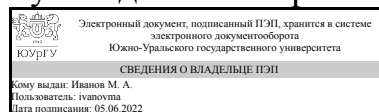


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



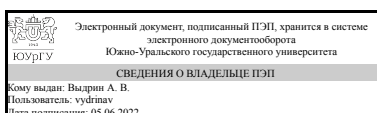
М. А. Иванов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.24 Аддитивные технологии
для направления 15.03.01 Машиностроение
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Процессы и машины обработки металлов давлением

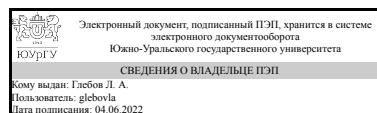
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 727

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



А. В. Выдрин

Разработчик программы,
преподаватель



Л. А. Глебов

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
ОПК-2 Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации при решении задач профессиональной деятельности	Умеет: составлять отчетную документацию, делать корректные выводы на основе полученных данных
ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	Знает: предметную область аддитивных технологий, ключевые характеристики аддитивных технологий, их достоинства и недостатки Умеет: работать с научно-технической информацией по аддитивным технологиям, обобщать и систематизировать имеющуюся информацию

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.28 Технология и оборудование сварочного производства, 1.О.19 Материаловедение, 1.О.13.02 Инженерная графика, 1.О.13.03 Компьютерная графика, 1.О.25 Методы анализа и обработки экспериментальных данных, 1.О.12 Информатика и программирование	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.13.03 Компьютерная графика	Знает: Основы представления графической информации в электронном виде; Умеет: Пользоваться программными средствами для построения чертежей деталей и 3-D моделей; Имеет практический опыт: Подготовки и оформления графической документации с помощью программных средств;
1.О.19 Материаловедение	Знает: Основные группы и классы современных материалов, их свойств, области применения и принципы выбора Умеет: Анализировать фазовые превращения при нагревании и охлаждении сплавов; Проводить анализ сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов Имеет практический опыт: Методами анализа технологических процессов, влияющих на качество получаемых изделий
1.О.28 Технология и оборудование сварочного производства	Знает: Технологические особенности производства узлов и конструкций в машиностроении, классификации и маркировку материалов и оборудования, основы обеспечения технологических процессов, Средства механизации и автоматизации сварочных и сопутствующих вспомогательных операций Умеет: умением составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий Имеет практический опыт: рассчитать и оценить свариваемость металла или сплава, прогнозировать возможность появления дефектов в сварном соединении
1.О.12 Информатика и программирование	Знает: Современные информационные технологии, прикладные программные средства, основы теории информации; основные аспекты проблем информационной безопасности

	<p>защиты информации: основы защиты информации и сведений, составляющих государственную тайну, алгоритмы решения задач</p> <p>Умеет: Применять информационные технологии и стандартные прикладные программные средства для решения профессиональных задач; Пользоваться программным обеспечением и Интернет-технологиями для работы с деловой информацией; использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения, решать простые задачи алгоритмизации; решать типовые задачи табличной обработки (создание и форматирование электронных таблиц, использовать основные пользовательские функции, простая статистическая обработка); создавать электронные презентации; использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами, создавать резервные копии архивы данных и программ, Разрабатывать алгоритмы при решении задач проектирования и изготовления машиностроительной продукции</p> <p>Имеет практический опыт: Работы с вычислительной техникой, передачей информации в среде локальных сетей Интернет; опытом работы на ПЭВМ с прикладными программными средствами, методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях; техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами, включая приемы антивирусной защиты, Проектирования простых программных алгоритмов и реализации их на языке программирования;</p>
<p>1.О.25 Методы анализа и обработки экспериментальных данных</p>	<p>Знает: системный подход для решения поставленных задач, Знает правила поиска и отбора технической информации , Знает методы математического моделирования и анализа данных</p> <p>Умеет: критически анализировать и синтезировать информацию, Умеет обрабатывать и хранить информацию, необходимую для проведения технического анализа, Умеет моделировать и проводить математический анализ с использованием естественнонаучных и общеинженерных знаний</p> <p>Имеет практический опыт: методами поиска необходимой для анализа информации, Владеет методами сбора и обработки собранной информации , Владеет методами математического моделирования и анализа данных на практике</p>
<p>1.О.13.02 Инженерная графика</p>	<p>Знает: Требования стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технической документации</p>

	(ЕСТД) к оформлению и составлению чертежей, методы решения инженерно-геометрических задач на чертеже; Умеет: Читать чертежи; решать инженерно-геометрические задачи на чертеже; применять нормативные документы и государственные стандарты, необходимые для оформления чертежей и другой конструкторско-технологической документации; Имеет практический опыт: Чтения чертежей; решения инженерно-геометрических задач на чертеже; применения нормативных документов и государственных стандартов, необходимых для оформления чертежей и другой конструкторско-технологической документации;
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75	
Подготовка к зачету	15,75	15,75	
Ответы на контрольные вопросы по разделам	10	10	
Подготовка отчетов по практическим работам	10	10	
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.	2	2	0	0
2	Материалы для аддитивных технологий	6	2	0	4
3	Технологии для работы с полимерными материалами	4	2	0	2
4	Технологии для работы с металлическими материалами	2	2	0	0
5	Технологии работы с керамическими материалами	2	2	0	0
6	Качество изделий полученных аддитивными методами. Контроль качества.	8	2	0	6

7	Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях	8	4	0	4
---	---	---	---	---	---

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. Характеристика рынка аддитивных технологий.	2
2	2	Материалы для аддитивных технологий. Полимерные материалы. Металлические порошки. Керамические материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.	2
3	3	Технологии для работы с полимерными материалами. FDM, SLA/DLP, MJM, BJ. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.	2
4	4	Технологии для работы с металлическими материалами. BJ, SLS/SLM, DMD. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.	2
5	5	Технологии работы с керамическими материалами. FDM, MJM, BJ. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.	2
6	6	Качество изделий полученных аддитивными методами. Размерная точность, шероховатость, характерные дефекты. Сравнительная оценка. Контроль качества. Координатно измерительные машины. 3D-сканирование. Микроструктура и свойства.	2
7	7	Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях. Обзор технологий. Программные решения. Программное обеспечение для 3D-сканирования. Программное обеспечение для топологической оптимизации.	2
8	7	Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях. Программное обеспечение для моделирования технологического процесса SLS/SLM.	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Материалы для аддитивных технологий. Определение плотности полимерных материалов	2
2	2	Материалы для аддитивных технологий. Гранулометрический состав и морфология частиц металлических порошков.	2
3	3	Технологии для работы с полимерными материалами. FDM. Плотность заполнения.	2
4	6	Качество изделий полученных аддитивными методами. Контроль качества. FDM. Коробление изделий в следствие неравномерной усадки.	2
5	6	Качество изделий полученных аддитивными методами. Контроль качества. DMD. Контроль микроструктуры и макродефектов.	2
6	6	Качество изделий полученных аддитивными методами. Контроль качества.	2

		SLS/SLM. Влияние расположения треков сплавления на прочность при сжатии.	
7	7	Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях. 3D-сканирование.	2
8	7	Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях. Моделирование технологического процесса изготовления детали типа "Кубик" методом SLS. Подготовка модели. Расчет. Анализ результатов.	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Конспект лекций, основная и дополнительная литература	7	15,75
Ответы на контрольные вопросы по разделам	Конспект лекций, основная и дополнительная литература	7	10
Подготовка отчетов по практическим работам	Конспект лекций, основная и дополнительная литература	7	10

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-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	7	Текущий контроль	Защита лабораторных работ	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	7	Бонус	Реферат	-	10	Доклад оценивается по 10 балльной системе. - 10 баллов выставляется студенту, если: 1) доклад состоит из введения, предметно-содержательной части (дробится на разделы в зависимости от количества рассматриваемых вопросов и общего объема доклада) и заключения. Обязательно отражение собственной позиции по рассматриваемой проблеме. 2) объем доклада составляет 10-15 страниц (шрифт Times New Roman, 14 размер, полуторный	зачет

					интервал). При оформлении текста доклада необходимо показать умение использовать возможности MS Word: том числе стили, форматирование текста, включение в документ рисунков, таблиц, организационных схем, диаграмм, формул, сносок, списков, колонтитулов и т.п. 3) при подготовке к докладу использовано не менее 5 источников литературы (включая источники на бумажных и электронных носителях, а также Интернет-источники), из которых учебники и учебных пособия не должны превышать одной трети от всего объема использованных источников. 4) основное внимание уделяется последним публикациям в научных периодических изданиях, а также монографиям и практическим материалам. 5) ссылки на использованные источники оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ. 6) авторство выполненной работы составляет не менее 75% - 7 баллов выставляется студенту, если при выполнении в целом всех требований к подготовке доклада тема раскрыта не полностью, имеются нарушения в оформлении работы. - 5 баллов выставляется студенту, если при выполнении в целом всех требований к подготовке доклада тема раскрыта не полностью, имеются нарушения в оформлении работы. - 3 балла выставляется студенту, если: не выполнено хотя бы одно из требований к подготовке доклада. - 0 баллов выставляется, если не выполнено более 3-х требований к подготовке доклада.		
3	7	Промежуточная аттестация	Зачет	-	10	К зачету допускаются студенты выполнившие и защитившие все практические работы. Если рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. - Зачтено. Если рейтинг обучающегося за мероприятие меньше 60 % студент направляется на устный зачет. На устном зачете студент получает билет с 3 вопросами. Время на подготовку к ответу на зачете не более 40 минут. Зачтено: Студент ответил на два из трех вопросов. Свободно владеет изученным материалом и терминологией. Не зачтено: Студент ответил на один из трех вопросов. Не владеет терминологией.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

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

зачет	К зачету допускаются студенты выполнившие и защитившие все практические работы. Если рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. - Зачтено. Если рейтинг обучающегося за мероприятие меньше 60 % студент направляется на устный зачет. На устном зачете студент получает билет с 3 вопросами. Время на подготовку к ответу на зачете не более 40 минут. Зачтено: Студент ответил на два из трех вопросов. Свободно владеет изученным материалом и терминологией. Не зачтено: Студент ответит на один из трех вопросов. Не владеет терминологией.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
-------	---	---

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
ОПК-2	Умеет: составлять отчетную документацию, делать корректные выводы на основе полученных данных	+	+	+
ОПК-5	Знает: предметную область аддитивных технологий, ключевые характеристики аддитивных технологий, их достоинства и недостатки	+	+	+
ОПК-5	Умеет: работать с научно-технической информацией по аддитивным технологиям, обобщать и систематизировать имеющуюся информацию	+	+	+

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	Компьютерная графика в САПР : учебное пособие / А. В. Приемышев, В. Н. Крутов, В. А. Третьяков, О. А. Коршакова. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-

		издательства Лань	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 литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шишковский, И. В. Лазерный синтез функционально-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 ФИПС(бессрочно)

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	340 (Л.к.)	FAB Lab. 3D-принтеры FDM, SLA. 3D-сканер. Микроскоп. Лабораторный пресс.
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)