

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого

О.Д.Асенчик

_____ (подпись)

02.12. 2020

(дата утверждения)

Регистрационный № УД – 33 – 85 /уч.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-42 01 01

«Металлургическое производство и материалобработка
(по направлениям)»

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 от 17.04.2019г. №38;
учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: I 42-1-06/уч. от 06.02.2019, I 42-1-17/уч. от 06.02.2019, I 42-1-18/уч. от 06.02.2019, I 42-1-10/уч. от 05.02.2020, I 42-1-11/уч. от 05.02.2020, I 42-1-52/уч. от 05.04.2019, I 42-1-42/уч. от 12.02.2020, I 42-1-28/уч. от 07.02.2020.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Жаранов Виталий Александрович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕЦЕНЗЕНТ:

Бардюгов Николай Николаевич, главный металлург ОАО «СтанкоГомель»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 7 от 17.09.2020);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 11 от 03.11.2020); УД 119-18/уч.

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 1 от 01.10.2020); УДз 129-17у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 2 от 01.12.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов и системы автоматизированного проектирования» подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 от 17.04.2019г. №38; учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: I 42-1-06/уч. от 06.02.2019, I 42-1-17/уч. от 06.02.2019, I 42-1-18/уч. от 06.02.2019, I 42-1-10/уч. от 05.02.2020, I 42-1-11/уч. от 05.02.2020, I 42-1-52/уч. от 05.04.2019, I 42-1-42/уч. от 12.02.2020, I 42-1-28/уч. от 07.02.2020.

Учебная программа предусматривает изучение практических основ использования математических методов при решении технических проблем.

В соответствии с требованиями государственного стандарта студент должен владеть навыками работы на современной вычислительной технике, знать и уметь пользоваться стандартными пакетами прикладных программ, разрабатывать авторские программные средства, непосредственно связанные со спецификой изучаемых дисциплин.

Для выполнения этих требований необходимо изучение комплексного курса, объединяющего в себе элементы программирования, вычислительной техники, моделирования, теории и технологии обработки металлов давлением. Таким образом, изложенные ниже основы моделирования и проектирования процессов обработки металлов давлением (ОМД) необходимы студентам для получения навыков работы на персональных компьютерах с использованием знаний основ теории и технологии обработки металлов давлением.

В результате студенты должны получить определённые компетенции: готовность использовать базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач; автоматизированные системы проектирования; способность на основе системного подхода строить модели для описания и прогнозирования явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ с оценкой пределов применимости полученных результатов.

Методологические основы теории обработки металлов давлением построены на применении методов механики сплошных сред. Во второй половине XX века сформировался наиболее сложный раздел механики — механика обработки металлов давлением, основной задачей которого является изучение больших пластических деформаций и конечного формоизменения заготовки, обладающей сложными реологическими свойствами. Это позволяло изучать процессы упрочнения и разупрочнения, а также эволюцию структурного состояния деформируемого тела. В механике обработки металлов давлением произошли качественные изменения в связи с

развитием компьютерного моделирования технологических процессов, основанных на применении метода конечных элементов (КЭ-метода).

Автоматизированное проектирование позволяет значительно сократить субъективизм при принятии решений, повысить точность расчётов, выбрать наилучшие варианты для реализации на основе строгого математического анализа различных вариантов проекта с оценкой технических, технологических и экономических характеристик производства и эксплуатации проектируемого объекта, значительно повысить качество конструкторской документации, существенно сократить сроки проектирования и передачи конструкторской документации в производство, эффективнее использовать современное технологическое оборудование с программным управлением.

Цель и задачи учебной дисциплины

Цель курса – освоение студентами теоретических и практических навыков моделирования разнообразных аспектов технологии и применяемого оборудования реального производства с использованием современных средств компьютерной техники и прикладного программного обеспечения, получение практических знаний по оптимизации сложных технических систем, проектированию новых и совершенствованию существующих технологических процессов.

Задачи дисциплины:

- изучение методологий математического моделирования процессов, статистической обработки и анализа экспериментальных результатов, прогнозирования и оптимизации металлургических процессов и свойств материалов;
- формирование умения осуществлять постановку задачи и построение математической модели для исследования основных процессов в металлургии, применять экспериментально-статистические методы для анализа и исследования процессов;
- формирование навыков использования программных математических комплексов для решения задач моделирования металлургических процессов, их теоретического и экспериментального исследования.

Место учебной дисциплины

Дисциплина занимает важное место в системе подготовке специалиста с высшим образованием в области современного машиностроительного производства.

Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основные типы математических моделей;
- этапы построения математической модели;
- методы построения и исследования результатов моделирования;
- программные комплексы для математического моделирования;
- модели планов и способы построения при планировании

эксперимента;

- методы статистической обработки экспериментальных данных;
- способы представления экспериментальных данных.

уметь:

- описать и построить математическую модель процесса для решения локальной задачи;
- применять программные комплексы для математического моделирования;
- использовать методы планирования эксперимента и оптимизации для анализа и исследования моделируемого процесса;
- математически описать и представить результаты экспериментальных исследований.

владеть:

- навыком составлять, проверять на адекватность и использовать на практике математические модели применительно к процессам и оборудованию металлургии.
- методами построения математических моделей технических объектов.
- навыками построения модели и математического описания исследуемого процесса;
- навыками исследования процессов по существующим моделям;
- навыками использования программных математических комплексов для решения задач моделирования;
- численными методами (решения профильных задач) и принципами их реализации на базовых объектах;
- методами структурной и параметрической идентификации математических моделей.

Требования к компетентности специалиста

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести специализированную компетенцию: быть способным владеть навыками составления математических моделей типовых профессиональных задач и их оптимизации, трёхмерного проектирования деталей в системах САД; применять программные пакеты САПР при проектировании оснастки, оборудования, технологических процессов в металлургическом производстве и материалообработке.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

Владеть системным и сравнительным анализом.

Владеть исследовательскими навыками.

Уметь работать самостоятельно.

Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в

профессиональной деятельности.

Применять соответствующий физико-математический аппарат, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике, химии, экологии для решения проблем, возникших в ходе профессиональной деятельности.

Владеть навыками здоровьесбережения.

Быть способным к критике и самокритике.

Уметь работать в коллективе.

Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

Создавать условия для соответствия режимов работы агрегатов (поточных линий, технологических участков) действующим правилам и нормам, используя результаты (данные) технологического процесса производства.

Проводить технические разработки и на их основе принимать на современном уровне инженерные решения по уменьшению материале- и энергоёмкости производства.

Связь с другими учебными дисциплинами

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких курсов, как «Математика», «Информатика», «Прикладная механика», «Инженерная графика».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, связанных с процессами обработки материалов, способами упрочнения заготовок, проектированием цехов, способами переработки отходов производства и потребления, ресурсо- и энергоэффективностью.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов и системы автоматизированного проектирования» в соответствии с учебными планами по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет - 256 часа. Трудоёмкость дисциплины составляет: 6 зачётных единиц.

Форма получения высшего образования: дневная, заочная полная, заочная сокращённая.

	Дневная		Заочная полная	Заочная сокращённая
	Набор 2018	Набор 2019		
Курс	3,4	3,4	3,4	3,4
Семестр	6,7	6,7	6,7,8	5,6,7
Лекции (часов)	68	68	14	14
Лабораторные занятия (часов)	68	85	18	14
Практические занятия (часов)	-	-	-	-
Всего аудиторных (часов)	136	153	32	28
Формы текущей аттестации				
Зачёт, семестр:	6,7	6,7	7,8	6,7

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 1.1. Общие сведения о моделировании технических систем.

Место модели среди методов познания. Определение модели. Свойства моделей. Цели моделирования. Классификация моделей. Понятия математического и идеального моделирования. Требование адекватности. Требование достаточной простоты. Некоторые другие требования. Когнитивные, концептуальные и формальные модели. Обследование объекта моделирования: описание задачи, определение цели моделирования, анализ объекта. Концептуальная постановка задачи моделирования. Математическая постановка задачи моделирования. Выбор и обоснование выбора метода решения задачи. Проверка адекватности модели. Упрощения и уточнения. Практическое использование построенной модели.

Тема 1.2. Автоматизированное проектирование в контексте математического моделирования

Методология автоматизированного проектирования. Структура и параметры объектов проектирования. Особенности технологии автоматизированного проектирования. Постановка задач проектирования. Классификация математических моделей. Режимы функционирования технических объектов. Математические модели технических объектов на микроуровне. Ошибки в выборе модели. Влияние интерполяции и экстраполяции. Ошибки в выборе метода исследований. Объекты проектирования на микроуровне. Основы построения математических моделей на микроуровне. Модели тепловых систем на микроуровне. Модели гидравлических систем на микроуровне. Модели механических систем на микроуровне. Приближенные математические модели технических объектов на микроуровне. Математические модели простых дискретных элементов технических объектов. Объекты проектирования на макроуровне. Динамическая модель технического объекта на макроуровне. Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия.

Тема 1.3. Численные методы решения систем алгебраических уравнений.

Метод простой итерации. Метод Зейделя. Методы релаксации. Метод Ньютона. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса. Метод ЛН разложения. Решение систем линейных алгебраических уравнений с ленточными матрицами. Численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Погрешности численных методов интегрирования. Устойчивость численных методов интегрирования. Выбор шага интегрирования. Одношаговые методы интегрирования. Многошаговые методы интегрирования. Методы прогноза и

коррекции. Неявные методы интегрирования. Алгоритмы неявных методов интегрирования. Численные методы (метод конечных разностей, метод конечных элементов) и принципы их реализации на базовых объектах. Основы применения численных методов.

Тема 1.4. Метод конечных элементов.

Область применения метода. Генерация конечно-элементной сетки. Особенности решения задач в металлургии и смежных отраслях. Вывод уравнения теплопроводности. Постановки одно-, двух- и трёхмерных задач теплопроводности. Общие сведения о методе конечных элементов (исторические сведения, особенности, общая схема). Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей. Формулировка метода конечных элементов на основе принципа стационарности функционала на примере стационарной задачи теплопроводности, другие формулировки, сравнение. Одномерная задача теплопроводности. Типы и семейства конечных элементов на примере одно-, двух- и трёхмерных задач теплопроводности. Двумерная задача теплопроводности. Численное интегрирование в методе конечных элементов и построение разрешающей системы алгебраических уравнений. Условия полноты и непрерывности функций формы. Точность, сходимость, устойчивость конечно-элементного решения задачи. Трёхмерная задача теплопроводности. Применение метода конечных элементов для решения нестационарных задач на примере задачи теплопроводности.

Тема 1.5. Научные основы компьютерного моделирования металлургических процессов

Особенности моделирования материалов, их свойств и процессов, происходящих в них при производстве. Задачи, решаемые при моделировании. Моделирование диаграмм состояния металлических сплавов и процессов кристаллизации. Моделирование механических свойств и деформации материалов. Термодинамическое моделирование и модели кинетики химических реакций, массо- и теплопереноса. Моделирование процессов термической обработки материалов.

Тема 1.6. Основы моделирования процессов деформации металлов и сплавов

Напряженное состояние. Деформированное состояние. Основные уравнения. Определяющие соотношения. Закономерности упрочнения и разупрочнения сталей и сплавов при пластической деформации и рекристаллизации. Физические основы и феноменологические модели трения. Модели и методы определения остаточного напряженного состояния. Математическое моделирование остаточных напряжений. Тепловая задача обработки металлов давлением. Основные понятия и содержание автоматизированного проектирования. Программное обеспечение, структура и классификация САПР. Содержание процесса разработки систем

автоматизированного проектирования. Цели и задачи проектирования технологических процессов

Тема 1.7. Моделирование и анализ вероятностных систем.

Базовые термины. Измерения, шкалы и величины. Генеральная совокупность. Выборка. Функции распределения. Моделирование случайных величин. Основные свойства случайных процессов. Моделирование реализаций случайных процессов. Оценки вероятностных характеристик реализаций случайных процессов. Определение статистических оценок вероятностных характеристик случайных процессов. Статистические гипотезы и критерии. Описательная статистика. Дисперсионный анализ. Однородность. Критерий Фишера. Критерий Кохрена. Критерий Бартлетта. Критерий знаков. Тест Левина. Достоверности совпадений и различий для порядковой шкалы. Достоверности совпадений и различий для дихотомической шкалы. Критерии согласия. Критерий согласия Пирсона. Критерий Колмагорова. Критерий Колмагорова-Смирнова. Критерий Крамера-Мизеса-Смирнова. Метод моментов. Параметрические критерии. Критерий Стьюдента. Z-критерий. Однофакторный анализ ANOVA. Критерий множественных сравнений. Непараметрические критерии.

Тема 1.8. Основы регрессионного анализа

Линейные и нелинейные зависимости. Регрессия. Коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Нелинейные зависимости. Аппроксимация и идентификация параметров. Коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена. Градуировка. Таблицы сопряженности. Корреляции качественных признаков. Риски и шансы. Исключение грубых погрешностей/ Критерии Райта и правило «трех сигм» Критерий Романовского. Критерий Шарлье. Классификация погрешностей измерений. Вероятностная оценка случайной погрешности. Характеристики статистических распределений. Правила сложения случайных погрешностей. Центральная предельная теорема и распределение Гаусса. Построение функциональных зависимостей.

РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Тема 2.1. Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов.

Цели планирования эксперимента. Объект исследования. Пассивный и активный эксперимент. Экспериментальные факторные математические модели. Особенности экспериментальных факторных моделей. Основные принципы планирования эксперимента. План эксперимента. Регрессионный анализ. Оценка параметров регрессионной модели.

Тема 2.2. Планы экспериментов и их свойства.

План однофакторного эксперимента. План полного факторного эксперимента. План дробного факторного эксперимента. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты. Статистический анализ результатов активного эксперимента. Определение коэффициентов регрессионной модели и проверка их значимости. Проверка адекватности и работоспособности регрессионной модели. Планы второго порядка. Регрессионный анализ результатов вычислительного эксперимента на детерминированной математической модели. Получение математической модели на основе пассивного эксперимента.

Тема 2.3. Примеры построения моделей для конкретных металлургических процессов.

Линеаризация моделей систем. Пример составления упрощённой модели доменной плавки. Построение моделей подовых сталеплавильных процессов. Построение модели конвективного процесса. Модель процесса обезуглероживания стали. Построение модели поверхностной закалки стальных деталей. Математическая модель нагрева детали с помощью внешнего теплового поля. Построение математической модели процесса цементации стальных образцов.

Тема 2.4 Построение функциональных зависимостей по экспериментальным данным.

Построение функциональной зависимости при однофакторном эксперименте. Быстрые методы установления графического вида однофакторных зависимостей. Связь коэффициента линейной регрессии, коэффициента корреляции и относительной погрешности. Быстрая оценка коэффициента корреляции исходных данных. Сглаживание экспериментальных временных рядов. Статистические функции, функции сглаживания и аппроксимации экспериментальных данных. Постановка задачи идентификации параметров модели внешнего теплообмена в нагревательной печи.

Тема 2.5. Оптимизация параметров технических систем.

Принцип локальной оптимизации в методологии автоматизированного проектирования. Основные понятия и определения параметрической оптимизации. Определение экстремума аналитической целевой функции. Поисковая оптимизация. Постановка задач оптимизации. Формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации. Выбор управляемых параметров. Методы поиска экстремума целевой функции. Методы безусловной оптимизации. Оптимизация в условиях сложного рельефа поверхности целевой функции. Оптимизация параметров технических систем с учётом ограничений.

Тема 2.6. Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии

Теоретические и практические аспекты использования теории вероятностей для моделирования, анализа и оптимизации технических систем и процессов. Оптимизация конструкции деталей и узлов с использованием прикладных программ. Моделирование процессов динамики жидкости и газа. Методы искусственного интеллекта. Метод нейронных сетей. Практическое применение. Расчёт и анализ усадочных дефектов и напряжений. Нагрев заготовок. Обмен информацией между пакетами моделирования. Конвертеры файлов. Нейтральные форматы. Групповое взаимодействие при проектировании.

Тема 2.7. Прикладное математическое моделирование в литейном производстве.

Математическая модель прочности серого чугуна. Разработка математической модели свойств формовочной смеси. Основные понятия теории случайных функций и прогнозирование литейных процессов. Прогноз и управление химическим составом серого чугуна. Оптимизация свойств литейных сплавов. Синтез литейных сплавов. Расчёт оптимальных составов формовочных смесей. Расчёт оптимального химического состава отливок из серого чугуна. Автоматическая классификация отливок. Расчёт затвердевания отливки. Статистические методы управления качеством отливок. Задачи управления качеством отливок. Форма и методика контроля параметров литейных процессов. Функции распределения параметров литейных процессов. Расчёт параметров функций распределения литейных процессов. Расчёт границ регулирования. Корреляционный отбор параметров регулирования. Анализ качества отливок методом категоризованных данных. Расчёт оптимальной шихты. Постановка задачи расчёта оптимальной шихты. Результаты расчёта шихты. Оптимизация оперативного планирования литейного цеха.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)(Набор 2018)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основы моделирования металлургических процессов							
1.1	Общие сведения о моделировании технических систем.	3			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.2	Автоматизированное проектирование в контексте математического моделирования	3			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.3	Численные методы решения систем алгебраических уравнений.	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.4	Метод конечных элементов.	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.5	Научные основы компьютерного моделирования металлургических процессов	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.6	Основы моделирования процессов деформации металлов и сплавов	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.7	Моделирование и анализ вероятностных систем.	6			4			устный опрос, защита лаб. работы,

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								зачёт
1.8	Основы регрессионного анализа	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2	Практические аспекты моделирования технологических процессов и технических систем.							
2.1	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов.	6			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.2	Планы экспериментов и их свойства.	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.3	Примеры построения моделей для конкретных металлургических процессов.	6			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.4	Построение функциональных зависимостей по экспериментальным данным.	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.5	Оптимизация параметров технических систем.	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.6	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии	6			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.7	Прикладное математическое моделирование в литейном производстве.	6			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
	Всего (часов):	68			68			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования) (Набор 2019)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основы моделирования металлургических процессов							
1.1	Общие сведения о моделировании технических систем.	3			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.2	Автоматизированное проектирование в контексте математического моделирования	3			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.3	Численные методы решения систем алгебраических уравнений.	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.4	Метод конечных элементов.	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.5	Научные основы компьютерного моделирования металлургических процессов	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.6	Основы моделирования процессов деформации металлов и сплавов	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.7	Моделирование и анализ вероятностных систем.	6			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.8	Основы регрессионного анализа	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2	Практические аспекты моделирования технологических процессов и технических систем.							
2.1	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов.	6			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.2	Планы экспериментов и их свойства.	4			4			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.3	Примеры построения моделей для конкретных металлургических процессов.	6			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.4	Построение функциональных зависимостей по экспериментальным данным.	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.5	Оптимизация параметров технических систем.	4			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.6	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии	6			6			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.7	Прикладное математическое моделирование в литейном производстве.	6			9			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
	Всего (часов):	68			85			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основы моделирования металлургических процессов							
1.1	Общие сведения о моделировании технических систем.	0,5			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.2	Автоматизированное проектирование в контексте математического моделирования	0,5			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.3	Численные методы решения систем алгебраических уравнений.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.4	Метод конечных элементов.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.5	Научные основы компьютерного моделирования металлургических процессов	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.6	Основы моделирования процессов деформации металлов и сплавов	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.7	Моделирование и анализ вероятностных систем.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.8	Основы регрессионного анализа	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2	Практические аспекты моделирования технологических процессов и технических систем.							
2.1	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.2	Планы экспериментов и их свойства.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.3	Примеры построения моделей для конкретных металлургических процессов.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.4	Построение функциональных зависимостей по экспериментальным данным.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.5	Оптимизация параметров технических систем.	1			2			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.6	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии	1			2			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.7	Прикладное математическое моделирование в литейном производстве.	1			2			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
	Всего (часов):	14			18			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная сокращённая форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основы моделирования металлургических процессов							
1.1	Общие сведения о моделировании технических систем.	0,5						устный опрос, зачёт
1.2	Автоматизированное проектирование в контексте математического моделирования	0,5			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.3	Численные методы решения систем алгебраических уравнений.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.4	Метод конечных элементов.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.5	Научные основы компьютерного моделирования металлургических процессов	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.6	Основы моделирования процессов деформации металлов и сплавов	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
1.7	Моделирование и анализ вероятностных систем.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.8	Основы регрессионного анализа	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2	Практические аспекты моделирования технологических процессов и технических систем.							
2.1	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.2	Планы экспериментов и их свойства.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.3	Примеры построения моделей для конкретных металлургических процессов.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.4	Построение функциональных зависимостей по экспериментальным данным.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.5	Оптимизация параметров технических систем.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.6	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
2.7	Прикладное математическое моделирование в литейном производстве.	1			1			устный опрос, защита лаб. работы, зачёт
	Всего (часов):	14			14			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Буснюк, Н. Н. Математическое моделирование : учебное пособие / Н. Н. Буснюк, А. А. Черняк. - Минск : Беларусь, 2014. – 213 с.
2. Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. В. Голубева. - Изд. 2-е. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. - 191 с.
3. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учебник для вузов – М.: МГТУ им. Баумана, 2003. – 496 с.
4. Кангин, В. В. Математическое моделирование процессов в машиностроении : учебное пособие для вузов / В. В. Кангин, В. Н. Меретюк. - Старый Оскол : ТНТ, 2018. - 323 с.
5. Леушин, И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник для вузов / И. О. Леушин. - Москва : ФОРУМ, 2013. - 206 с
6. Овечкин, Г. В. Компьютерное моделирование : учебник / Г. В. Овечкин, П. В. Овечкин. - Москва : Академия, 2015. – 217 с.
7. Промышленные теплотехнологии / В. И. Тимошпольский [и др.] ; под общ. ред. В. И. Тимошпольского, А. П. Несенчука. - Минск : Вышэйшая школа, 2000. - 320 с.
8. Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов. - Изд. 5-е, стер.. - Москва : Высш. шк., 2007. - 343 с.

Дополнительная литература

9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
10. Арутюнов В. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов / под науч. ред. В. А. Арутюнова. - Москва: Металлургия, 1990. - 238с.
11. Боровиков, С. М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности / С. М. Боровиков. - Минск: ДизайнПРО, 1998. - 335 с
12. Гун, Г. Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением : учеб. пособие для вузов / Г. Я. Гун ; под ред. П. И. Полухина. - Москва : Металлургия, 1983. - 352 с.
13. Исаев, Г. Н. Моделирование информационных ресурсов: теория и решение задач: учебное пособие для вузов / Г. Н. Исаев. - Москва : Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 223 с.
14. Климович Ф.Ф., Присевко А.Ф. Математическое моделирование технологических задач в машиностроении: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Минск: БГПА, 2000. – 88 с.

15. Королев, А. Л. Компьютерное моделирование: лабораторный практикум / А. Л. Королев. - Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 296 с.
16. Кундас С. П. Компьютерное моделирование процессов термической обработки сталей : монография. - Минск : Бестпринт, 2005. - 313 с.
17. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье-Стокса / АН СССР, Ин-т проблем механики; В. И. Полежаев и др.; отв. ред. В. С. Авдеевский. - Москва : Наука, 1987. - 271с.
18. Практикум по автоматике: Математическое моделирование систем автоматического регулирования: учеб. пособие / Под ред. Б.А.Карташова. - Москва: КолосС, 2006. - 183с.
19. Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов. - Изд. 5-е, стер.. - Москва : Высш. шк., 2007. - 343 с.
20. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. – Минск: ДизайнПРО, 1997. – 640 с.
21. Ящерицын П.И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении: Справ. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1985. - 286 с.

Электронный учебно-методические документы

1. Жаранов В. А. Математическое моделирование технологических процессов: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов; кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012 - 1 папка Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2206>
2. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения/ В. А. Жаранов; каф. «Машины и технология литейного производства» . - Гомель : ГГТУ, 2009. - 120 с. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1680>
3. Основы проектирования процессов непрерывного прессования металлов / Ю.В. Горохов, В.Г. Шеркунов, Н.Н. Довженко и др. ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2013. – 223 с. : табл., ил., граф., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364049> (дата обращения: 24.11.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-2768-2. – Текст : электронный.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые в виде дискуссий или докладов на занятиях и конференциях;
- решение проблемных вопросов в виду учебных дебатов, «мозгового штурма» и т.п. с использованием наглядных пособий, информационных технологий, навыков анализа и самостоятельности принятия инженерных решений.

Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Лекции предназначены для передачи учебной информации от преподавателя к студентам, направленной в основном на приобретение студентами новых теоретических знаний. При чтении лекций используется диалоговая форма с постановкой задач из области знаний уже прошедших студентами предметов.

Для проведения занятий в активной и интерактивной форме (не менее 20% от аудиторной нагрузки) могут использоваться следующие инновационные технологии:

- информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и лабораторным работам;
- работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении заданий;
- представление теоретического и практического материала в виде мультимедиа презентаций для оптимизации конспектов по темам для самостоятельного изучения, при необходимости.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала.

Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Лабораторные занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое занятие проводится по своему алгоритму.

При проведении лабораторных занятий преследуются следующие цели:

- применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем;
- отработка командных навыков взаимодействия; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения.

Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

- изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
- после изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
- особое внимание следует уделить выполнению отчётов по лабораторным работам и по индивидуальным заданиям на самостоятельную работу.
- Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задаётся на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Также рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- выполнение индивидуальных расчётных заданий с консультациями преподавателя;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале. Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных занятий;

- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- сдача зачёта.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче зачёта по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Примерный перечень тем лабораторных работ

1. Методы аппроксимации функций и обработки результатов эксперимента
2. Определение численных характеристик выборки. Точечные и интервальные оценки параметров нормально распределённой случайной величины. Отсев грубых ошибок экспериментальных данных и оценка нормальности распределения.
3. Математические модели регрессионного анализа. Интерполяция и аппроксимация экспериментальных данных; Интерполирование функций
4. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Математическая обработка результатов эксперимента.
5. Элементы теории факторного эксперимента. Полный факторный эксперимент.
6. Разработка многофакторных математических моделей на основе пассивного эксперимента.
7. Парный регрессионный анализ. Множественный регрессионный анализ. Нелинейный регрессионный анализ.
8. Корреляционный анализ данных. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции. Доверительный интервал для коэффициента корреляции.
9. Разработка математических моделей в виде корреляционных функций
10. Методы оптимизации. Решение задач линейного программирования. Применение методов линейного программирования для моделирования и решения производственных задач.
11. Моделирование искусственных нейронных сетей.
12. Методы исследования моделей, численное моделирование. Разнообразие моделей. Оптимизационные модели. Структурные модели.

13. Моделирование систем. Моделирование сложных систем. Имитационное моделирование.
14. Выделение объекта моделирования из среды. Методы проверки гипотез адекватности структуры модели.
15. Методика решения оптимизационных задач. Определение границ системы.
16. Метод прогонки решения сеточных уравнений.
17. Расчёт времени охлаждения плоского слоя. Расчёт времени охлаждения блюмса. Расчёт времени затвердевания непрерывного плоского слитка (сляба).
18. Стохастическое моделирование. Конвективный теплообмен. Теплопроводность. Теплообмен излучением. Теплообмен с фазовыми переходами. Основы метода сеток.
19. Моделирование процессов с распределёнными параметрами.
20. Моделирование процессов переноса. Моделирование процессов теплопроводности.
21. Моделирование ламинарного течения жидкости. Моделирование совместного протекания переноса и теплопроводности.
22. Моделирование случайных событий. Моделирование случайного блуждания. Метод Монте-Карло.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Понятие математической модели. Структура математической модели.
2. Свойства математических моделей. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели.
3. Особенности функциональных моделей. Требования, предъявляемые к математическим моделям.
4. Иерархия математических моделей и формы их представления. Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия.
5. Технология моделирования. Математическая модель процессов, их оценка.
6. Математический аппарат моделирования. Зависимости механики сплошной среды в матричном представлении.
7. Нелинейные математические модели макроуровня. Причины возникновения нелинейности.
8. Статические и стационарные модели. Некоторые нестационарные модели.
9. Простейшие динамические модели. Приближенные методы анализа динамических моделей.
10. Тензоры. Зависимости механики сплошной среды в матричном представлении.
11. Теория деформаций. Переменные Лагранжа и Эйлера.

12. Краевая задача и способы её решения.
13. Реологические модели деформируемой среды. Линейное напряженное состояние.
14. Упруго - вязкие среды (общий случай). Пластические среды (общий случай).
15. Методы решения системы уравнений термоупругопластичности.
16. Классификация численных методов решения задач упругопластичности и теплопроводности.
17. Метод конечных разностей. Сущность метода, достоинства и недостатки. Построение сетки.
18. Разностная схема краевой задачи. Конечно – разностная аппроксимация производных. Интерполяция граничных условий.
19. Построение системы разностных уравнений. Задача Неймана. Решение многомерных задач.
20. Особенности решения нелинейных задач. Нестационарные задачи.
21. Метод конечных элементов. Сущность метода. Особенности решения задач.
22. Общие положения метода. Выделение конечных элементов.
23. Определение аппроксимирующей функции элементов.
24. Аппроксимация векторных величин. Объединение конечных элементов в ансамбль.
25. Скалярные величины. Векторные величины.
26. Методы построения разрешающей системы уравнений.
27. Задача упругопластичности. Общая постановка.
28. Линейная упругость. Одномерный случай. Двумерные задачи линейной упругости.
29. Трёхмерные задачи линейной упругости. Осесимметричные задачи линейной упругости.
30. Физически нелинейные задачи. Пластичность. Геометрически нелинейные задачи. Большие деформации.
31. Особенности решения задач для анизотропных материалов.
32. Математические модели процессов обработки.
33. Модель энергосиловых параметров процессов.
34. Модель усилия и работы деформирования. Модель прочности инструмента. Модель стойкости рабочего инструмента.
35. Модель разрушения металла при обработке давлением. Феноменологическая модель разрушения в процессе большой пластической деформации.
36. Восстановление запаса пластичности в процессе отжига после холодной деформации.
37. Оценка разрушения металла в условиях горячей деформации. Модель устойчивости заготовки.
38. Общие понятия об устойчивости Причины потери устойчивости. Критерии устойчивости.
39. Модель армирования качества изделия. Модель формирования

геометрических и метрологических свойств изделия.

40. Модель формирования физико-механических свойств.
41. Реализация математических моделей на ЭВМ.
42. Архитектура программного обеспечения.
43. Требования, предъявляемые к алгоритмическим моделям.
44. Требования, предъявляемые к машинным моделям.
45. Архитектуре программного обеспечения численных методов решения краевой задачи.
46. Программные комплексы на основе метода конечных разностей.
47. Программные комплексы на основе метода конечных элементов.
48. Программные комплексы на основе метода граничных элементов.
49. Особенности программной реализации матричных алгоритмов.
50. Численные методы решения систем линейных уравнений.
51. Методы оптимизации. Классификация методов и задач оптимизации.
52. Метод одномерной оптимизации с постоянным шагом.
53. Метод одномерной оптимизации с переменным шагом.
54. Метод одномерной оптимизации с переменным шагом и квадратичной интерполяцией.
55. Метод градиента и крутого восхождения.
56. Метод Ньютона.
57. Метод Марквардта.
58. Метод регулярного симплекса.
59. Метод деформируемого многогранника.
60. Метод сопряженных направлений. Корреляционный анализ.
61. Планирование эксперимента. Построение факторных математических моделей.
62. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента.
63. Назначение, особенности и классификация планов первого порядка.
64. Критерии оптимальности и свойства экспериментальных планов.
65. Классический план первого порядка.
66. Полный факторный план 2^n .
67. Дробный факторный план 2^{n-k} . Назначение, особенности и классификация планов второго порядка.
68. Модели, предположения и этапы регрессионного анализа.
69. Оценивание коэффициентов линейной регрессионной модели.
70. Оценивание дисперсии случайной ошибки.
71. Проверка однородности дисперсий случайной ошибки. Проверка значимости оценок коэффициентов регрессионной модели.
72. Проверка адекватности и анализ работоспособности регрессионной модели.
73. Теоретические и практические аспекты использования теории вероятностей для моделирования, анализа и оптимизации процессов.
74. Основные понятия и определения теории вероятностей. Функция и плотность распределения вероятностей случайной величины.
75. Математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение непрерывной случайной величины.

71. Нормальное распределение случайной величины.
72. Метод наименьших квадратов.
73. Основы проверки статистических гипотез.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Производство отливок на основе железа	МиТОМ	нет	
Управление качеством продукции металлургического производства	МиТОМ	нет	
Производство отливок на основе цветных сплавов	МиТОМ	нет	
Новые процессы и материалы в металлургии	МиТОМ	нет	

Зав.кафедрой
«Металлургия и технологии
обработки материалов»

Ю.Л.Бобарикин