

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1158851	Моделирование процессов аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Процессы малой металлургии	<b>Код ОП</b> 1. 22.04.02/33.03
<b>Направление подготовки</b> 1. Металлургия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 22.04.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Сулицин Андрей Владимирович	доктор технических наук, доцент	Заведующий кафедрой	литейного производства и упрочняющих технологий
2	Финкельштейн Аркадий Борисович	доктор технических наук, доцент	Профессор	литейного производства и упрочняющих технологий
3	Фурман Евгений Львович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	литейного производства и упрочняющих технологий

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Моделирование процессов аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле изучаются современные подходы к моделированию на основе численных методов, таких как методы конечных разностей, конечных элементов. Формируются навыки математической формализации технологических задач, подготовки их к численному решению с помощью вычислительных систем в современных пакетах прикладных программ как универсальной, так и узкоспециализированной направленности. Модуль содержит знания, которые станут инструментом для комплексного анализа производственных процессов и объектов в области металлургии и смежных дисциплин. В процессе обучения формируются практические умения использования знаний и понимания программных систем моделирования литейных процессов для осуществления: - анализа процессов, технологий и продуктов в области литейного производства с применением методов моделирования; - разработки технологии производства с применением методов моделирования; - для создания гидродинамических, теплофизических моделей формирования отливки, связывая их с качеством конечной продукции; - мероприятий по контролю и повышению качества продукции с применением методов моделирования.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Моделирование процессов аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий	15
ИТОГО по модулю:		15

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Моделирование процессов аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий</p>	<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, в том числе в цифровой среде</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание основных методов системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций</p> <p>З-2 - Определять этапы разработки стратегии действий, в том числе в цифровой среде, и методы решения проблемных ситуаций</p> <p>У-1 - Выявлять проблемные ситуации, используя методы системного подхода и критического анализа</p> <p>У-2 - Обосновывать выбор стратегии для достижения поставленной цели, в том числе в цифровой среде, с учетом ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>У-3 - Анализировать проблемную ситуацию, выявлять и определять способы ее разрешения</p> <p>П-1 - Использовать эффективные стратегии действий для решения проблемной ситуации, в том числе в цифровой среде, с учетом оценки ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>П-2 - Использовать методы критического анализа и системного подхода в разработке стратегии действий для решения проблемных ситуаций, в том числе в цифровой среде</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>
	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа.</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с</p>

		<p>использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ПК-8 - Способен обосновано выбирать и использовать методы контроля и принципы системы контроля качества продукции аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий.</p>	<p>З-1 - Характеризовать методы выявления, способы устранения причин брака и предупреждения снижения эксплуатационных свойств изделий аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий.</p> <p>З-2 - Сделать обзор методов исследования эксплуатационных свойств материалов и продукции аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий.</p> <p>З-3 - Перечислить техническую документацию на изделия аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий, содержащую требования к качеству продукции</p> <p>З-4 - Описывать систему контроля качества продукции аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий, ее принципы и методы контроля качества</p> <p>У-1 - Выбирать методы исследования свойств материалов и изделий из них для обоснования оптимального выбора технологии аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий.</p> <p>У-2 - Выбирать оптимальные методы и способы устранения причин брака и предупреждения снижения эксплуатационных свойств изделий аддитивного производства,</p>

		<p>высокотемпературных соединений, покрытий.</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания аттестацию материалов и их свойств применительно к продукции аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий с учетом требований к качеству.</p> <p>П-2 - В рамках поставленного задания обосновать выбор методов контроля качества продукции аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий в соответствии с принципами системы качества.</p>
--	--	--

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Моделирование процессов аддитивного**  
**производства, высокотемпературных**  
**соединений, покрытий**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Злыгостев Сергей Николаевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	литейного производства и упрочняющих технологий

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Инженерная школа новой индустрии**

Протокол № 20220331-01 от 31.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.	Введение в инженерный анализ	Физический, аналитический и численный подходы в моделировании. Роль физических свойств в математических моделях. Моделирование в практике существующих металлургических производств.
2.	Конечно-разностные методы решения модельных задач	Дискретизация задач математической физики. Конечно-разностные сетки и аппроксимация уравнений и граничных условий. Методы построения разностных схем. Оценка точности аппроксимации. Методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений.
3.	Конечно-элементный анализ	Методы взвешенных невязок. Системы весовых и базисных функций. Методы коллокации, Галеркина, наименьших квадратов. Понятие конечного элемента. Виды одно-, двух и трехмерных конечных элементов. Системы базисных функций конечных элементов. Ансамблирование матрицы жесткости (теплопроводности). Трансформации конечных элементов, изо-, суб- и суперпараметрические конечные элементы, локальные координаты. Построение конечно-элементных сеток.
4.	Системы компьютерного моделирования	Обзор систем компьютерного моделирования в аддитивном производстве, высокотемпературных соединениях, покрытиях. Этапы анализа технологии. Структуры баз данных теплофизических свойств материалов. Сеточные генераторы. Пре- и постпроцессинг. Решатели. Свободное программное обеспечение с открытым исходным кодом для моделирования.



### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Моделирование процессов аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Тихонов, А. Н.; Уравнения математической физики; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468275> (Электронное издание)
2. Лойцянский, Л. Г.; Механика жидкости и газа; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Власова, Е. А., Зарубин, В. С., Крищенко, А. П., Кувыркин, Г. Н.; Приближенные методы математической физики : учебник для студентов втузов.; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2001 (33 экз.)
2. Самарский, А. А., Михайлов, А. П.; Математическое моделирование: Идеи. Методы, Примеры; Наука : Физматлит, Москва; 1997 (4 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Моделирование процессов аддитивного производства, высокотемпературных соединений, покрытий**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES