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 11:42:41
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.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

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 28
самостоятельная работа 62
часов на контроль 18

Виды контроля в семестрах:
зачеты 7

Распределение часов дисциплины по

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**7 (4.1)**		Итого	
Недель	14			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	14	14	14	14
Практические	14	14	14	14
В том числе инт.	8		8	
Итого ауд.	28	28	28	28
Контактная работа	28	28	28	28
Сам. работа	62	62	62	62
Часы на контроль	18	18	18	18
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):
Лаговская Е.В.

Рабочая программа дисциплины
Инновационные технологии изготовления деталей

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., доцент

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 у будущих инженеров системных знаний, практических навыков и компетенций в области современных, преимущественно аддитивных и гибридных, технологий изготовления деталей, их физико-химических основ, технологических возможностей и ограничений, областей рационального применения в контексте цифрового инжиниринга и автоматизированного производства.
1.2	Задачи дисциплины
1.3	– Изучить классификацию, принципы действия, оборудование и материалы основных инновационных технологий изготовления деталей (аддитивные, высокоскоростная обработка, электрофизические и электрохимические, гибридные).
1.4	– Сформировать понимание физико-химических основ процессов, определяющих качество и свойства получаемых деталей.
1.5	– Развить навыки анализа технологичности деталей для различных инновационных методов и выбора оптимальной технологии изготовления на основе требований к детали (материал, точность, шероховатость, механические свойства, серийность, стоимость).
1.6	– Освоить основы проектирования для аддитивных технологий (DfAM - Design for Additive Manufacturing).
1.7	– Изучить роль цифровых технологий (CAD/CAM/CAE, симуляция процессов, цифровые двойники) в цепочке инновационного изготовления деталей.
1.8	– Рассмотреть вопросы контроля качества, метрологического обеспечения и стандартизации для инновационных технологий.
1.9	–Проанализировать тенденции развития инновационных технологий изготовления и их интеграцию в концепции Индустрии 4.0.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	3D-печать: сплавы и станки
2.1.2	Введение в 3D-сканирование
2.1.3	Информационные технологии
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Организация и ведение технологического процесса создания изделий по компьютерной (цифровой) модели на аддитивных установках
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ПК-4.1: разрабатывает рабочую, проектную и технологическую документацию на ремонт и модернизацию технологического оборудования

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.						
1.1	Введение в инновационные технологии. Классификация и тренды. /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8		
1.2	Аддитивные технологии (АМ): Основы, процессы и материалы. /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.3	Высокоэффективная и прецизионная механообработка. /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.4	Электрофизические и электрохимические методы (EDM/ECM). /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	

1.5	Гибридные и комбинированные технологии. /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.6	Цифровые технологии в инновационном производстве. /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.7	Контроль качества, стандартизация и перспективы /Лек/	7	2	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.8	Анализ технологичности детали для различных методов изготовления (Традиционное vs AM vs HSM). /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.9	Выбор оптимальной инновационной технологии изготовления для заданной детали (кейс-стади). /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.10	Обзор и сравнительный анализ ПО для DfAM (топологическая оптимизация, генеративный дизайн). /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.11	Практическое занятие по топологической оптимизации детали в CAD/CAE. /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.12	Разработка стратегии поддержек и ориентации детали для SLM/SLS процесса. /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.13	Анализ влияния параметров SLM/SLS на качество детали (на основе данных симуляции или литературы). /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.14	Основы подготовки 3D-модели и слайсинга для FDM/FFF печати. /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4	0	
1.15	Расчет режимов резания для высокоскоростной обработки (HSM) заданного материала. /Пр/	7	1,5	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.16	Принципы разработки управляющих программ для сложной механообработки (CAM-система, демо). /Пр/	7	1	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.17	Анализ дефектов AM-деталей и методов их устранения. /Пр/	7	1	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	
1.18	Подготовка к лекционным и практическим работам /Ср/	7	62	ПК-4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л 1.7 Л1.8	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключаются ключевые различия между процессами порошкового сплавления на подложке (PBF/SLM/SLS) и прямого подвода энергии и материала (DED) с точки зрения структуры материала и геометрии деталей?
2. Какие физико-химические свойства порошков (металлов и полимеров) критически важны для обеспечения плотности и качества готового изделия в АМ-процессах?
3. Что такое проектирование для аддитивного производства (DfAM) и какими базовыми правилами должен руководствоваться инженер при создании геометрии детали?
4. С какой целью при проектировании АМ-деталей применяется топологическая оптимизация и чем она концептуально отличается от генеративного дизайна?
5. Как ориентация детали в рабочей камере 3D-принтера влияет на анизотропию ее механических свойств и шероховатость поверхностей?
6. Какие функции выполняют поддерживающие структуры (поддержки) в процессах SLM/DMLS, кроме удержания нависающих элементов геометрии?
7. Что такое эффект «ступенчатости» (stair-stepping effect) в аддитивном производстве и какими технологическими методами его можно минимизировать?
8. Какие основные параметры процесса слайсинга (высота слоя, плотность заполнения, скорость, температура экструзии) сильнее всего влияют на межслойную адгезию в FDM/FFF-печати?
9. В чем заключаются главные преимущества высокоскоростного фрезерования (HSM) по сравнению с традиционным силовым фрезерованием? Как HSM влияет на силы резания и теплоотвод?
10. Какие параметры (скорость резания, подача на зуб, глубина резания) являются определяющими при расчете режимов HSM для труднообрабатываемых материалов (например, титановых или жаропрочных сплавов)?
11. В каких случаях экономически и технологически оправдано применение электроэрозионной обработки (EDM) вместо механического фрезерования?
12. Каков физический принцип электрохимической обработки (ECM) и почему этот метод позволяет получать поверхности без термических деформаций и остаточных напряжений?
13. Опишите концепцию гибридных технологий (например, совмещение лазерной наплавки и ЧПУ-фрезерования на одном станке). Какие технологические ограничения они позволяют обойти?
14. В чем заключаются главные преимущества высокоскоростного фрезерования (HSM) по сравнению с традиционным силовым фрезерованием? Как HSM влияет на силы резания и теплоотвод?
15. Какие параметры (скорость резания, подача на зуб, глубина резания) являются определяющими при расчете режимов HSM для труднообрабатываемых материалов (например, титановых или жаропрочных сплавов)?
16. В каких случаях экономически и технологически оправдано применение электроэрозионной обработки (EDM) вместо механического фрезерования?
17. Каков физический принцип электрохимической обработки (ECM) и почему этот метод позволяет получать поверхности без термических деформаций и остаточных напряжений?
18. Опишите концепцию гибридных технологий (например, совмещение лазерной наплавки и ЧПУ-фрезерования на одном станке). Какие технологические ограничения они позволяют обойти?
19. Назовите основные типы внутренних дефектов, возникающих в металлических АМ-деталях (пористость, несплавления, трещины), и причины их появления.
20. Какие методы неразрушающего контроля (NDT) наиболее эффективны для выявления скрытых дефектов во внутренних каналах деталей сложной формы, полученных методом SLM?
21. Как термические остаточные напряжения влияют на коробление (деформацию) детали в процессе SLM/SLS-печати и как с этим борются на этапе проектирования и пост-обработки?
22. Какие методы финишной обработки (пост-обработки) применяются для улучшения качества поверхности и усталостной прочности металлических АМ-деталей?
23. Каковы особенности стандартизации в аддитивном производстве (например, стандарты ISO/ASTM) и почему сертификация АМ-процессов сложнее традиционных?
24. Какие ключевые технологические тренды определяют развитие Индустрии 4.0 в контексте современного машиностроительного производства?
25. Каковы экономические границы применимости инновационных технологий (AM, HSM, EDM): в каких случаях массовое производство все еще выигрывает у гибкого цифрового производства?

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

Л 1.1. Ковшов А. Н., Синопальников В. А. Инновационные технологии в машиностроении. — М.: Знаниум, 2023.
Л 1.2. Зленко М. А., Нагайцев М. В., Довбыш В. М. Аддитивные технологии в машиностроении. — М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015.
Л 1.3. Радзевич С. П. CAD/CAM/CAE системы в машиностроении. — М.: Техносфера, 2019.
Л 1.4. Смоленцев В. П. Проектирование комбинированных и гибридных технологий. — Воронеж: ВГТУ, 2017.
Л 1.5. Шваб К. Четвертая промышленная революция. — М.: Эксмо, 2018.
Л 1.6. Суслов А. Г. Технология машиностроения. — М.: КноРус, 2022.
Л 1.7. Канищев М. В., Ульев Л. М. Введение в аддитивные технологии. Том 1: Обзор основных технологий 3D-печати: учебник. — М.: Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2023.
Л 1.8. Ляпков А. А. Современные аддитивные технологии: учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2024.
Л 1.9. Серебренникова А. Г., Хрипкова В. А., Просолович А. А. Топологическая оптимизация деталей машиностроения инструментами программы NX: учебное пособие. — Старый Оскол: ТНТ, 2025.

6.3.1. Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	MathCAD 15 (Заказ №2564794 от 25.02.2010)
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	AutoCAD 11
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	аудитория снабжена современными техническими средствами обучения: видеопроектор; персональный компьютер. Для практических работ предусмотрены компьютерные классы.

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.
Подготовка к зачету включает проработку теоретического материала, ответы на вопросы.