

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Горных машин и электромеханических систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №10 от 27 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Горные машины и оборудование

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Стрелков Алексей
Борисович
Дата подписания: 16.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Храмовских Виталий
Александрович
Дата подписания: 17.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Технологии аддитивного производства» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ДК-1 Способность осуществлять деятельность, находящуюся за пределами основной профессиональной сферы	ДК-1.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ДК-1.3	Осваивает дополнительные виды деятельности и решает профессиональные задачи в сфере аддитивного производства	Знать технологии аддитивного производства и область их применения; методы контроля деталей полученных с использованием аддитивных технологий; особенности аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами формообразования Уметь учитывать особенности и возможности аддитивных технологий; разрабатывать управляющие программы для 3D принтеров и роботизированных комплексов; выполнять расчеты на прочность оптимизированных и спроектированных изделий; выбирать параметры режима аддитивной технологии изготовления несложного изделия Владеть навыками компьютерного моделирования; навыками топологической оптимизации изделий;

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Технологии аддитивного производства» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Инженерная и компьютерная графика», «Материаловедение», «Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле», «Детали машин и механизмов», «CAD, CAM моделирование», «Технологии машиностроения», «Технологии обработки металлов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика : преддипломная практика», «Производственная практика: производственно-технологическая практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	16	16
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение и описание основных принципов аддитивного производства (АП)	1	2			1, 2, 3, 4, 5, 6	18	1, 2, 3, 4	52	Тест
2	Процесс фотополимеризации в ванне	2	2							Тест
3	Экструзионные системы	3	2			12	2	3	2	Отчет
4	Струйное нанесение материала.	4	2							Тест
5	Селективное лазерное плавление металлических порошков (SLM)	5	2			10, 11	6	3	2	Тест
6	Процессы направленного энерговклада (DED)	6	2							Отчет
7	Контроль деталей	7	2							Тест

8	Программное обеспечение для аддитивных технологий	8	2			7, 8, 9	6	3	4	Отчет
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16				32		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение и описание основных принципов аддитивного производства (АП)	Этапы АП. Преимущества АП. Различия АП и традиционных технологий изготовления. Классификация технологий аддитивного производства. Концептуализация изделия и его проектирование в среде САПР. Реверс-инжиниринг
2	Процесс фотополимеризации в ванне	Введение. Технология печати. Материалы для фотополимеризации в ванне. Оборудование. Преимущества и недостатки процесса. .
3	Экструзионные системы	Введение. Технология FDM-печати и её разновидности. Материалы. Оборудование для FDM печати. Преимущества и недостатки процесса
4	Струйное нанесение материала.	Технология MJ печати. Материалы. Преимущества и недостатки процесса.
5	Селективное лазерное плавление металлических порошков (SLM)	Технология SLM-печати. Материалы. Оборудование для SLM-печати. Достоинства и недостатки технологии SLM печати.
6	Процессы направленного энерговклада (DED)	Область применения. Технология печати. Материалы и оборудование. Преимущества и недостатки технологии. Улучшение свойств деталей полученных с применением АТ.
7	Контроль деталей	Методы неразрушающего контроля. Методы разрушающего контроля. Контроль геометрии.
8	Программное обеспечение для аддитивных технологий	Программы для проектирования и подготовки моделей к печати. Топологическая оптимизация геометрии деталей под 3D печать

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Твердотельное моделирование	4

2	Моделирование поверхностей по сетки кривых	2
3	Построение линейчатых поверхностей	2
4	Заметание поверхностей	2
5	Операции создания и редактирования поверхностей	2
6	Реверс-инжиниринг для аддитивного производства	6
7	Линейный статический анализ детали	2
8	Создание и работа с конечно-элементными моделями сборки	2
9	Топологическая оптимизация детали для аддитивного производства	2
10	Подготовка модели к селективному лазерному спеканию	2
11	Выборочное лазерное сплавление (SLM) 4	4
12	Подготовка модели и настройка принтера для FDM печати	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	10
2	Подготовка к зачёту	12
3	Подготовка к практическим занятиям	10
4	Решение специальных задач	28

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мастер-класс

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Стрелков А.Б. Технологии аддитивного производства : электронный ресурс. – 2024. URL: <https://el.istu.edu/course/view.php?id=6289>. Дата публикации 25.03.2024

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Стрелков А.Б. Технологии аддитивного производства : электронный ресурс. – 2024. URL: <https://el.istu.edu/course/view.php?id=6289>. Дата публикации 25.03.2024

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Тест

Описание процедуры.

Тема: Введение и описание основных принципов аддитивного производства

1) Что такое аддитивное производство?

- а) Это метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала: пластика, металла, бетона и, возможно, в будущем — человеческой ткани.
- б) Это направление науки, специализирующееся на разработке и применении объектов, размер которых составляет от единиц до нескольких сотен нанометров.
- в) Это последовательность действий, направленных на поэтапное, выверенное возведение строящихся объектов с учетом всех запланированных мероприятий в проекте.

2) В каком формате должна быть сохранена модель для печати?

а) PARASOLID

б) STEP

в) STL

3) К чему приводит чрезмерное спекание порошка при печати на SLS-принтере?

а) потере детализации модели

б) потере прочности модели

в) избыточной хрупкости модели

г) избыточной пористости модели

4) Какие основные принципы лежат в основе аддитивного производства?

а) Послойное добавление материала, использование цифровых моделей для создания физических объектов, возможность кастомизации и персонализации изделий.

б) Высокая точность, возможность кастомизации и персонализации изделий, снижение веса изделия, дешевое серийное производство.

в) Все вышеперечисленное.

5) Какие материалы могут использоваться в аддитивном производстве?

а) PLA, ABS, PET-G, металлы, керамика, композиты.

б) Только PLA и ABS.

в) Только металлы и керамика

6) Какие технологии аддитивного производства наиболее распространены?

а) FDM, SLA, SLM.

б) Только FDM и SLM.

в) Только SLA и SLM.

7) Какие преимущества аддитивного производства перед традиционными методами производства?

а) Безотходное производство, отсутствие швов и сварных соединений, низкая себестоимость, быстрота изготовления, простота изготовления.

б) Высокая точность, возможность кастомизации и персонализации изделий, снижение веса изделия, дешевое серийное производство.

в) Все вышеперечисленное.

Тема Процесс фотополимеризации в ванне

1) Какой метод аддитивного производства использует процесс фотополимеризации в ванне?

а) FDM

б) SLA

в) SLM

2) Как работает процесс фотополимеризации в ванне?

а) Жидкая смола затвердевает под воздействием ультрафиолетового излучения.

б) Расплавленный материал выдавливается через сопло и затвердевает.

в) Материал спекается под воздействием лазерного излучения.

- 3) Какие материалы используются в процессе фотополимеризации в ванне?
- а) Металлы
 - б) Фотополимерные смолы
 - в) Керамика
- 4) Какие преимущества имеет процесс фотополимеризации в ванне?
- а) Высокая точность и возможность создания сложных форм.
 - б) Быстрое изготовление и низкая стоимость.
 - в) Возможность создания функциональных деталей с минимальной обработкой.
- 5) Какие недостатки имеет процесс фотополимеризации в ванне?
- а) Ограничения по размеру и сложности деталей.
 - б) Необходимость в поддерживающих структурах.
 - в) Высокая стоимость материалов и оборудования.

Тема: Струйное нанесение материала.

- 1) Что такое струйное нанесение материала?
- а) Процесс аддитивного производства, в котором изготовление объекта осуществляется нанесением капель строительного материала.
 - б) Метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала: пластика, металла, бетона и, возможно, в будущем — человеческой ткани.
 - в) Это направление науки, специализирующееся на разработке и применении объектов, размер которых составляет от единиц до нескольких сотен нанометров.
- 2) Какие материалы используются в струйном нанесении материала?
- а) Специальный жидкий фотополимер или расплавленный воск с наполнителем или без него.
 - б) Только специальный жидкий фотополимер.
 - в) Только расплавленный воск.
- 3) Какие механизмы связи существуют в струйном нанесении материала?
- а) Химическая реакция связывания или адгезия в результате затвердевания расплавленного материала.
 - б) Только химическая реакция связывания.
 - в) Только адгезия в результате затвердевания расплавленного материала.
- 4) Какие источники активации используются в струйном нанесении материала?
- а) Источник излучения света для химической реакции связывания.
 - б) Только источник излучения света.
 - в) Только источник тепла для расплавления материала.
- 5) Какие виды струйного нанесения материала существуют?
- а) Струйное нанесение фотополимера, струйное нанесение воска, струйное нанесение с использованием чернил с наночастицами металла.
 - б) Только струйное нанесение фотополимера и струйное нанесение воска.
 - в) Только струйное нанесение с использованием чернил с наночастицами металла.

Тема: Селективное лазерное плавление металлических порошков (SLM)

- 1) Что такое селективное лазерное плавление (SLM)?
- а) Это метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала: пластика, металла, бетона и, возможно, в будущем — человеческой ткани.
 - б) Это направление науки, специализирующееся на разработке и применении объектов, размер которых составляет от единиц до нескольких сотен нанометров.
 - в) Это последовательность действий, направленных на поэтапное, выверенное возведение строящихся объектов с учетом всех запланированных мероприятий в проекте.

- 2) Какие материалы используются в SLM?
 - а) Только металлические порошки.
 - б) Металлические порошки и полимеры.
 - в) Любые материалы, способные плавиться под воздействием лазера.
- 3) Какие основные принципы лежат в основе SLM?
 - а) Послойное добавление материала, использование цифровых моделей для создания физических объектов, возможность кастомизации и персонализации изделий.
 - б) Высокая точность, возможность кастомизации и персонализации изделий, снижение веса изделия, дешевое серийное производство.
 - в) Все вышеперечисленное.
- 4) Какие преимущества SLM перед другими методами аддитивного производства?
 - а) Высокая точность и повторяемость, механические характеристики изделий сравнимы с литьем, возможность уменьшения массы за счет внутренних полостей.
 - б) Быстрота изготовления, простота изготовления, возможность создания функциональных деталей с минимальной обработкой.
 - в) Все вышеперечисленное.
- 5) Какие области применения SLM?
 - а) Авиакосмическая промышленность, энергетика, медицина, стоматология.
 - б) Только авиакосмическая промышленность и энергетика.
 - в) Только медицина и стоматология.
- 6) Какие этапы включает в себя процесс SLM?
 - а) Анализ данных и построение изделия, подготовка металлического порошка, селективное лазерное плавление, постобработка.
 - б) Только анализ данных и построение изделия.
 - в) Только подготовка металлического порошка и селективное лазерное плавление.
- 7) Какие факторы влияют на качество изделий, полученных методом SLM?
 - а) Точность цифровой модели, параметры лазерного излучения, свойства металлического порошка.
 - б) Только точность цифровой модели.
 - в) Только параметры лазерного излучения.

Тема: Контроль деталей

- 1) Какие методы контроля предназначены для обнаружения поверхностных дефектов?
 - а) гамма-просвечивание;
 - б) капиллярные;
 - в) гидравлические;
- 2) Какой метод контроля наиболее надежно выявляет внутренние дефекты?
 - а) люминисцентный;
 - б) радиоационный;
 - в) механические испытания;
- 3) В качестве источника гамма- излучения используют?
 - а) рентгеновскую трубку;
 - б) радиоактивные вещества, которые помещены в свинцовые капсулы;
 - в) инфракрасные лучи.
- 4) К неразрушающим методам контроля относят:
 - а) внешний осмотр
 - б) металлографические исследования
 - в) механические испытания
 - г) УЗК
 - д) радиационные методы контроля
- 5) Контроль – это:
 - а) проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям;

- б) установление зависимости между параметрами технологического процесса и вероятностью появления дефектов;
- в) определение предельных величин дефектов, не влияющих на эксплуатационные характеристики объекта
- б) В каких средах (материалах) могут распространяться поперечные волны:
 - а) в любых;
 - б) только в твёрдых;
 - в) в твёрдых и жидких.

Критерии оценивания.

Тест считается засчитанным по теме если студент дал не менее 70% правильных ответов

6.1.2 семестр 7 | Отчет

Описание процедуры.

Отчет по работе оформляется в соответствии со стандартом предприятия СТО ИРНИТУ.005-2020.

Конкретные требования к проведению и оформлению работы, а также перечень контрольных вопросов приводится к каждой практической работе и изложены в методических указаниях к ним.

Критерии оценивания.

Описание процедуры: Защита происходит на основании отчёта и контрольных вопросов, приведённых в конце каждой работы. Практическая работа оценивается «зачтено» или «незачтено». Оценка «зачтено» ставится, если задача, решаемая в лабораторной работе решена правильно, и студент раскрыл ответил на контрольные вопросы в полном объёме, логично и последовательно, привёл примеры (если есть такая возможность). Оценка «незачётное» ставится в случае, если задача решена неправильно (на детали есть зарезы, соударения инструмента с заготовкой или оснасткой, неправильно выбрана стратегия обработки, неверно подобран режущий инструмент), и студент не смог раскрыть поставленный вопрос. Студенту даётся возможность передачи по расписанию консультаций преподавателя.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ДК-1.3	Знает терминологию, общие понятия, определения, область применения различных видов аддитивных технологий, основные принципы разработки управляющих программ в СААМ системах;	Выполнение практического задания Устное собеседование по теоретическим

	выполняет процедуры, связанные с подготовкой аддитивного производства. Отвечает на вопросы самостоятельно, приводя свои примеры.	вопросам.
--	---	-----------

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Процедура зачёта осуществляется на основе СТО 015-2018 «Система менеджмента качества. Учебно-методическая деятельность. Контроль успеваемости студентов». Зачёт проводится только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачётной книжки.

Критерии оценки ответа студента на зачёте, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения студентов до начала зачёта.

Во время проведения зачётов студенты могут пользоваться рабочими программами дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачёт, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Ответ на теоретические вопросы проводится в устном виде, в перечень включаются вопросы из различных разделов курса, позволяющие проверить и оценить теоретические знания студентов. Минимальное время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачёте, должно составлять 45 минут. По истечении этого времени студент обязан быть готовым к ответам.

На практической части студенту необходимо представить на защиту презентацию (не более 7 слайдов) проекта о подготовке к производству детали, выданной в начале 7-го семестра в виде СРС. В презентации должны быть представлены пункты по этапам аддитивного производства и последующей постобработки:

- проектирование детали в среде CAD;
- топологическая оптимизация;
- адаптация полученной модели к производству
- анализ и проверка в CAE пакете;
- подготовка производства (программа+ модель с поддерживающими элементами в рабочей области);
- операции получения модели;
- анализ маршрута разработанной технологии и классической лезвийной.

Нарушения студентом дисциплины на зачёте пресекаются экзаменатором вплоть до удаления с зачёта.

Присутствие на зачётах посторонних лиц без разрешения ректора, проректора по учебной работе или заведующего кафедрой не допускается, кроме лиц, осуществляющих проверку.

Если студент явился на зачёт и отказался от ответа, то студенту проставляется в ведомость «Не зачтено».

Пример задания:

Примеры вопросов для зачёта

1. Назовите основной принцип технологии аддитивного производства.
2. Перечислите этапы аддитивного производства.
3. Приведите различия между аддитивным производством и классическими методами обработки резанием.
4. Дайте классификацию технологий аддитивного производства.
5. Технологии фотополимеризации в ванне.
6. Технология послойного сплавления порошка.
7. Технология экструзии материала
8. Технология распыления исходного материала
9. Технологии прямого подвода энергии.
10. Какие технологии аддитивного производства с использованием металлов Вы знаете.
11. Назовите ключевые этапы в развитии аддитивных технологий.
12. Какие виды порошков используются в настоящее время в аддитивном производстве?
13. Что такое капельная технология печати? Где она используется?
14. Назовите преимущества и недостатки технологии направленного энерговклада
15. Назовите способы подачи материала в технологии DED.
16. Какие системы направленного энерговклада вы знаете?
17. В чем преимущество технологии использования проволоки при аддитивном производстве по сравнению с послойным спеканием порошка.
18. Почему скорость наплавки считается ключевым параметром, требующим контроля при обработке DED?
19. В чем заключается сущность метода плавления порошков на подложке?
20. Какие механизмы спекания порошков вы знаете?
21. Какие материалы можно использовать в технологии плавлении порошков в сформированном слое?
22. Назовите основные параметры технологического процесса плавления порошков на подложке.
23. Назовите преимущества и недостатки процесса плавления материала на подложке.
24. Расскажите основной принцип действия экструзионных систем.
25. Назовите типы экструзионных машин.
26. Какие материалы используются для FDM.
27. Назовите ограничения FDM.
28. Назовите уникальные возможности аддитивного производства.
29. Какими правилами должен руководствоваться конструктор при проектировании деталей для аддитивного производства?
30. В чем преимущество использования ячеистых (решетчатых) структур в изделии?
31. Назовите существующие проблемы в САПР, замедляющие применение аддитивных производств.
32. Какие методы оптимизации, применительно к аддитивным технологиям, Вы знаете.
33. Какие методы улучшения физико-механических свойств деталей полученных с применением аддитивных технологий Вы можете назвать?
34. Какие качества сочетают в себе изделия, спроектированные с использованием бионического подхода.
35. Какое программное обеспечение для бионического проектирования Вы знаете?
36. Что такое конвергентное тело?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
---------	------------

Оценки «зачтено» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой, демонстрирующий систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности	Оценка «незачтено» выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Такой оценки заслуживают ответы, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда обучающийся не понимает существа излагаемых им вопросов
--	--

7 Основная учебная литература

1. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, Т. Н. Боровик, Н. С. Баранова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 1 — 2021. — 173 с.
2. Горунов, А. И. Аддитивные технологии и материалы : учебное пособие / А. И. Горунов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2019. — 56 с.
3. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, В. В. Зуев, А. А. Мышечкин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 2 — 2021. — 164 с.
4. 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.
5. Кулик, В. И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 160 с.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Симонян, Л. М. Современные методы и технологии специальной электрометаллургии и аддитивного производства: теория и технология спецэлектрометаллургии : учебное пособие / Л. М. Симонян, А. Е. Семин, А. И. Кочетов. — Москва : МИСИС, 2017. — 182 с.
2. Трофимов, А.В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии : учебное пособие / А.В. Трофимов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2019. — 72 с.
3. Данилов Ю. В. Практическое использование NX : учебное пособие / Ю. В. Данилов, И. А. Артамонов, 2011. - 331.
4. NX для конструктора-машиностроителя : учебное пособие / П. С. Гончаров [и др.], 2010. - 498.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>
3. https://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/

4. <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/FUSENG2/>
5. <https://www.coursera.org/learn/additivnye-tehnologii>
6. <https://umnpro.com/at/>
7. <https://additiv-tech.ru>
8. <https://www.hubs.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Siemens NX 1899 Academic CAD+CAM (учебная)_обновление 2019 _50 р.м.

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер Core i7-11700,16Gb DDR4 3200,500GB,SSD,1TbHDD,мон 23.8",клав-мышь - 14 штук