



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

20.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Искусственный интеллект в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

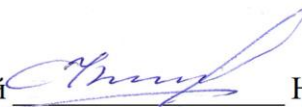
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

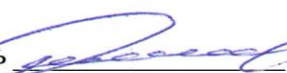
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

08.02.2024, протокол № 6

Зав. кафедрой  Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ЛПиМ, канд. техн. наук  Н.А. Феоктистов

Рецензент:

зав. кафедрой ПЭиБЖД, канд. техн. наук  А.Ю. Перятинский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Изучение современных процессов цифровизации в области литейного производства, а также оценка эффективности применения этих процессов на практике.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Цифровизация процессов в литейном производстве входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Аддитивные технологии в металлургии

Инновационное предпринимательство

Моделирование и оптимизация технологических процессов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная практика, научно-исследовательская работа

Производственная практика, преддипломная практика

Производственная практика, проектно-технологическая практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровизация процессов в литейном производстве» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен проводить анализ технологических и физических процессов различных способов литья сплавов для выбора путей, мер и средств управления качеством продукции с разработкой предложений по совершенствованию технологических процессов
ПК-2.1	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов различных способов литья сплавов с учетом современных методов исследования и применением цифровых технологий
ПК-2.2	Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом современных достижений; науки и практики
ПК-2.3	Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений
ПК-4	Способен проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции
ПК-4.1	Знает: современные методы исследования материалов и процессов; металлургические основы технологических процессов производства изделий; современные конструкционные и инструментальные материалы; методы повышения качества продукции модифицированием их поверхности; технологические процессы, их влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы их компьютерного моделирования и влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы построения их цифровых двойников; автоматизированные технологические агрегаты прокатного производства
ПК-4.2	Умеет: проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции,

	используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование и цифровые технологии
ПК-4.3	Имеет практический опыт: анализа технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование; анализа технологических процессов для разработки требований к цифровому двойнику

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 60,25 акад. часов;
- аудиторная – 57 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,25 акад. часов;
- самостоятельная работа – 84,05 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Современное представление о цифровизации	3							
1.1 Общее представление о цифровизации	3	2			5	Изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-2.2, ПК-4.1
1.2 Развитие цифровых продуктов для анализа технологических процессов		4			5	Изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-4.1
Итого по разделу		6			10			
2. 2. Программные продукты для анализа и управления процессами в литейном производстве								
2.1 Современный рынок программных продуктов для литейного производства	3	4		4	6	Изучение учебной литературы, анализ рынка	Устный опрос, краткий отчет	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2.2 Изучение программного обеспечения LVMFlow		2		8	12	Изучение программного продукта	Отчет о работе с программным продуктом	ПК-2.1, ПК-4.2, ПК-2.3
2.3 Изучение системы компьютерного моделирования PoligonSoft		2		8	12	Изучение программного продукта	Отчет о работе с программным продуктом	ПК-2.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.1
Итого по разделу		8		20	30			
3. 3. Методы анализа литейных процессов при помощи компьютерных								
3.1 Методы анализа литейных процессов	3	2		10	20	Изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-4.2, ПК-2.3, ПК-4.3
3.2 Управление и оптимизация технологических процессов при помощи современных цифровых продуктов		2		8	12	Изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-4.1, ПК-2.2, ПК-2.3

3.3 экономической эффективности применения современного производстве	Оценка ПО на	1			12,05	Изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		5		18	44,05			
Итого за семестр		19		38	84,05		экзамен	
Итого по дисциплине		19		38	84,05		экзамен	

5 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Цифровизация процессов в литейном производстве» применяются традиционная и модульно-компетентностные технологии.

При выполнении практических занятий используется технология коллективного взаимодействия. Занятия проводятся в виде обсуждения полученного задания, при этом студенты работают совместно с последующим групповым анализом полученных результатов.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к индивидуальной проработке тем в процессе написания рефератов, выполнения индивидуальных заданий, в процессе подготовки к контрольным работам и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Герасимов, А. А. Математические методы в инжиниринге металлургического оборудования и технологий : учебное пособие / А. А. Герасимов. — Москва : МИСИС, 2017. — 41 с. — ISBN 978-5-906846-88-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108083> (дата обращения: 24.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Зубарев, Ю. М. Математические основы управления качеством и надежностью изделий : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-6674-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151654> (дата обращения: 24.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Адлер, Ю. П. Методология и практика планирования эксперимента в России : монография / Ю. П. Адлер, Ю. В. Грановский. — Москва : МИСИС, 2016. — 182 с. — ISBN 978-5-87623-990-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93686> (дата обращения: 24.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Зубарев, Ю. М. Математические основы управления качеством и надежностью изделий : учебное пособие / Ю. М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-2405-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91887> (дата обращения: 24.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Адлер, Ю. П. Методология и практика планирования эксперимента в России : монография / Ю. П. Адлер, Ю. В. Грановский. — Москва : МИСИС, 2016. — 182 с. — ISBN 978-5-87623-990-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93686> (дата обращения: 24.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Сеницкий, Е.В. Использование программного пакета LVMFlow для моделирования литейных технологий. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ». 2009. - 8 с.
2. Сеницкий, Е.В. Использование САД Компас 3D для подготовки моделей литейного производства. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ». 2009. - 8 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-165-23 от 27.03.2023	27.03.2025
АСКОН Компас v21-22	Д-1082-22 от 01.12.2022	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
Delkam Power Shape 2012	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно
Delkam PowerMill Pro 2012	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно
Delkam ArtCAM Pro 2011	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий оснащена:

- техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;

- специализированной мебелью.

2. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:

- компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;

- специализированной мебелью.

4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:

- компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;

- специализированной мебелью.

5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:

- специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;

- инструментами для ремонта учебного оборудования;

- шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Перечень вопросов для подготовки к занятиям:

Тема 1. Общее представление о цифровизации

1. Современные цифровые решения в производственных процессах.
2. Цифровизация прокатного производства.
3. Цифровизация литейного производства.
4. Цифровизация сталеплавильного производства.
5. Цифровизация доменного производства.

6. Этапы развития программных продуктов для моделирования производственных процессов.

Тема 2. Программные продукты для анализа и управления процессами в литейном производстве

1. Основные программные продукты для моделирования литейных процессов.
2. Принципы работы программных продуктов для моделирования.
3. Особенности работы ПО LVMFlow.
4. Особенности работы ПО Poligonsoft.
5. Особенности работы других ПО для моделировании литейных процессов.

Тема 3. Методы анализа литейных процессов при помощи компьютерных программ

1. Анализ литейных процессов: факторы, результат, критерии оценки.
2. Компьютерный анализ литейных процессов: принципы и методы.
3. Управление технологическим процессом при помощи компьютерного моделирования.
4. Оптимизация технологических процессов при помощи компьютерного моделирования.
5. Экономическая оценка эффективности применения компьютерного моделирования литейных процессов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2 Способен проводить анализ технологических и физических процессов различных способов литья сплавов для выбора путей, мер и средств управления качеством продукции с разработкой предложений по совершенствованию технологических процессов		
ПК-2.1	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов различных способов литья сплавов с учетом современных методов исследования и применением цифровых технологий	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Современные цифровые решения в производственных процессах. 2. Цифровизация прокатного производства. 3. Цифровизация литейного производства. 4. Цифровизация сталеплавильного производства. 5. Цифровизация доменного производства. 6. Этапы развития программных продуктов для моделирования производственных. 7. Основные программные продукты для моделирования литейных процессов. 8. Принципы работы программных продуктов для моделирования. 9. Особенности работы ПО LVMFlow. 10. Особенности работы ПО Poligonsoft. 11. Особенности работы других ПО для моделировании литейных процессов. 12. Анализ литейных процессов: факторы, результат, критерии оценки. 13. Компьютерный анализ литейных процессов: принципы и методы. 14. Управление технологическим процессом при помощи компьютерного моделирования. 15. Оптимизация технологических процессов при помощи компьютерного моделирования. 16. Экономическая оценка эффективности применения компьютерного моделирования литейных процессов. 17. Факторы, влияющие на моделируемый результат. 18. Граничные условия: их влияние на процесс моделирования. 19. Метод конечных элементов. 20. Метод конечных разностей.
ПК-2.2	Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом современных достижений; науки и практики	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Смоделировать процесс кристаллизации расплава и оценить дефекты литого изделия. Предложить мероприятия по их устранению (3d-модели предоставляет преподаватель). 2. При помощи компьютерного моделирования оценить эффективность разработанной литейного технологии (3d-модели предоставляет преподаватель).

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. При помощи компьютерного моделирования оценить тепловые условия кристаллизации изделия, а также возможные литейные дефекты (3d-модели предоставляет преподаватель);</p> <p>4. При помощи компьютерного моделирования предложить вариант снижения металлоёмкости формы (3d-модели предоставляет преподаватель);</p> <p>5. При помощи компьютерного моделирования оптимизировать литникокую систему без ущерба качеству будущему изделию (3d-модели предоставляет преподаватель).</p>
ПК-2.3	Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений	<p>Примерный перечень тем для практических занятий:</p> <p>1. Оптимизация технологического процесса изготовления отливки «Дуга» (3d-модели предоставляет преподаватель);</p> <p>2. Оценить вероятность расположении литейных дефектов в форме в зависимости от положения отливки (3d-модели предоставляет преподаватель);</p> <p>3. Произвести моделировании и разработать мероприятия по устранению литейных дефектов (3d-модели предоставляет преподаватель).</p> <p>4. Сравнить результаты моделирования одних и тех же изделий в различных ПО (3d-модели предоставляет преподаватель).</p> <p>5. Оценка экономического эффекта при внедрении результатов моделирования: снижение металлоёмкости, устранение литейных дефектов и т.д.</p>
ПК-4 Способен проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции		
ПК-4.1	Знает: современные методы исследования материалов и процессов; металловедческие основы технологических процессов производства изделий; современные конструкционные и инструментальные материалы; методы повышения качества продукции	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <p>1. Методы компьютерного исследования литейных технологий.</p> <p>2. Расчёт процесса кристаллизации отливок и оценка дефектов.</p> <p>3. Принципы оптимизации литейных процессов.</p> <p>4. Применение компьютерного моделирования для разработки литейной технологии.</p> <p>5. Принципы работы ПО PoligonSoft.</p> <p>6. Принципы работы ПО LvmFlow.</p> <p>7. Другие программные продукты для моделирования литейных процессов.</p> <p>8. Опыт использования программных продуктов в литейных цехах.</p> <p>9. Основы инженерных расчётов с применением компьютерного моделирования.</p> <p>10. Базы данных материалов в современных</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>модифицированием их поверхности; технологические процессы, их влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы их компьютерного моделирования и влияние на качество продукции; технологические процессы, принципы построения их цифровых двойников; автоматизированные технологические агрегаты прокатного производства</p>	<p>компьютерных программах.</p>
ПК-4.2	<p>Умеет: проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и свойствами продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование и цифровые технологии</p>	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Смоделировать процесс кристаллизации расплава и оценить дефекты литого изделия. Предложить мероприятия по их устранению (3d-модели предоставляет преподаватель). 2. При помощи компьютерного моделирования оценить эффективность разработанной литейной технологии (3d-модели предоставляет преподаватель). 3. При помощи компьютерного моделирования оценить тепловые условия кристаллизации изделия, а также возможные литейные дефекты (3d-модели предоставляет преподаватель); 4. При помощи компьютерного моделирования предложить вариант снижения металлоёмкости формы (3d-модели предоставляет преподаватель); 5. При помощи компьютерного моделирования оптимизировать литниковую систему без ущерба качеству будущему изделию (3d-модели предоставляет преподаватель).
ПК-4.3	<p>Имеет практический опыт: анализа технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством и</p>	<p>Примерный перечень тем для практических занятий:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация технологического процесса изготовления отливки «Дуга» (3d-модели предоставляет преподаватель); 2. Оценить вероятность расположения литейных дефектов в форме в зависимости от положения отливки (3d-модели предоставляет преподаватель);

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	свойствами продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов, компьютерное моделирование; анализа технологических процессов для разработки требований к цифровому двойнику	3. Произвести моделирование и разработать мероприятия по устранению литейных дефектов (3d-модели предоставляет преподаватель). 4. Сравнить результаты моделирования одних и тех же изделий в различных ПО (3d-модели предоставляет преподаватель). Оценка экономического эффекта при внедрении результатов моделирования: снижение металлоёмкости, устранение литейных дефектов и т.д.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.