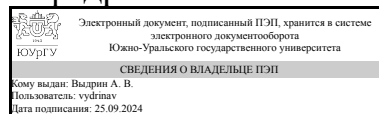


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



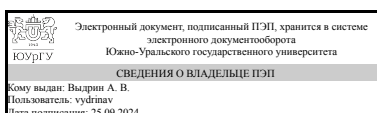
А. В. Выдрин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.08 Аддитивные технологии в металлургии
для направления 22.03.02 Металлургия
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Обработка металлов давлением
форма обучения заочная
кафедра-разработчик Процессы и машины обработки металлов давлением

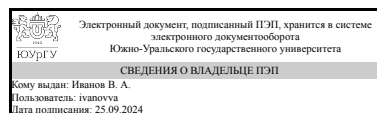
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, утверждённым приказом Минобрнауки от 02.06.2020 № 702

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



А. В. Выдрин

Разработчик программы,
старший преподаватель



В. А. Иванов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - В соответствии с требованиями основной целью курса «Аддитивные технологии» является формирование инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления изделий с использованием аддитивных технологий; в области разработки и внедрения аддитивных технологий изготовления машиностроительных изделий; в области модернизации действующих и проектировании новых эффективных машиностроительных производств различного назначения; а также применения систем экологической безопасности машиностроительных производств. Задачи дисциплины: - сформировать системное представление о исторических предпосылках появления аддитивных технологий; - изучение информации о машинах и оборудовании для выращивания металлических изделий; - усвоение алгоритма изготовления технологической оснастки с применением 3D принтера - приобретение навыка проведения контроля качества готового изделия с использованием 3D сканера (координатно-измерительной машины)

Краткое содержание дисциплины

Программа призвана обеспечивать наращивание профессиональных компетенций специалистов по разработке технологий аддитивного производства в области лазерных процессов. Предметом дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии» являются технологические приемы послойного построения моделей, форм, мастер-моделей и т.д. путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой разными способами: спеканием, сплавлением, склеиванием, полимеризацией - в зависимости от нюансов конкретной технологии. Идеология аддитивных процессов базируется на технологиях, в основе которых - цифровое описание изделия, его компьютерная модель или, так называемая, CAD-модель. При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта - от идеи до материализации (в любом виде - промежуточном или в виде готовой продукции) - находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE-системе. Дисциплина «Аддитивные технологии в металлургии» включает в себя следующие основные разделы: 1. Аддитивные технологии. 2. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины. 3. Методы создания и корректировки компьютерных моделей. 4. Теоретические основы производства изделий методом послойного синтеза. 5. Машины и оборудование для выращивания металлических изделий. Дисциплина «Аддитивные технологии» состоит из следующих занятий: лабораторных занятий. При построении курса используются следующие принципы: - профессиональная направленность - преподавание курса строится таким образом, чтобы студенты реально представляли, что без знаний о современных аддитивных технологиях и аппаратуры для их реализации предприятие не может создавать конкурентоспособную технически сложнопроизводимую продукцию. Во время занятий студенты знакомятся с видами и особенностями аддитивных технологических процессов, методами и средствами исследования и моделирования и проектирования изделий и оснастки, дается анализ влияния различных факторов на условия протекания процесса производства изделий машиностроения на аддитивных машинах. Практические занятия позволяют магистрам более подробно

освоить применение различных методов автоматизированного проектирования для получения высококачественных конкретных деталей и изделий, методы их экспериментального исследования и физической интерпретации полученных результатов. - принцип научности - знания, полученные при изучении теоретического материала, позволяют студенту научно, обоснованно производить анализ целесообразности применения тех или иных средств при решении конкретных производственных задач; - принцип доступности - курс является необходимой составной частью подготовки современного специалиста в области машиностроительных производств. Разделы курса органично связаны с изучаемыми ранее дисциплинами; - от общего к частному - при построении курса используется принцип «от простого к сложному». Теоретический материал, изучаемый магистрантом в процессе самостоятельной подготовки, закрепляется во время практических занятий и лабораторных работ. Эти занятия являются эффективной стадией обучения, во время которой студент реализует в практической разработке теоретические знания, которые он получил при изучении теоретических основ курса. 6. Эксплуатация аддитивных установок. 7. Методы финишной обработки и контроля качества готовых изделий. 8. Методы получения нанокристаллических материалов. 9. Системы бесконтактной оцифровки и области их применения. 10. Принцип действия различных систем бесконтактной оцифровки. 11. Правила осуществления работ по бесконтактной оцифровке для целей производства. 12. Устройство, правила калибровки и проверки на точность систем бесконтактной оцифровки. 13. Требования к компьютерным моделям, предназначенным для производства на установках послойного синтеза. 14. Особенности и требования технологий последующей обработки деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ. 15. Особенности использования синтезированных объектов для литья в качестве выплавляемых или выжигаемых моделей, литейных форм и стержней. 16. Технические параметры, характеристики и особенности современных токарных и фрезерных станков с ЧПУ. 17. Технические параметры, характеристики и особенности современных координатно-расточных станков, установок гидроабразивной обработки и систем бесконтактной оцифровки. 18. Порошковая металлургия (компактирование нанопорошков). 19. Кристаллизация из аморфного состояния. 20. Различные методы нанесения наноструктурных покрытий.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Знает: основную терминологию, основные методы и области их применения, материалы, оборудование для аддитивных технологий, требования к качеству изделий полученных методами аддитивных технологий, устройство и принципы работы основного оборудования для аддитивных технологий, ключевые параметры технологических режимов Умеет: анализировать данные связанные с применением аддитивных технологий, полученные из различных источников, контролировать отдельные свойства материалов

	для аддитивных методов, готовить исходные данные для специализированного ПО, формировать управляющие программы для оборудования 3D печати, контролировать параметры качества полученных изделий Имеет практический опыт: моделирования аддитивных технологий в изготовлении технологических машин и оборудования
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Экология, Методы анализа и обработки экспериментальных данных, Экономика и управление на предприятии, Правоведение, Основы теории ОМД

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

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 12,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	8	8
Лекции (Л)	4	4
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	59,75	59,75
Подготовка реферата	31	31
Ответы на контрольные вопросы по разделам	16	16
Подготовка к зачету	4,75	4,75
Подготовка отчетов по практическим работам	8	8
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
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. Аддитивные технологии. Классификация. Стандарты. Материалы для аддитивных технологий	4	2	2	0
2	Технологии для работы с полимерными, металлическими и керамическими материалами. Качество изделий	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Введение. Аддитивные технологии. Классификация. Стандарты. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Материалы для аддитивных технологий. Полимерные материалы. Металлические порошки. Керамические материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения. Характеристика рынка аддитивных технологий.	2
2	2	Технологии для работы с полимерными материалами. FDM, SLA/DLP, MJM, BJ. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты. Технологии для работы с металлическими материалами. BJ, SLS/SLM, DMD. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты. Технологии работы с керамическими материалами. FDM, MJM, BJ. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол- во часов
1	1	Материалы для аддитивных технологий. Определение плотности полимерных материалов	2
2	2	Технологии для работы с полимерными материалами. FDM. Плотность заполнения.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол- во часов
Подготовка реферата	1. Материалы лекций и практических работ 2. Основная и дополнительная литература по курсу	3	31
Ответы на контрольные вопросы по разделам	Основная и дополнительная литература	3	16
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	3	4,75

Подготовка отчетов по практическим работам	Основная и дополнительная литература	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	Учи- тыва- ется в ПА
1	3	Текущий контроль	Ответы на контрольные вопросы	1	10	Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую практическую работу): - лабораторная работа оформлена в соответствии с требованиями - от 0 до 10 баллов; - выводы логичны и обоснованы – от 0 до 5 балла; - правильный ответ на вопросы – от 0 до 5 баллов.	зачет
2	3	Текущий контроль	Лабораторные работы	1	5	Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую практическую работу): - лабораторная работа оформлена в соответствии с требованиями - от 0 до 10 баллов; - выводы логичны и обоснованы – от 0 до 5 балла; - правильный ответ на вопросы – от 0 до 5 баллов.	зачет
3	3	Текущий контроль	Реферат	1	50	Реферат оценивается максимум 50 баллов. 0 баллов выставляется если реферат не представлен. Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями к оформлению пояснительных записок и содержать основные разделы: 1. Аннотация 2. Содержание 3. Введение 4. Основные разделы 5. Заключение 6. Библиографический список Оформление оценивается максимум 10 баллов 10 баллов выставляется если выполнены все требования к оформлению. 1-9 баллов выставляется при наличии отступлений от требований к оформлению. 1 - требования не выполнены; 9 - имеются незначительные отступления от требований. Содержательная часть оценивается максимум 40 баллов. В содержательной части оценивается полнота раскрытия темы реферата, корректность выводов, корректность цитирования, количество	зачет

					источников использованных при подготовке реферата, наличие иноязычных источников, научных публикаций из реферируемых баз данных РИНЦ, Scopus, Web of Science. 40 баллов выставляется если тема раскрыта полностью. Во введение отражен общий план реферата, который соответствует теме реферата. Основное содержание решает поставленные во введении задачи. Информации изложенная в основном содержании полна и достаточна для понимания всех аспектов темы. В заключении сделаны выводы, которые перекликаются с задачами во введении. Использовано не менее 10 источников, среди которых не менее двух иностранные. Источники соответствуют теме реферата и являются достоверными. от 1 до 39 баллов выставляется если имеются отступления от максимальных требований к содержанию.		
4	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	10	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 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	зачет

					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. Промежуточная аттестация проводится согласно пп 2.5. и 2.6. Положения о балльно-рейтинговой системе. 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 зачено 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.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	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. Промежуточная аттестация проводится согласно пп 2.5. и 2.6. Положения о балльно-рейтинговой системе. 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.	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM			
		1	2	3	4
УК-2	Знает: основную терминологию, основные методы и области их применения, материалы, оборудование для аддитивных технологий, требования к качеству изделий полученных методами аддитивных технологий, устройство и принципы работы основного оборудования для аддитивных технологий,	+			+

	ключевые параметры технологических режимов				
УК-2	Умеет: анализировать данные связанные с применением аддитивных технологий, полученные из различных источников, контролировать отдельные свойства материалов для аддитивных методов, готовить исходные данные для специализированного ПО, формировать управляющие программы для оборудования 3D печати, контролировать параметры качества полученных изделий	+	+	+	
УК-2	Имеет практический опыт: моделирования аддитивных технологий в изготовлении технологических машин и оборудования	+	+	+	

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:

1. Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия : науч.-техн. журн. / Гос. технол. ун-т "Моск. ин-т стали и сплавов" (МИСиС), ЗАО "Калвис". С 2008 г.
2. Физика металлов и металловедение ,науч.-техн. журн. ,Рос. акад. наук, Отд-ние общ. физики и астрономии, Урал. отд-ние РАН. С 1955 г.
3. Порошковая металлургия : международный научно-технический журнал / Нац. акад. наук Украины, Ин-т проблем материаловедения им. И. Н. Францевича. С 1962 г.
4. Физика твердого тела ,науч.-теорет. журн. ,Рос. акад. наук, Отд-ние общ. физики и астрономии, Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе. С 1960 г.
5. Пластические массы : Науч.-техн. журн. / ЗАО НП "Пластические массы". С 1960 г.
6. Физическая мезомеханика : науч. журн. / Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН. С 2007 г.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Иванов В.А. Аддитивные технологии в промышленности. Методические указания к освоению дисциплины / В.А. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2021. - 31 с.
2. Требования к оформлению пояснительной записки к выпускной квалификационной работе: методические указания / составители Л.А. Радионова, М.А. Соседкова. – Челябинск, ЮУрГУ, ПиМОМД, 2020. – 40 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Иванов В.А. Аддитивные технологии в промышленности. Методические указания к освоению дисциплины / В.А. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2021. - 31 с.

2. Требования к оформлению пояснительной записки к выпускной квалификационной работе: методические указания / составители Л.А. Радионова, М.А. Соседкова. – Челябинск, ЮУрГУ, ПиМОМД, 2020. – 40 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Горунов, А. И. Аддитивные технологии и материалы : учебное пособие / А. И. Горунов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2019. — 56 с. — ISBN 978-5-7579-2360-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/144008 (дата обращения: 06.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Комсомольск-на-Амуре : КНАГУ, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-7765-1350-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/151709 (дата обращения: 06.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии : учебное пособие / А. В. Трофимов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2019. — 72 с. — ISBN 978-5-9239-1114-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/120060 (дата обращения: 06.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лазерные аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров, Р. С. Третьяков ; под редакцией А. Г. Григорьянца. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 278 с. — ISBN 978-5-7038-4976-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172807 (дата обращения: 06.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система 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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/90060 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Современные технологии 3D-сканирования : учебное пособие / А. Н. Новиков, А. В. Фирсов, Г. И. Борзунов, А. А. Щенников. — Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2015. — 87 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/128675 (дата обращения: 11.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Дополнительная	Электронно-	Шишковский, И. В. Лазерный синтез функционально-

литература	библиотечная система издательства Лань	градиентных мезоструктур и объемных изделий : учебное пособие / И. В. Шишковский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 424 с. — ISBN 978-5-9221-1122-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/59529 (дата обращения: 11.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
------------	--	---

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	337 (Л.к.)	Компьютер, проектор, интернет, MS PowerPoint.
Практические занятия и семинары	339 (Л.к.)	Компьютеры, интернет. ПО: SolidWorks, Ansys Additive Technology (ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution)
Практические занятия и семинары	340 (Л.к.)	FAB Lab. 3D-принтеры FDM, SLA. 3D-сканер. Микроскоп. Лабораторный пресс.