Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 27.10.2026 11:42:40
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»
(ЗГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД и МП

_____ Крюков В.Н.

3D-ПЕЧАТЬ: СПЛАВЫ И СТАНКИ

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**

Учебный план 15.03.02_бак-очн.ИП-2026+.plx
Направление подготовки: Технологические машины и оборудование

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108
в том числе:
аудиторные занятия 32
самостоятельная работа 58
часов на контроль 18

Виды контроля в семестрах:
зачеты 6

Распределение часов дисциплины по

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**6 (3.2)**		Итого	
Недель	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
В том числе инт.	8	8	8	8
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	32	32	32	32
Сам. работа	58	58	58	58
Часы на контроль	18	18	18	18
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

Рабочая программа дисциплины

3D-печать: сплавы и станки

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Металлургии, машин и оборудования

Протокол от 10.06.2026г. № 11
Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.
ИО Зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

ИО Зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.__ _____ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от 10.06.2026г. № 11
Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.
ИО Зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

ИО Зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.__ _____ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от __ _____ 2027 г. № __
Зав. кафедрой к.т.н.,

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

ИО Зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.__ _____ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от __ _____ 2028 г. № __
Зав. кафедрой к.т.н., доцент

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

ИО Зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.__ _____ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Металлургии, машин и оборудования

Протокол от __ _____ 2029 г. № __
Зав. кафедрой к.т.н., доцент

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Формирование знаний о материалах (в первую очередь – металлических сплавах), используемых в аддитивных технологиях, а также об устройстве, типах и принципах работы 3D-принтеров, ориентированных на металлическую и полимерную печать.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	Изучить физико-химические свойства сплавов, применяемых в 3D-печати.
1.4	Ознакомиться с основными типами промышленных и настольных аддитивных установок.
1.5	Изучить технологии FDM, LCD, SLA, DLP, SLM, SLS и другие.
1.6	Разобраться в совместимости материалов с различными технологиями и принтерами.
1.7	Сформировать практические навыки выбора станка и сплава под техническое задание.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Современные виды САПР
2.1.2	Введение в инжиниринг и реинжиниринг
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Инновационные технологии изготовления деталей
2.2.2	Организация и проведение технического обслуживания и ремонта аддитивных установок

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ОПК-6.1: Способен осуществлять профессиональную деятельность, используя знания в области информационных технологий и библиографической культуры УК-1.1: Выявляет проблемы и анализирует пути их решения, решает практико-ориентированные задачи УК-1.2: Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	**Наименование разделов и тем /вид занятия/**	**Семестр / Курс**	**Часов**	**Компетен-ции**	**Литература**	**Инте ракт.**	**Примечание**
	Раздел 1. Металлы и сплавы в 3D-печати						
1.1	Требования к материалам для аддитивных технологий /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	

1.2	Обзор металлических порошков и сплавов (Ti, Al, Ni и др.) /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
1.3	Порошковая металлургия: структура, гранулометрия, плотность /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
1.4	Подбор материалов под нагрузку, термическое и химическое воздействие /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
	Раздел 2. Полимерные и композитные материалы						
2.1	FDM, PLA, ABS, PETG, TPU – свойства и совместимость /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
2.2	Сополимерные и инженерные пластики (PC, Nylon, CF и др.) /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
2.3	Смолы для LCD и SLA принтеров. Фотоинициаторы, отверждение /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
2.4	Тестирование прочностных свойств образцов /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
	Раздел 3. 3D-принтеры: типы и принципы работы						
3.1	Классификация 3D-принтеров: FDM, LCD, SLA, SLM, SLS, Binder Jetting /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
3.2	Компоновка узлов, систем подачи, нагрева, охлаждения /Лек/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	1	
3.3	Изучение интерфейса и ПО станков кафедры /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
3.4	Подготовка моделей, калибровка, первая печать /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
	Раздел 4. Практика работы с оборудованием						
4.1	Практика печати на FDM-принтере CreatBot F430 /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
4.2	Практика печати на LCD-принтерах Elegoo и Anycubic /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
4.3	Практика печати на SLA-принтере Phrozen Mega 8K /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	

4.4	Сравнение результатов печати, выводы /Пр/	6	2	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	
4.5	Подготовка к лекционным и практическим занятиям /Ср/	6	58	УК-1.1 УК- 1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Каковы ключевые требования к гранулометрическому составу и форме металлических порошков для технологии селективного лазерного плавления (SLM)? Как форма частиц влияет на текучесть?
2. В каких отраслях и благодаря каким уникальным свойствам чаще всего применяются титановые (Ti) и никелевые (Ni/Inconel) сплавы в аддитивном производстве?
3. Что такое насыпная и тапенная (утрясочная) плотность порошка, и как эти параметры влияют на пористость и итоговую прочность металлической детали?
4. Опишите критерии подбора металлического сплава для аддитивного производства детали, работающей в условиях экстремального термического и циклического механического воздействия (например, лопатка турбины).
5. Какие дефекты микроструктуры (поры, несплавления, остаточные напряжения) наиболее характерны для деталей из металлических порошков, и какими методами контроля их выявляют?
6. Проведите сравнительный анализ базовых филаментов PLA и ABS. Какие ограничения по термостойкости и усадке имеет каждый из них?
7. Почему пластик PETG часто называют «золотой серединой» между PLA и ABS? Опишите его химическую стойкость и особенности адгезии между слоями.
8. Какие технологические сложности возникают при печати гибкими полимерами (TPU/Flex), и какие требования предъявляются к механизму подачи экструдера для работы с ними?
9. За счет чего композитные филаменты, армированные углеволокном (CF), демонстрируют повышенную жесткость? С какими проблемами износа узлов принтера сталкивается оператор при их использовании?
10. Объясните физико-химический механизм фотополимеризации в SLA/LCD печати. Какую роль в этом процессе играют фотоинициаторы?
11. В чем разница между кинетикой отверждения смолы под воздействием лазера (SLA) и светодиодной матрицы через маску (LCD)?
12. Каким образом проводится стандартное тестирование прочностных свойств (на растяжение и изгиб) образцов, напечатанных на 3D-принтере, и как ориентация модели при печати влияет на анизотропию свойств?
13. Назовите технические особенности принтера CreatBot F430 (максимальная температура экструдера, наличие обогреваемой камеры). Для работы с какими «капризными» материалами спроектирован этот станок?
14. Каковы основные этапы калибровки печатной платформы (выравнивания стола) на FDM-принтере CreatBot F430 для исключения дефекта «отрыва» первого слоя?
15. Опишите конструктивные отличия ванны для смолы у LCD-принтеров Elegoo/Anycubic и принципиальное значение натяжения FEP/PFA-пленки для успешного отделения слоя.
16. Какие параметры засветки (время засветки первых слоев, время засветки обычных слоев) являются критическими при подготовке файла для принтеров Elegoo/Anycubic в слайсере (например, Chitubox / Lychee)?
17. В чем заключаются особенности работы со сверхкрупным LCD-принтером Phrozen Sonic Mega 8K? Какие физические силы (например, сила отрыва от пленки) возрастают при увеличении площади печати?
18. Опишите технологический процесс постобработки моделей после LCD/SLA печати: правила промывки в изопропиловом спирте, удаление поддержек и финальное УФ-доотверждение.
19. С какими типичными программными или механическими ошибками можно столкнуться при калибровке оптической оси Z на SLA/LCD принтерах, и как их избежать?
20. Какие меры техники безопасности (СИЗ, вентиляция) необходимо строго соблюдать при работе с жидкими фотополимерными смолами и металлическими порошками на оборудовании кафедры?

5.2. Темы письменных работ

Учебный план и программа дисциплины не предусматривает написание письменных работ.

5.3. Фонд оценочных средств

Для текущего контроля разработаны тесты по темам изучаемой дисциплины.
Критерии оценки знаний студентов при проведении тестирования.
• Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80% тестовых заданий;
• Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 60% тестовых заданий;
• Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 45%.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Контрольные задания, текущая аттестация, промежуточная аттестация.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Каменев, С. В., Романенко, К. С.	Технологии аддитивного производства: учебное пособие https://www.iprbookshop.ru/71339.html	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017	1
Л1.2	Каменев, С. В., Романенко, К. С.	Технологии аддитивного производства: учебное пособие для спо https://www.iprbookshop.ru/92180.html	Саратов: Профобразование, 2020	1
Л1.3	Попович, А. А., Суфияров, В. Ш., Разумов, Н. Г., Борисов, Е. В., Масайло, Д. В., Гончаров, И. С.	Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий: учебное пособие https://www.iprbookshop.ru/116134.html	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021	1
Л1.4	Горунов А. И.	Аддитивные технологии и материалы: учебное пособие https://e.lanbook.com/book/144008	Казань: КНИТУ-КАИ, 2019	1
Л1.5	Руктуев А. А., Лазуренко Д. В., Колубаев Е. А., Огнева Т. С., Малютина Ю. Н.	Технологии аддитивного производства: учебное пособие https://e.lanbook.com/book/404396	Новосибирск: НГТУ, 2023	1

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Лисяк, В. В.	Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать: учебное пособие https://www.iprbookshop.ru/117159.html	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021	1
Л2.2	Евсеев А. Н., Ефременков И. В.	Моделирование, 3D-печать и оценка полученной реплики с помощью измерительных инструментов и КИМ ТЗ: в 3 ч. Ч. 3 https://e.lanbook.com/book/199562	Ульяновск: УлГУ, 2021	1

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	MS Windows 7 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.2	MS Windows XP (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.3	Компас-3D v12 (Номер лицензионного соглашения Кк-10-01126)
6.3.1.4	ArchiCAD 15 (версия для образовательных учреждений)
6.3.1.5	Blender

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Электронно-библиотечная система «Лань» https://e.lanbook.com
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система «Юрайт» www.biblio-online.ru
6.3.2.3	Электронная библиотека технического вуза («Консультат студента») www.studentlibrary.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Для проведения занятий по дисциплине необходима следующая материально-техническая база, обеспечивающая проведение всех видов занятий, предусмотренных данной программой и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:
7.2	специализированной аудиторией для проведения лекционных и семинарских занятий, оснащенной ЖК-телевизором, проектором, стационарным экраном, ноутбуком с выходом в сеть Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ЗГУ;
7.3	специализированной аудиторией для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенной ЖК-телевизором, проектором, стационарным экраном, ноутбуками с выходом в сеть Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ЗГУ;

7.4	специализированной аудиторией для самостоятельной работы обучающихся, оснащенной ноутбуками с выходом в сеть Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ЗГУ;
7.5	учебниками, учебными пособиями и методической литературой библиотеки ЗГУ.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения учебного материала студенту необходимо ясно понимать значимость и место дисциплины в его профессиональной подготовке и активно участвовать во всех видах учебного процесса. Учебным планом предусмотрена контактная и самостоятельная работа обучающегося.

Контактная работа включает лекционные и практические занятия, коллективные и индивидуальные консультации.

Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполнении контрольных работ, тестовых заданий и других форм текущего контроля.

Текущая самостоятельная работа по дисциплине включает в себя следующие виды работ: работа с лекционным материалом; подготовка к практическим занятиям; изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку; подготовка к проверочным и контрольным работам.

Дополнительная самостоятельная работа (участие в научных студенческих конференциях и олимпиадах; написание реферата по заданной теме) направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по учебной дисциплине. Подведение итогов и оценка результатов таких форм самостоятельной работы осуществляется во время контактных часов с преподавателем.

На лекционных занятиях необходимо внимательно слушать преподавателя, подробно и аккуратно вести конспект, который дополняется и корректируется в процессе самостоятельной проработки материала.

Практические занятия предусмотрены для формирования умений и навыков применения теории на практике, решения типовых задач. На практических занятиях необходимо активно участвовать в учебном процессе, при необходимости задавать вопросы преподавателю.

Текущий контроль проводится в виде: опроса на занятиях, проверочных и контрольных работ по темам и разделам дисциплины. Для подготовки к проверочной работе необходимо проработать теоретический материал по данному разделу и практическое применение материала на конкретных задачах, ответить на контрольные вопросы.

Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия и предпосылки:

– студенты обеспечены информационными ресурсами в библиотеке ЗГУ (учебниками, учебными пособиями, банком индивидуальных заданий);

– студенты обеспечены информационными ресурсами в локальной сети ЗГУ (в электронном виде выставлено методическое обеспечение дисциплины);

– студент имеет возможность заранее (с опережением) подготовиться к занятию, попытаться ответить на контрольные вопросы, и обратиться за помощью к преподавателю в случае необходимости;

– разработаны контролирующие материалы в тестовой форме, позволяющие оперативно оценить уровень подготовки студентов;

– организованы еженедельные консультации.