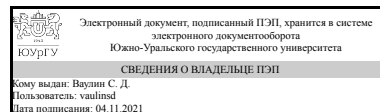


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт



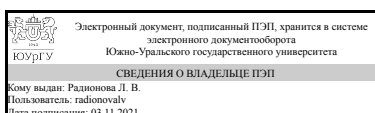
С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.03.01 Аддитивные технологии в металлургии
для направления 22.03.02 Металлургия
уровень бакалавр **тип программы** Академический бакалавриат
профиль подготовки Обработка металлов давлением
форма обучения заочная
кафедра-разработчик Процессы и машины обработки металлов давлением

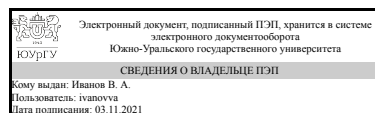
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.12.2015 № 1427

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



Л. В. Радионова

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 (ЗУНы)
ПК-1 способностью к анализу и синтезу	Знать: предметную область аддитивных технологий, преимущества и недостатки, основные направления развития, ограничения на применимость, материалы, методы контроля качества изделий полученных аддитивными технологиями
	Уметь: извлекать, обрабатывать и анализировать научно-техническую информацию, формулировать рекомендации по внедрению аддитивных технологий в различных отраслях промышленности, оценивать результаты внедрения

ПК-11 готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии	Владеть:
	Знать:
	Уметь: анализировать конструкцию изделия на предмет возможности изготовления с использованием аддитивных технологий, создавать модели с учетом метода изготовления, генерировать управляющие программы для устройств 3D-печати.
	Владеть:

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.17 Материаловедение, Б.1.10.03 Компьютерная графика	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Б.1.17 Материаловедение	знать основные свойства полимерных материалов, металлов и сплавов, методы анализа микроструктуры, свойства порошковых материалов.
Б.1.10.03 Компьютерная графика	знать возможности основных CAD систем, уметь строить 3D-модели деталей и сборочных единиц по заданным размерам, импортировать 3D модели с заданной точностью в формат .stl

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
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>	64	64
Подготовка к зачету	16	16
Ответы на контрольные вопросы по разделам	8	8
Подготовка отчетов по практическим работам	8	8
Подготовка реферата по общей теме "Применение	32	32

аддитивных технологий в отраслях промышленности"		
Вид итогового 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		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Ответы на контрольные вопросы по темам	Конспект лекций, основная и дополнительная литература	8

Подготовка к зачету	Конспект лекций, основная и дополнительная литература	16
Подготовка отчетов по практическим работам	1. Задание на практические работы 2. Требования к оформлению отчетов 3. Конспект лекций, основная и дополнительная литература	8
Подготовка реферата по общей теме "Применение аддитивных технологий в отраслях промышленности"	1. Темы рефератов 2. Конспект лекций, основная и дополнительная литература 3. Полнотекстовые базы данных Scopus, Web of Science, РИНЦ.	32

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Компьютерные симуляторы	Лекции	Симуляция технологических процессов аддитивных технологий	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

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-1 способностью к анализу и синтезу	Ответы на контрольные вопросы (текущий контроль)	1
Все разделы	ПК-11 готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии	Практические работы (текущий контроль)	2
Все разделы	ПК-1 способностью к анализу и синтезу	Реферат (текущий контроль)	3
Все разделы	ПК-1 способностью к анализу и синтезу	Зачет (промежуточная аттестация)	4
Все разделы	ПК-11 готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии	Зачет (промежуточная аттестация)	4

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
--------------	-----------------------------------	---------------------

Ответы на контрольные вопросы (текущий контроль)	Ответы представляются студентами в электронном виде в курсе на портале Электронный ЮУрГУ в течение 2х недель после проведенной лекции.	Зачтено: Получены правильные, полные ответы на не менее 60% вопросов Не зачтено: Получены правильные, полные ответы на менее чем 60% вопросов
Практические работы (текущий контроль)	Ответы представляются студентами в электронном виде в курсе на портале Электронный ЮУрГУ в течение 2х недель после проведенного практического занятия. Оценивается качество выполнения отчета по практическому занятию и правильность расчетов и выводов	Зачтено: Задание выполнено полностью, оформлено в соответствии с требованиями методических рекомендаций. Расчеты выполнены корректно, в них нет ошибок значительно искажающих правильность выводов. По работе сделаны корректные выводы, соотносящиеся с целями и задачами практической работы. Не зачтено: Работа не выполнена. Расчеты отсутствуют или содержат грубые ошибки, выводы не отражают целей и задач работы, содержат заключения не соответствующие полученным данным.
	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	Зачтено: 1. Для получения зачета необходимо набрать не менее 60% от максимально возможного количества баллов за мероприятия текущего контроля. 2. Оценка зачтено выставляется если студент получил за теоретическую и практическую часть не менее 60% от максимально возможного количества баллов. Не зачтено: 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.

	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.	
Реферат (текущий контроль)	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.	Зачтено: Набрано 60% и более баллов Не зачтено: Набрано менее 60% баллов

	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 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.	
--	---	--

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Ответы на контрольные вопросы (текущий контроль)	Контрольные вопросы к лекции 4.pdf; Контрольные вопросы к лекции 6.pdf; Контрольные вопросы к лекции 1.pdf; Контрольные вопросы к лекции 3.pdf; Контрольные вопросы к лекции 2.pdf
Практические работы (текущий контроль)	ПЗ1.pdf; ПЗ3.pdf
	Вопросы к зачету.pdf
Реферат (текущий контроль)	Темы рефератов.pdf

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

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

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

	литература	библиотечная система издательства Лань	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 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.

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

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 информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

10. 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	340 (Л.к.)	FAB Lab. 3D-принтеры FDM, SLA. 3D-сканер. Микроскоп. Лабораторный пресс.
Практические занятия и семинары	339 (Л.к.)	Компьютеры, интернет. ПО: SolidWorks, Ansys Additive Technology (ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution)