

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

Документ подписан простыми средствами
 Информация о владельце:
 ФИО: Крюков Вадим Николаевич
 Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
 Дата подписания: 23.06.2026 16:08:54
 Уникальный программный ключ:
 1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по ОД и МП
 _____ В.И. Игнатенко

Основы проектирования и эксплуатации машин и агрегатов металлургической промышленности **рабочая программа дисциплины (модуля)**

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**
 Учебный план 2.5.21_МАТПа-2025.plx
 Научная специальность: Машины, агрегаты и технологические процессы
бакалавр
 Форма обучения **очная**
 Общая трудоемкость **2 ЗЕТ/ 2 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 72/72 Вид контроля: зачет/экзамен
 в том числе: 3 и 4 курсы
 аудиторные занятия 24/24
 самостоятельная работа 12/30
 часов на контроль 36/18

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 курс/ 4 курс		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	уп	уп	уп	рп
Лекции	12/12	12/12	24	24
Практические	12/12	12/12	24	24
Итого ауд.	24/24	24/24	48	48
Контактная работа	24/24	24/24	48	48
Сам. работа	12/30	12/30	42	42
Часы на контроль	36/18	36/18	54	54
Итого	72/72	72/72	144	144

Программу составил к.т.н, доцент _____ Е.В. Лаговская

Рецензент(ы):

разработана в соответствии с ФГТ:

Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

составлена на основании учебного плана:

Научная специальность: Машины, агрегаты и технологические процессы

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Металлургии, машин и оборудования

Протокол от 07.05.2025 г. № 2

Срок действия программы: 2025-2029 уч. г.

И.О. Зав. кафедрой, к.т.н., доцент Л.В. Крушнов

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

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

Протокол от _____ 2026 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

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

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

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

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	формирование у аспирантов углублённых знаний и компетенций в области современных методов проектирования, конструирования и безопасной эксплуатации машин и агрегатов металлургической промышленности, позволяющих вести самостоятельную научно-исследовательскую и преподавательскую деятельность.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	- Изучение научных и методологических основ проектирования, конструирования и эксплуатации машин и агрегатов металлургических - Освоение современных методов математического и компьютерного моделирования механических систем для анализа напряжённо-деформированного состояния элементов машин и агрегатов.
1.4	- Формирование навыков проектирования металлургических машин и агрегатов с использованием CAD/CAE- систем с целью повышения их эффективности и надёжности.
1.5	- Изучение подходов к организации безопасной эксплуатации, мониторингу технического состояния и обеспечению надёжности оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	2.1.4
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите
2.1.2	Основы проектирования и эксплуатации машин и агрегатов металлургической промышленности
2.1.3	Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом "О науке и государственной научно-технической политике"
2.1.4	Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты
2.1.5	Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования
2.1.6	Современные проблемы механики обработки металлов давлением
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите
2.2.2	Основы проектирования и эксплуатации машин и агрегатов металлургической промышленности
2.2.3	Педагогическая практика
2.2.4	Современные проблемы механики обработки металлов давлением
2.2.5	Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом "О науке и государственной научно-технической политике"

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.2	Уметь:
3.3	Владеть:

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1.						
1.1	Введение. Современное состояние металлургического машиностроения. Основные типы машин и агрегатов /Лек/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
1.2	Введение. Современное состояние металлургического машиностроения. Основные типы машин и агрегатов /Пр/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
1.3	Введение. Современное состояние металлургического машиностроения. Основные типы машин и агрегатов /Ср/	3	5		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	

1.4	Основы проектирования металлургических машин и агрегатов. ЕСКД. Стадии разработки /Лек/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
1.5	Основы проектирования металлургических машин и агрегатов. ЕСКД. Стадии разработки /Пр/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
1.6	Основы проектирования металлургических машин и агрегатов. ЕСКД. Стадии разработки /Ср/	3	5		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
2.1	Расчёт и конструирование типовых узлов. Применение САД/САЕ-систем. Метод конечных элементов /Лек/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
2.2	Расчёт и конструирование типовых узлов. Применение САД/САЕ-систем. Метод конечных элементов /Пр/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
2.3	Расчёт и конструирование типовых узлов. Применение САД/САЕ-систем. Метод конечных элементов /Ср/	3	5		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
2.4	Эксплуатация металлургического оборудования: надёжность, долговечность, ресурс /Лек/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
2.5	Эксплуатация металлургического оборудования: надёжность, долговечность, ресурс /Пр/	3	3		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	
2.6	Эксплуатация металлургического оборудования: надёжность, долговечность, ресурс /Ср/	3	6		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение металлургической машины. Приведите классификацию металлургического оборудования.
2. Охарактеризуйте современное состояние и тенденции развития металлургического машиностроения.
3. Перечислите основные стадии проектирования по ЕСКД. Какова структура технического задания?
4. Что такое критерии работоспособности металлургического оборудования?
5. Опишите метод конечных элементов (МКЭ) и его применение в прочностных расчётах.
6. Какие САД/САЕ-системы используются для проектирования металлургических машин?
7. Каковы конструктивные особенности и принципы расчёта станин?
8. Назовите типы приводов в металлургическом оборудовании.
9. Сравните подшипники качения и скольжения для тяжёлых машин.
10. Каковы методы расчёта зубчатых передач для металлургического оборудования?
11. Сформулируйте основные показатели надёжности.
12. Что такое наработка на отказ и интенсивность отказов?
13. Какие факторы влияют на долговечность металлургического оборудования?
14. Каковы методы прогнозирования остаточного ресурса?
15. Назовите основные виды изнашивания деталей.
16. Как осуществляется выбор смазочных материалов для высокотемпературных узлов?
17. Что понимается под предельным состоянием оборудования?
18. Как статистически обрабатываются данные об отказах?
19. Как режимы нагружения влияют на ресурс машин?
20. Каковы перспективные направления совершенствования конструкций металлургических машин?

5.2. Темы письменных работ

1. Роль машин и агрегатов в металлургии. Классификация оборудования: доменные цехи, сталеплавильные цехи (конвертеры, ДСП, МНЛЗ), прокатные цехи, вспомогательное оборудование.
2. Тенденции развития: увеличение единичной мощности, автоматизация, роботизация, энергосбережение.
3. Этапы проектирования по ЕСКД: техническое задание (ТЗ), эскизный проект, технический проект, рабочая документация.
4. Принципы обеспечения прочности, жёсткости, долговечности. Критерии работоспособности. Требования промышленной безопасности при проектировании.
5. Анализ содержания ТЗ на проектирование агрегата. Разработка технического предложения в рамках научного исследования аспиранта.
6. САД/CAE-системы (КОМПАС-3D, ANSYS, SolidWorks). Метод конечных элементов (МКЭ) в прочностных расчётах. Выбор материалов с учётом термомеханического нагружения.
7. Понятия надёжности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Факторы, влияющие на надёжность. Показатели надёжности (вероятность безотказной работы, наработка на отказ, интенсивность отказов, ресурс). Статистические методы оценки.
8. Критерии предельного состояния. Прогнозирование остаточного ресурса (расчётно-экспериментальные методы, физико- статистические модели).
9. Факторы изнашивания (абразивный, усталостный, коррозионный). Выбор смазочных материалов.
10. Расчёт показателей надёжности по статистике отказов. Построение кривых износа. Анализ причин отказов (на примере научно-исследовательской работы).

5.3. Фонд оценочных средств

1. Задания закрытого типа на установление соответствия (4 шт.)

Задание 1.1. Установите соответствие между агрегатом и назначением.

Агрегат	Назначение
1. Доменная печь	А. Непрерывное литьё заготовок
2. Кислородный конвертер	Б. Выплавка чугуна
3. МНЛЗ	В. Передел чугуна в сталь
4. Прокатный стан	Г. Деформация металла валками

Задание 1.2. Установите соответствие между показателем надёжности и определением.

Показатель	Определение
1. Безотказность	А. Способность сохранять работоспособность до предельного состояния
2. Долговечность	Б. Сохранять свойства после хранения/транспортировки
3. Ремонтпригодность	В. Сохранять работоспособность в течение заданной наработки
4. Сохраняемость	Г. Приспособленность к предупреждению и устранению отказов

Задание 1.3. Установите соответствие между этапом проектирования (ЕСКД) и его содержанием.

Этап	Содержание
1. Техническое задание	А. Полный комплект чертежей и спецификаций
2. Эскизный проект	Б. Исходные требования к изделию
3. Технический проект	В. Принципиальные конструктивные решения
4. Рабочая документация	Г. Уточнённые решения с расчётами

Задание 1.4. Установите соответствие между деталью/узлом и характерным дефектом (без диагностики – общие сведения).

Узел	Типичный дефект
1. зубчатая передача	А. Бринеллирование дорожек качения
2. Подшипник качения	Б. Выкрашивание зуба (питтинг)
3. Прокатный валок	В. Усталостная трещина на шейке
4. Станина	Г. Потеря жёсткости, трещины в сварном шве

2. Задания закрытого типа на установление последовательности (4 шт.)

Задание 2.1. Расположите этапы жизненного цикла металлургической машины в правильной последовательности (начиная с идеи):

1. Эксплуатация
2. Проектирование
3. Утилизация
4. Изготовление
5. Техническое обслуживание (без углубления в ремонт)

Задание 2.2. Укажите последовательность этапов проектирования по ЕСКД.

1. Технический проект
2. Техническое задание
3. Рабочая документация
4. Эскизный проект

Задание 2.3. Установите последовательность выполнения прочностного расчёта методом конечных элементов.

1. Задание свойств материала
2. Построение конечно-элементной сетки

3. Приложение нагрузок и граничных условий

4. Создание 3D-модели

5. Интерпретация результатов

Задание 2.4. Расставьте этапы статистического анализа надёжности по порядку.

1. Расчёт интенсивности отказов

2. Сбор данных о наработке на отказ

3. Определение средней наработки на отказ (MTBF)

4. Построение гистограммы распределения

3. Задания комбинированного типа с выбором одного верного ответа и обоснованием (4 шт.)

Задание 3.1. Какой метод наиболее эффективен для прогнозирования остаточного ресурса ответственного узла при наличии статистики отказов?

А) Экспертных оценок

Б) Пофакторного анализа

В) Расчётно-экспериментальный с кинетическими уравнениями

Г) Метод аналогий

Задание 3.2. Какое из требований не относится к правилам промышленной безопасности при эксплуатации металлургического оборудования?

А) Запрещение ремонта, очистки движущихся частей во время работы

Б) Наличие лицензии на эксплуатацию взрывопожароопасных объектов

В) Проведение экспертизы промышленной безопасности по истечении срока службы

Г) Установка автоматического пожаротушения во всех бытовых помещениях

Задание 3.3. Что является главным преимуществом МКЭ при расчёте станины сложной формы?

А) Простота ручного счёта

Б) Возможность учёта сложной геометрии и граничных условий

В) Отсутствие необходимости в экспериментальной проверке

Г) Работа только с упругими деформациями

Задание 3.4. Какой показатель надёжности характеризует только безотказность?

А) Коэффициент готовности

Б) Вероятность безотказной работы

В) Коэффициент технического использования

Г) Среднее время восстановления

4. Задания комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа и обоснованием (4 шт.)

Задание 4.1. Какие факторы непосредственно влияют на долговечность подшипников качения? (Выберите все верные)

1. Частота вращения и нагрузка

2. Сорт и чистота смазки

3. Температура подшипникового узла

4. Условия хранения подшипника до монтажа

5. Цвет окраски корпуса

Задание 4.2. Выберите единичные показатели надёжности (характеризуют одно свойство):

1. Вероятность безотказной работы

2. Коэффициент готовности

3. Средняя наработка на отказ

4. Коэффициент технического использования

Задание 4.3. Какие из перечисленных направлений являются перспективными в проектировании металлургических машин?

1. Применение цифровых двойников

2. Топологическая оптимизация на основе МКЭ

3. Полный отказ от экспериментальной проверки

4. Использование аддитивных технологий для изготовления деталей

5. Исключение всех защитных кожухов

Задание 4.4. Какие параметры необходимо контролировать при оценке технического состояния редуктора (без углубления в диагностику, только общие показатели)?

1. Уровень вибрации (интегральный)

2. Температура масла

3. Наличие металлической стружки в масле

4. Ток электродвигателя

5. Давление в системе смазки

5. Задания открытого типа с развёрнутым ответом (4 шт.)

Задание 5.1. Сравните деформационную теорию пластичности и теорию пластического течения. Укажите области применимости, достоинства и недостатки каждого подхода.

Задание 5.2. Опишите последовательность разработки технического задания на проектирование нового прокатного стана. Какие исходные данные должны быть в нём отражены?

Задание 5.3. Объясните, как схема напряжённого состояния влияет на пластичность металла при обработке давлением. Приведите примеры процессов с благоприятной и неблагоприятной схемой.

Задание 5.4. Разработайте укрупнённую схему проектирования узла металлургической машины с использованием CAD/CAE-систем (КОМПАС-3D), начиная с ТЗ и заканчивая выпуском рабочей документации.

5.4. Перечень видов оценочных средств	
1. Контрольные вопросы.	
2. Темы письменных работ.	
3. ФОС	

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
6.1. Рекомендуемая литература	
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"	
Э1	e.lanbook.com
Э2	http://biblio.norvuz.ru/MarcWeb2/Default.asp
Э3	https://iprbooks.ru/
Э4	www.studentlibrary.ru
Э5	www.biblio-online.ru

6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	MS Office Standard 2013 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.2	APM WinMachine 2010 (Лицензионное соглашение № 91312 от 18.06.2012)
6.3.1.3	MathCAD 15 (Заказ №2564794 от 25.02.2010)
6.3.1.4	MS Windows XP (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.5	Компас-3D v12 (Номер лицензионного соглашения Кк-10-01126)
6.3.1.6	Консультант Плюс (версия для образовательных учреждений)
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Электронная библиотечная система www.iprbookshop.ru;
6.3.2.2	ЭБ ЗГУ

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	Видеопроектор Toshiba TDP-T350
7.2	Экран с электроприводом
7.3	Персональный компьютер офисный Think Cen-tre M70e – 1 шт.
7.4	Персональный компьютер офисный Think Cen-tre M71e – 10 шт.
7.5	Монитор 19,0 LCD Think Vision – 11 шт.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Для успешного освоения учебного материала аспиранту необходимо ясно понимать значимость и место дисциплины в его профессиональной подготовке и активно участвовать во всех видах учебного процесса. По дисциплине учебным планом предусмотрена контактная и самостоятельная работа обучающегося. Контактная работа включает лекционные и практические занятия, коллективные и индивидуальные консультации.</p> <p>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 для решения учебных задач. На практических занятиях аспирантами выполняются тематические и компетентностно-ориентированные задания по темам курса. Обучающемуся необходимо активно участвовать в учебном процессе, при необходимости задавать вопросы преподавателю.</p> <p>Текущий контроль проводится в виде: устных и письменных ответов на вопросы темы занятия, защиты докладов-презентаций, рефератов, тестовых заданий.</p> <p>Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия и предпосылки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. аспиранты обеспечены информационными ресурсами в библиотеке ЗГУ (учебниками, учебными пособиями, банком индивидуальных заданий); 2. аспиранты обеспечены информационными ресурсами в локальной сети ЗГУ (в электронном виде выставлено методическое обеспечение дисциплины); 3. организованы еженедельные консультации. <p>Промежуточная аттестация по дисциплине. Подготовка к промежуточной аттестации включает проработку теоретического материала, ответы на контрольные вопросы. Вопросы, возникающие во время подготовки, можно выяснить во время консультации. Для получения допуска студент должен выполнить, оформить и сдать все виды работ, предусмотренные тематическим планом учебной программы дисциплины.</p>	