

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
1154488	Моделирование процессов и систем в металлургии. Программные средства реализации

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Информационные системы и технологии	Код ОП 1. 09.03.02/33.02
Направление подготовки 1. Информационные системы и технологии	Код направления и уровня подготовки 1. 09.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Девярых Евгений Андреевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	теплофизики и информатики в металлургии
2	Спирин Николай Александрович	доктор технических наук, профессор	Заведующий кафедрой	теплофизики и информатики в металлургии

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Моделирование процессов и систем в металлургии. Программные средства реализации

1.1. Аннотация содержания модуля

В состав модуля включены дисциплины: «Моделирование процессов и систем в металлургии» и «Программные средства решения инженерных задач». Дисциплина «Моделирование процессов и систем в металлургии» закладывает базу для изучения практически всех следующих за ней профессиональных и специальных дисциплин. Цель изучения дисциплины – сформировать целостное (системное) восприятие методов разработки информационно-моделирующих систем в металлургии. Основные задачи обучения: -изучить методологию и освоить современные методы системного анализа и процедуры их использования применительно к разработке информационно-моделирующих систем технологических процессов в металлургии; -познакомить студентов с основными идеями, методами, используемыми при описании информационных процессов и систем на основе системного подхода при разработке информационно-моделирующих систем в металлургии; -изучить и освоить современные методологии и технологии математического моделирования технологических процессов в информационных системах. Актуальность дисциплины «Программные средства решения инженерных задач» обусловлена следующим. К числу обязательных знаний современных специалистов следует отнести умение пользоваться численными (приближёнными) методами решения прикладных задач. Существует большое разнообразие численных методов, позволяющих решать практически любые задачи инженерной практики. Важно уметь выбрать нужный метод расчёта, поскольку для каждой задачи, как правило, наиболее эффективным является вполне определённый способ её решения. С другой стороны, правильный выбор метода расчёта возможно осуществить лишь тогда, когда имеется достаточно полная информация о его численных свойствах и вычислительной эффективности. Структура дисциплины построена таким образом, чтобы дать общее представление о существовании численного анализа и краткое содержание наиболее популярных методов приближённого анализа, оформленных в виде коммерческих пакетов и систем различной сложности.

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 и систем в металлургии	3
2	Программные средства решения инженерных задач	4
ИТОГО по модулю:		7

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 и систем в металлургии</p>	<p>ПК-15 - Способность моделировать технологические процессы и объекты в металлургии.</p>	<p>З-1 - Сделать обзор общих принципов системного подхода к моделированию систем и математических схем моделирования систем</p> <p>З-2 - Перечислить принципы и закономерности основных технологических процессов производства и обработки черных и цветных металлов, устройства и оборудование для их осуществления.</p> <p>У-1 - Перечислить последовательность применения этапов системного подхода к моделированию технологических процессов и систем.</p> <p>У-2 - Выбирать системные модели и математические схемы разработки в ходе моделирования технологических процессов производства и обработки черных и цветных металлов с учетом их закономерностей и особенностей.</p> <p>П-1 - Осуществлять построение математических моделей на основе системного анализа закономерностей и особенностей технологических процессов и объектов в металлургии</p>
<p>Программные средства решения инженерных задач</p>	<p>ПК-15 - Способность моделировать технологические процессы и объекты в металлургии.</p>	<p>З-3 - Перечислить основные понятия и характеристики численных методов для решения задач моделирования технологических процессов и объектов в металлургии.</p> <p>У-3 - Определить последовательность решения численных задач моделирования технологических процессов и объектов в металлургии</p> <p>П-2 - Разработать программную реализацию численного метода решения задачи</p>

		моделирования технологических процессов и объектов в металлургии
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и очно-заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование процессов и систем в
металлургии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Спирин Николай Александрович	доктор технических наук, профессор	Заведующий кафедрой	теплофизики и информатики в металлургии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Спирин Николай Александрович, Заведующий кафедрой, теплофизики и информатики в металлургии**

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
P1	Введение	Место и роль данного курса среди других дисциплин. Задача курса, общая характеристика содержания. Порядок контроля усвоения материала. Основная рекомендуемая литература.
P2	Системный подход при моделировании систем	Основные понятия теории систем. Общие принципы системных исследований. Выбор определения системы. Свойства систем. Целостность и членимость систем. Наличие организации системы и ее характеристики. Связи в системах. Принципы системного анализа. Понятия, характеризующие строение и функционирование систем: элемент, компонент, подсистема, агрегат, связь, структура, среда, цель, состояние, поведение, равновесие, устойчивость, развитие, «жизненный цикл» системы и т.д. Классификация систем по различным признакам. Открытые и закрытые системы. Целенаправленные, целеустремленные системы. Классификация систем по сложности. Классификация систем по степени организованности. Классификация систем с управлением. Управление системами. Аксиомы управления.
P3	Методология системных исследований при моделировании процессов и объектов	Основные этапы разработки систем. Определение цели разработки систем. Определение границ системы, входных и выходных параметров. Классификация методов моделирования систем. Синтез управления, коррекция систем. Понятие математической модели и общие принципы ее построения. Классификация математических моделей. Основные подходы к построению математических моделей систем. Этапы

		<p>математического моделирования систем. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей. Декомпозиция модели. Структура модели систем. Общесистемные модели. Операторы переходов, выходов. Параметры состояния, входов, выходов. Общесистемная модель. Свойства однозначности операторов перехода и выхода. Задачи диагностики, проектирования, управления и поведения.</p>
P4	<p>Системные модели. Математические схемы моделирования систем.</p>	<p>Понятие системных моделей. Виды системных моделей. Стационарные и нестационарные модели. Динамические и статические модели. Линейные и нелинейные модели. Непрерывные и дискретные модели. Стохастические и детерминированные. Распределенность и сосредоточенность параметров. Одномерные и многомерные модели. Формальная модель объекта. Типовые математические схемы. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы). Дискретно-детерминированные модели (F-схемы). Дискретно-стохастические модели (P-схемы). Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Сетевые модели (N-схемы). Комбинированные модели (A-схемы).</p>
P5	<p>Математические приемы построения моделей по экспериментальным данным.</p>	<p>Предварительная обработка экспериментальных данных. Статистические гипотезы. Методология проверки правильности статистических гипотез и использование их для решения инженерных задач. Отсев грубых погрешностей измерений. Оценка доверительного интервала определяемого параметра распределения. Использование статистических гипотез для сравнения двух рядов наблюдений (измерений). Сравнение средних значений, выявление систематических погрешностей измерений. Проверка однородности двух и нескольких дисперсий. Проверка гипотезы вида распределения. Математическая обработка результатов эксперимента. Подбор многочленов по экспериментальным данным. Аппроксимация результатов эксперимента. Определение коэффициентов уравнения регрессии. Оценка тесноты линейной и нелинейной связей. Оценка значимости и доверительного интервала коэффициента корреляции. Оценка доверительного интервала и проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Проверка адекватности модели. Метод выравнивая нелинейных зависимостей. Основные идеи и особенности множественного линейного и нелинейного регрессионного и корреляционного анализа. Математическая обработка результатов эксперимента. Подбор многочленов по экспериментальным данным. Аппроксимация результатов эксперимента. Определение коэффициентов уравнения регрессии. Оценка тесноты линейной и нелинейной связей. Оценка значимости и доверительного интервала коэффициента корреляции. Оценка доверительного интервала и проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Проверка адекватности модели. Метод выравнивая нелинейных зависимостей. Основные идеи и особенности множественного линейного и нелинейного регрессионного и корреляционного анализа.</p>
P6	<p>Методы описание линейных детерминированных моделей</p>	<p>Линейные системы и описание их в виде модели Вход-выход. Линеаризация нелинейных дифференциальных уравнений систем управления. Принцип малых отклонений. Стандартная</p>

		<p>форма записи линеаризованного уравнения. Физический смысл коэффициентов уравнения. Область применения линеаризованных моделей. Примеры реализации. Методы математического описания динамических характеристик элементов линейных систем Переходная функция. Импульсная переходная функция (весовая функция). Передаточная функция. Частотные характеристики, логарифмические частотные характеристики (амплитудно-частотная, фазо-частотная, амплитудно-фазовая) Физический смысл характеристик. Взаимосвязь динамических характеристик. Реакция линейной динамической системы на произвольное входное воздействие. Интеграл свертка для переходной функции и импульсной переходной функции. Использование преобразований Лапласа для решения неоднородный линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Расчет динамических характеристик систем при различных способах их соединения.</p>
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	<p>проектная деятельность</p> <p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p> <p>целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях</p>	<p>Технология образования в сотрудничестве</p> <p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p> <p>Технология анализа образовательных задач</p>	<p>ПК-15 -</p> <p>Способность моделировать технологические процессы и объекты в металлургии.</p>	<p>П-1 -</p> <p>Осуществлять построение математических моделей на основе системного анализа закономерностей и особенностей технологических процессов и объектов в металлургии</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование процессов и систем в металлургии

Электронные ресурсы (издания)

1. Спицина, И. А., Доросинского, Л. Г.; Разработка информационных систем. Пользовательский интерфейс : учебное пособие для спо.; Профобразование, Уральский федеральный университет, Саратов, Екатеринбург; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/92370.html> (Электронное издание)
2. Спицина, И. А., Доросинского, Л. Г.; Применение системного анализа при разработке пользовательского интерфейса информационных систем : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/106498.html> (Электронное издание)
3. Колемаев, В. А.; Математические методы и модели исследования операций : учебник.; Юнити, Москва; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114719> (Электронное издание)
4. Волкова, В. Н.; Теоретические основы информационных систем; Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363073> (Электронное издание)
5. Душин, В. К.; Теоретические основы информационных процессов и систем : учебник.; Дашков и К°, Москва; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573118> (Электронное издание)
6. Горохов, В. Л.; Планирование и обработка экспериментов : учебное пособие.; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, Санкт-Петербург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/63623.html> (Электронное издание)
7. Трусов, П. В.; Введение в математическое моделирование : учебное пособие.; Логос, Москва; 2004; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84691> (Электронное издание)
8. Введение в математическое моделирование : учебное пособие.; Логос, Москва; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/66414.html> (Электронное издание)
9. Губарь, Ю. В.; Введение в математическое моделирование : учебное пособие.; Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, Москва; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/101993.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Спирин, Н. А.; Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки : [монография].; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (2 экз.)
2. Спицина, И. А.; Мультиагентный метод анализа и синтеза информационных систем : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 09.04.01 - Информатика и вычислительная техника.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017 (6 экз.)
3. Ярошенко, Ю. Г.; Теплофизические основы тепловой работы металлургических слоевых печей и агрегатов : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 22.03.02, 22.04.02 - Металлургия и 09.03.02, 09.04.02 - Информационные системы и технологии.; Агентство Маркетинговых Коммуникаций "День РА", Екатеринбург; 2019 (2 экз.)
4. Спирин, Н. А.; Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по программам бакалавриата 22.03.02 и магистратуры 22.04.02 направления "Металлургия".; УИИЦ, Екатеринбург; 2015 (6 экз.)
5. Онорин, О. П., Спирин, Н. А., Терентьев, В. Л., Гилева, Л. Ю., Рыболовлев, В. Ю., Косаченко, И. Е., Лавров, В. В., Терентьев, А. В.; Компьютерные методы моделирования доменного процесса; УГТУ-

УПИ, Екатеринбург; 2005 (6 экз.)

6. Цымбал, В. П.; Математическое моделирование сложных систем в металлургии : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 150100 - Металлургия.; Российские университеты : Кузбассвуиздат : АСТШ, Кемерово ; Москва; 2006 (20 экз.)

7. Зарубин, В. С., Крищенко, А. П.; Математическое моделирование в технике : учеб. для студентов вузов.; МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2001 (17 экз.)

8. , Дворецкий, С. И., Муромцев, Ю. Л., Погонин, В. А., Схиртладзе, А. Г.; Моделирование систем : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в" направления подгот. "Автоматизир. технологии и пр-ва".; Академия, Москва; 2009 (21 экз.)

9. Самарский, А. А., Ходан, Е. Ю.; Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (10 экз.)

10. , Швыдкий, В. С., Ярошенко, Ю. Г.; Элементы теории систем и численные методы моделирования процессов тепломассопереноса : Учебник для вузов.; Интернет Инжиниринг, Москва; 1999 (1 экз.)

11. Вентцель, Е. С.; Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие.; КНОРУС, Москва; 2010 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- зональная научная библиотека УрФУ [сайт], URL: <http://lib.urfu.ru>;
- портал информационно-образовательных ресурсов, URL: <http://study.urfu.ru>;
- электронный научный архив УрФУ [сайт], URL: <https://elar.urfu.ru>.

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

- ЭБС "Лань". Издательство "Лань", URL: <http://e.lanbook.com>;
- eLibrary. ООО Научная электронная библиотека, URL: <http://elibrary.ru>;
- Scopus Elsevier, URL: <http://www.scopus.com>;
- Web of Science Core Collection. Web of Science, URL: <http://apps.webofknowledge.com>;
- ЭБС Университетская библиотека онлайн «Директ-Медиа», URL: <http://www.biblioclub.ru>;
- IEEE Xplore Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE), URL: <http://www.ieee.org/ieeexplore>;
- проект в сфере массового онлайн-образования Coursera, URL: <https://www.coursera.org>;
- Российский портал открытого образования [сайт], URL: <https://openedu.ru>;
- web-портал компании Microsoft [сайт], URL www.microsoft.com/ru-ru;
- электронная библиотека стандартов IT-GOST.RU [сайт], URL: it-gost.ru.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование процессов и систем в металлургии

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Программные средства решения
инженерных задач

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Девярых Евгений Андреевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавателе ль	теплофизики и информатики в металлургии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Девярых Евгений Андреевич, Старший преподаватель, теплофизики и информатики в металлургии

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
P1	Основные понятия и характеристики численных методов	Математические модели и численные методы. Три этапа разработки математической модели объекта или процесса. Численные методы как средство реализации математических моделей. Адаптация математической модели. Приближённый анализ. Понятие близости. Терминология линейных нормированных пространств. Чебышевская норма, банаховы пространства и липшицнепрерывность функций. Типы пространств, встречающихся в численном анализе. Погрешность метода, корректность, устойчивость.
P2	Аппроксимация функций	Интерполирование. Задачи интерполирования. Линейная интерполяция. Лагранжева интерполяция. Обобщённые полиномы. Чебышевская система функций. Примеры. Интерполяционный полином Ньютона. Разделённые разности. Погрешность многочлена Ньютона. Экстраполяция. Применение интерполяции. Субтабулирование, обратное интерполирование. Интерполяционный многочлен Эрмита. Сходимость и интерполяция. Нелинейная интерполяция. Интерполяция сплайнами. Многомерная интерполяция. Среднеквадратичное приближение. Наилучшее приближение. Линейная аппроксимация. Многочлены Лежандра, Чебышева, Лаггера и Эрмита.

		<p>Суммирование рядов Фурье. Регуляризация по числу слагаемых. Регуляризация форм-фактором. Метод наименьших квадратов. Различные варианты метода.</p> <p>Нелинейная аппроксимация. Примеры</p>
P3	Численное дифференцирование	<p>Дифференцирование функций, заданных на сетке. Полиномиальная аппроксимация. Разделённые разности и конечные разности. Простейшие формулы. Порядок аппроксимации. Метод Рунге – Ромберга. Квазиравномерные сетки и быстропеременные функции. Регуляризация дифференцирования.</p> <p>Численное дифференцирование при построении дискретных аналогов дифференциальных уравнений. Метод конечных разностей: метод формальной замены производных конечно-разностными выражениями; метод неопределённых коэффициентов; метод интегральных тождеств (контрольного объёма). Левая, правая и центральная разности. Шаблон конечно-разностной сетки. Модельная задача. Консервативные (дивергентные) схемы. Оценка погрешности схем дискретизации. Метод конечных элементов. Аппроксимация базисными функциями. Ослабленные формулировки, метод Б.Г. Галёркина. Симплекс-элементы различного типа. Свойства функций формы. Матрица жёсткости, ансамблирование. Глобальный вектор нагрузки. Оценка точности МКЭ.</p>
P4	Численное интегрирование	<p>Полиномиальная аппроксимация. Постановка задачи. Квадратурная формула. Формула трапеций. Формула Симпсона. Примеры. Формула средних. Процесс Эйткена. Формулы Гаусса – Кристоффеля. Ортогональные полиномы. Сходимость квадратурных формул.</p> <p>Нестандартные формулы. Разрывные функции. Нелинейные формулы. Метод Филона. Несобственные интегралы, методы их вычисления.</p> <p>Кратные интегралы. Метод ячеек. Последовательное интегрирование.</p>
P5	Системы уравнений	<p>Линейные системы. Задачи линейной алгебры. Обусловленность системы, критерии обусловленности. Примеры. Метод исключения Гаусса, другие методы. Определитель и обратная матрица. Метод прогонки, особые матрицы. Метод квадратного корня. Эрмитовы матрицы. Плохо обусловленные системы.</p> <p>Уравнение с одним неизвестным. Исследование уравнения. Дихотомия. Удаление корней. Метод простой итерации. Метод Ньютона. Метод секущих.</p> <p>Системы нелинейных уравнений. Метод простых итераций. Метод Ньютона. Методы спуска. Примеры</p>
P6	Обыкновенные дифференциальные уравнения	<p>Задача Коши. Постановка задачи. Методы решения. Метод Пикара. Метод малого параметра. Метод ломаных. Метод Рунге – Кутты. Метод Адамса. Неявные схемы. Специальные методы. Особые точки. Сгущение сетки.</p>

		<p>Краевые задачи. Постановка задачи. Метод стрельбы. Уравнения высокого порядка. Разностный метод; линейные задачи. Метод Галёркина. Разрывные коэффициенты.</p> <p>Задачи на собственные значения. Постановка задачи. Метод стрельбы. Фазовый метод. Разностный метод.</p> <p>Метод дополнительного вектора. Метод Галёркина.</p>
P7	Уравнения в частных производных	<p>Общие свойства. О постановке задач. Точные методы решения. Автомодельность и подобие. Численные методы.</p> <p>Аппроксимация. Сетка и шаблон. Явные и неявные схемы. Невязка. Методы составления схем.</p> <p>Аппроксимация и её порядок.</p> <p>Устойчивость. Неустойчивость. Основные понятия. Принцип максимума. Метод разделения переменных. Метод энергетических неравенств. Операторные неравенства.</p> <p>Сходимость. Основная теорема. Оценка точности.</p> <p>Сравнение схем на тестах.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	<p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p> <p>целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях</p>	<p>Технология образования в сотрудничестве</p> <p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p> <p>Технология анализа</p>	ПК-15 - Способность моделировать технологические процессы и объекты в металлургии.	П-2 - Разработать программную реализацию численного метода решения задачи моделирования технологических процессов и объектов в металлургии

		образовательных задач		
--	--	-----------------------	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Программные средства решения инженерных задач

Электронные ресурсы (издания)

1. Соловьев, В. В.; Основы нечеткого моделирования в среде Matlab : учебное пособие.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону; 2015; <https://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=462029> (Электронное издание)
2. Перельмутер, В. М.; Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox; СОЛОН-ПРЕСС, Москва; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/90366.html> (Электронное издание)
3. Крахоткина, Е. В.; Численные методы в научных расчетах : учебное пособие.; Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), Ставрополь; 2015; <https://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=458055> (Электронное издание)
4. Гильмутдинов, Р. Ф.; Численные методы : учебное пособие.; Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань; 2018; <https://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=500887> (Электронное издание)
5. Олегин, И. П.; Введение в численные методы : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=576444> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Швыдкий, В. С., Дзюзер, В. Я.; Методы численного решения инженерных задач : учеб. пособие для студентов специальностей направления 270100 "Стр-во" всех форм обучения.; АМБ, Екатеринбург; 2010 (10 экз.)
2. Швыдкий, В. С., Дзюзер, В. Я., Мощицкий, А. В.; Инженерные расчеты в интегрированной среде MAPLE : [учеб. пособие].; АМБ, Екатеринбург; 2010 (10 экз.)
3. Мощицкий, А. В., Швыдкий, В. С., Дзюзер, В. Я.; Решение инженерных задач в системе MATLAB : [учеб. пособие].; АМБ, Екатеринбург; 2010 (11 экз.)
4. Швыдкий, В. С., Дзюзер, В. Я., Ильичев, С. С.; Решение задач конвективного теплопереноса в среде Flotran : [учеб. пособие].; АМБ, Екатеринбург; 2010 (11 экз.)
5. Лазарев, Ю.; Моделирование процессов и систем в MATLAB : учебный курс.; Питер, Санкт-Петербург; 2005 (1 экз.)
6. Вержбицкий, В. М.; Основы численных методов : учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 2005 (1 экз.)
7. Самарский, А. А.; Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов.; Лань, Санкт-Петербург; 2009 (21 экз.)
8. Волков, Е. А.; Численные методы : учеб. пособие.; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (1 экз.)
9. Швыдкий, В. С., Ладыгичев, М. Г., Шаврин, В. С.; Математические методы теплофизики : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Теплофизика, автоматизация и экология пром.

печей".; Теплотехник, Москва; 2005 (12 экз.)

10. , Ярошенко, Ю. Г.; Теплофизические основы тепловой работы металлургических слоевых печей и агрегатов : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 22.03.02, 22.04.02 - Металлургия и 09.03.02, 09.04.02 - Информационные системы и технологии.; Агентство Маркетинговых Коммуникаций "День РА", Екатеринбург; 2019 (2 экз.)

11. , Швыдкий, В. С., Ярошенко, Ю. Г.; Элементы теории систем и численные методы моделирования процессов тепломассопереноса : Учебник для вузов.; Интернет Инжиниринг, Москва; 1999 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- зональная научная библиотека УрФУ [сайт], URL: <http://lib.urfu.ru>;
- портал информационно-образовательных ресурсов, URL: <http://study.urfu.ru>;
- электронный научный архив УрФУ [сайт], URL: <https://elar.urfu.ru>.

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

- ЭБС "Лань". Издательство "Лань", URL: <http://e.lanbook.com>;
- eLibrary. ООО Научная электронная библиотека, URL: <http://elibrary.ru>;
- Scopus Elsevier, URL: <http://www.scopus.com>;
- Web of Science Core Collection. Web of Science, URL: <http://apps.webofknowledge.com>;
- ЭБС Университетская библиотека онлайн «Директ-Медиа», URL: <http://www.biblioclub.ru>;
- IEEE Xplore Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE), URL: <http://www.ieee.org/ieeexplore>;
- проект в сфере массового онлайн-образования Coursera, URL: <https://www.coursera.org>;
- Российский портал открытого образования [сайт], URL: <https://openedu.ru>;
- web-портал компании Microsoft [сайт], URL www.microsoft.com/ru-ru;
- электронная библиотека стандартов IT-GOST.RU [сайт], URL: it-gost.ru.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Программные средства решения инженерных задач

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость 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>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Matlab R2015a + Simulink</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

		<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>