирования в металлургии: методические указания к освоению дисциплины / В.А. Иванов. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. - 22 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Математическое моделирование сложных систем в металлургии: конспект лекций [Электронный документ] / А.В. Выдрин. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2012. – 66 с.

2. Планирование и обработка эксперимента в ОМД: конспект лекций [Электронный документ] / Ф.С.Дубинский, М.А. Соседкова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. – 25 с.

3. Средства компьютерного моделирования и проектирования в металлургии: методические указания к освоению дисциплины / В.А. Иванов. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. - 22 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Горбатюк, С.М. Автоматизированное проектирование оборудования и технологий : курс лекций : учебное пособие / С.М. Горбатюк, М.Г. Наумова, А.Ю. Зарапин. — Москва : МИСИС, 2015. — 62 с. — ISBN 978-5-87623-961-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт].— URL: https://e.lanbook.com/book/93646
2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Верхотуркин, Е.Ю. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench : учебное пособие / Е.Ю. Верхотуркин, В.Н. Пащенко, В.Б. Пясецкий. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 63 с. — ISBN 978-5-7038-3691-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/58419
3	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Компьютерная графика в САПР : учебное пособие / А.В. Приемышев, В.Н. Крутов, В.А. Треяль, О.А. Коршакова. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-2284-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/90060
4	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Баланов, А. Н. Искусственный интеллект. Понимание, применение и перспективы : учебник для вузов / А. Н. Баланов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 312 с. — ISBN 978-5-507-52357-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/448697 (дата обращения: 08.07.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Митяков, Е. С. Искусственный интеллект и машинное обучение : учебное пособие для вузов / Е. С. Митяков, А. Г. Шмелева, А. И. Ладынин. — Санкт-Петербург : Лань, 2025.

			— 252 с. — ISBN 978-5-507-51465-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/450827 (дата обращения: 08.07.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Аббасов, И. Б. Компьютерное моделирование в промышленном дизайне : монография / И. Б. Аббасов. — 2-е изд., доп. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — 112 с. — ISBN 978-5-93700-197-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/348107 (дата обращения: 08.07.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Совертков, П. И. Компьютерное моделирование / П. И. Совертков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 424 с. — ISBN 978-5-507-46708-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/339761 (дата обращения: 08.07.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. РСК Технологии-Система "Персональный виртуальный компьютер" (ПВК) (MS Windows, MS Office, открытое ПО)(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
4. -ProCAST(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	324 (1)	ПК, проектор, экран, компьютерный класс с доступом в Интернет
Лекции	337 (Л.к.)	ПК, проектор, экран
Практические занятия и семинары	338 (Л.к.)	ПК, проектор, экран, компьютерный класс с доступом в Интернет