

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого

 О.Д.Асенчик

(подпись)

07.07.2015

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-34-10уч.

**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 ОСВО 1-42 01 01-2013;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-42 01 01  
«Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»  
№ I 42-1-16/уч. 17.09.2013; № I 42-1-17/уч. 17.09.2013.

### **СОСТАВИТЕЛЬ:**

В.А. Жаранов, старший преподаватель кафедры «Металлургия и литейное  
производство», магистр технических наук.

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Душко Сергей Олегович, заместитель главного инженера по технологии ОАО  
«ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ»

Кроль Дмитрий Григорьевич, декан заочного факультета УО «Гомельский  
государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.ф.-м. н.,  
доцент

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и литейное производство» учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 18.05.2015);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета  
учреждения образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 6 от 23.06.15);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 04.06.15); *УЗ - 094 - 174*

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский  
государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 01.07.2015).

Регистрационный номер МТФ *УДОЗО-3/уч*  
Регистрационный номер ЗФ *[подпись]*

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Математическое моделирование технологических процессов и системы автоматизированного проектирования» является одной из важных дисциплин при подготовке инженеров металлургического профиля.

Место учебной дисциплины в получении знаний по данной специальности соответствует изучению практических основ использования математических методов при решении технических проблем.

Изучение дисциплины предполагает освоение студентами теоретических и практических навыков моделирования разнообразных аспектов технологии и применяемого оборудования металлургического 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.

Автоматизированное проектирование позволяет значительно сократить субъективизм при принятии решений, повысить точность расчетов, 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.

Дополнительные задачи дисциплины - формирование у будущих специалистов компетенций для осуществления общего анализа процессов черной и цветной металлургии, от стадии первичной обработки используемых материалов (сепарация, грануляция, агломерация) до стадии производства готовых продуктов.

Без серьезной подготовки специалистов в области математического моделирования практически невозможно решать задачи повышения конкурентоспособности продукции, выпускаемой на металлургических предприятиях.

### Цель и задачи дисциплины

Цель преподаваемой дисциплины – обучить студентов следующим навыкам:

- получать и обрабатывать техническую информацию описывающую параметры функционирования систем в металлургии с использованием персонального компьютера или систем распределенных вычислений;
- использованию инновационных методик для описания систем связанных математических моделей, построенных по иерархическому принципу;
- составлять, проверять на адекватность и использовать на практике математические модели применительно к процессам и оборудованию металлургического производства;

- проводить сравнительный анализ методов построения моделей металлургических процессов с использованием современных средств компьютерной техники;
- практически применять пакеты прикладных программ.

Задачами преподавания дисциплины являются следующие ключевые элементы подготовки:

- обучение использованию углубленных теоретических и практических знаний, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности;
- умение находить творческие решения профессиональных задач, принимать нестандартные решения;
- способность практически применять современные методы исследования, проводить технические испытания и научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы;
- компетенция составления технических заданий, разработки и использования средств автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;
- навыки применения методов анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений;
- способность профессионального инженерного проектирования технических объектов;
- применение методов создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности, т.е. металлургических машин и агрегатов, систем и отдельных элементов технологических цепочек на микро- мезо- и макроуровне.

Требования к освоению учебной дисциплины в соответствии с образовательным стандартом

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основные понятия, принципы и этапы математического моделирования технологических процессов;
- виды математических моделей технологических процессов и способы их использования;
- методы построения, решения и проверки математических моделей.

уметь:

- производить обработку и проверку экспериментальных данных статистическими методами;
- делать обоснованный выбор типов математических моделей;
- производить расчет и анализ параметров математических моделей;

- использовать методы построения и решения математических моделей для инженерных задач в литейном и металлургическом производствах;
- использовать прогрессивные методы разработки и эксплуатации систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

владеть:

- навыками построения и решения математических моделей с использованием прикладных программ;
- методами анализа исходных данных и полученных результатов при использовании математических моделей;
- навыками формализации задач различных этапов технологического проектирования.

Требования к академическим компетенциям специалиста

Специалист должен:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста

Специалист должен:

- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Быть способным к критике и самокритике.
- Уметь работать в команде.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

в производственно-технологической деятельности:

- разрабатывать технологические процессы получения отливок из сплавов черных и цветных металлов в разовые и постоянные литейные формы, назначать режимы нагрева и термической обработки заготовок;
- анализировать и обрабатывать результаты научно-исследовательской деятельности, организовывать работу по подготовке научных статей, сообщений, рефератов, заявок на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом университета:

- по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» предусмотрено всего – 240

часов, всего аудиторных – 132 часа из них: лекций – 66 часов, лабораторных – 66 часов. Курсовая работа – 40 часов. Количество зачетных единиц – 6,5.

Форма получения образования - дневная.

- по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» предусмотрено всего – 240 часов, всего аудиторных – 26 часов из них: лекций – 14 часов, лабораторных – 12 часов. Курсовая работа – 40 часов.

Форма получения образования - заочная.

- по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направление специальности 1-42 01 01 - 02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)» специализация 1-42 01 01 - 02 01 «Обработка металлов давлением» предусмотрено всего – 240 часов, всего аудиторных – 26 часов из них: лекций – 14 часов, лабораторных – 12 часов. Курсовая работа – 40 часов.

Форма получения образования - заочная сокращенная.

Форма получения высшего образования: дневная, заочная, заочная сокращенная

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Форма получения высшего образования - дневная

Курсы – 3,4

Семестры – 6,7

Лекции – 66 (часов)

Лабораторные занятия - 66 (часов)

Всего аудиторных - 132 (часа)

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен – 6 семестр

Зачет - 7 семестр

Курсовая работа - 7 семестр

Форма получения высшего образования - заочная

Курс – 3,4

Семестр – 6,7,8

Лекции – 10 (часов)

Лабораторные занятия – 8 (часов)

Всего аудиторных - 18 (часов)

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен – 7 семестр

Зачет – 8 семестр

Курсовая работа - 8 семестр

Форма получения высшего образования заочная сокращенная

Курс – 2

Семестр – 4, 5, 6

Лекции – 12 (часов)

Лабораторные занятия – 14 (часов)

Всего аудиторных – 26 (часов)

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен – 6 семестр

Зачет – 5 семестр

Курсовая работа - 6 семестр

### СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Роль моделирования в научном исследовании сложных технологических процессов, объектов и систем. Типы моделей, их основные свойства и функции

Тема 1.1. Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей.

Тема 1.2. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели.

Тема 1.3. Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия.

Раздел 2. Общие принципы и основные этапы математического моделирования. Выбор математической модели

Тема 2.1. Алгоритмизация математических моделей.

Тема 2.2. Стационарные модели. Статические модели.

Тема 2.3. Нестационарные модели. Динамические модели.

Раздел 3. Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов

Тема 3.1. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента.

Тема 3.2. Модели, предположения и этапы регрессионного анализа.

Тема 3.3. Классификация методов и задач оптимизации. Параметрическая оптимизация.

Тема 3.4. Методы оптимизации. Метод покоординатного спуска. Метод вращающихся координат. Метод градиента и крутого восхождения. Метод Ньютона. Метод регулярного симплекса.

Раздел 4. Основы применения численных методов

Тема 4.1. Нелинейные математические модели.

Тема 4.2. Метод конечных элементов. Генерация конечно-элементной сетки.

Тема 4.3. Метод конечных разностей.

Тема 4.4. Реализация математических моделей на ЭВМ. Вычислительный эксперимент.

Раздел 5. Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии

Тема 5.1. Теоретические и практические аспекты использования теории вероятностей для моделирования, анализа и оптимизации металлургических процессов.

Тема 5.2. Оптимизация конструкции деталей и узлов с использованием прикладных программ.

Тема 5.3. Моделирование процессов динамики жидкости и газа.

Тема 5.4. Методы искусственного интеллекта. Метод нейронных сетей

Практическое применение.

Раздел 6. Методы и системы автоматизированного проектирования для металлургического производства. Возможности применения CAELinux: (дистрибутив Linux для инженеров) для расчета, анализа и оптимизации технологических процессов.

Тема 6.1. Математическая модель процессов литья, их оценка, математический аппарат моделирования. Расчет и анализ усадочных дефектов и напряжений.

Тема 6.2. Моделирование процессов литья в многоразовые формы. Моделирование процессов непрерывного литья.

Тема 6.3. Моделирование процессов обработки металлов давлением. Нагрев заготовок. Прокатка. Штамповка. Волочение.

Тема 6.4. Обмен информацией между пакетами моделирования. Конвертеры файлов. Нейтральные форматы. Групповое взаимодействие при проектировании.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Дневная 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.	Роль моделирования в научном исследовании сложных технологических процессов, объектов и систем. Типы моделей, их основные свойства и функции							
1.1	Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей.	2			2			устный опрос, экзамен
1.2	Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели.	2			2			устный опрос, экзамен
1.3	Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия.	4			2			устный опрос, экзамен
2	Общие принципы и основные этапы математического моделирования. Выбор математической модели							
2.1	Алгоритмизация математических моделей.	2			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
2.2	Стационарные модели. Статические модели.	2			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
2.3	Нестационарные модели. Динамические модели.	4			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов							
3.1	Основные понятия и определения теории планирования эксперимента.	2			4			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
3.2	Модели, предположения и этапы регрессионного анализа.	2			4			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
3.3	Классификация методов и задач оптимизации. Параметрическая оптимизация.	2			4			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
3.4.	Методы оптимизации. Метод покоординатного спуска. Метод вращающихся координат. Метод градиента и крутого восхождения. Метод Ньютона. Метод регулярного симплекса.	4			4			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.	Основы применения численных методов							
4.1	Нелинейные математические модели.	2			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.2	Метод конечных элементов. Генерация конечно-элементной сетки.	2			4			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.3	Метод конечных разностей.	4			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.4	Реализация математических моделей на ЭВМ. Вычислительный эксперимент.	2			2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.1	Теоретические и практические аспекты использования теории вероятностей для моделирования, анализа и оптимизации металлургических процессов.	4			–			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.2	Оптимизация конструкции деталей и узлов с использованием прикладных программ.	4			2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.3	Моделирование процессов динамики жидкости и газа.	4			4			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.4	Методы искусственного интеллекта. Метод нейронных сетей Практическое применение.	4			2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.	Методы и системы автоматизированного проектирования для металлургического производства. Возможности применения CAELinux: (дистрибутив Linux для инженеров) для расчета, анализа и оптимизации технологических процессов.							
6.1	Математическая модель процессов литья, их оценка, математический аппарат моделирования. Расчет и анализ усадочных дефектов и напряжений.	4			4			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.2	Моделирование процессов литья в многообразные формы. Моделирование процессов непрерывного литья.	4			6			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.3	Моделирование процессов обработки металлов давлением. Нагрев заготовок. Прокатка. Штамповка. Волочение.	4			8			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.4	Обмен информацией между пакетами моделирования. Конвертеры файлов. Нейтральные форматы. Групповое взаимодействие при проектировании.	2			2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
	Всего (часов):	66			66			

**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.	Роль моделирования в научном исследовании сложных технологических процессов, объектов и систем. Типы моделей, их основные свойства и функции							
1.1	Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей.	1			2			устный опрос, экзамен
1.2	Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели.	1			2			устный опрос, экзамен
1.3	Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия.	2						устный опрос, экзамен
2	Общие принципы и основные этапы математического моделирования. Выбор математической модели							
2.1	Алгоритмизация математических моделей.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
2.2	Стационарные модели. Статические модели.	1						устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
2.3	Нестационарные модели. Динамические модели.				2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов							
3.1	Основные понятия и определения теории планирования эксперимента.	1						устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
3.2	Модели, предположения и этапы регрессионного анализа.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
3.3	Классификация методов и задач оптимизации. Параметрическая оптимизация.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
3.4	Методы оптимизации. Метод покоординатного спуска. Метод вращающихся координат. Метод градиента и крутого восхождения. Метод Ньютона. Метод регулярного симплекса.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.	Основы применения численных методов							
4.1	Нелинейные математические модели.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.2	Метод конечных элементов. Генерация конечно-элементной сетки.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.3	Метод конечных разностей.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.4	Реализация математических моделей на ЭВМ. Вычислительный эксперимент.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.1	Теоретические и практические аспекты использования теории вероятностей для моделирования, анализа и оптимизации металлургических процессов.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.2	Оптимизация конструкции деталей и узлов с использованием прикладных программ.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.3	Моделирование процессов динамики жидкости и газа.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
5.4	Методы искусственного интеллекта. Метод нейронных сетей Практическое применение.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.	Методы и системы автоматизированного проектирования для металлургического производства. Возможности применения CAELinux: (дистрибутив Linux для инженеров) для расчета, анализа и оптимизации технологических процессов.							
6.1	Математическая модель процессов литья, их оценка, математический аппарат моделирования. Расчет и анализ усадочных дефектов и напряжений.	1						устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.2	Моделирование процессов литья в многофазные формы. Моделирование процессов непрерывного литья.	1						устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.3	Моделирование процессов обработки металлов давлением. Нагрев заготовок. Прокатка. Штамповка. Волочение.	1			2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
6.4	Обмен информацией между пакетами моделирования. Конвертеры файлов. Нейтральные форматы. Групповое взаимодействие при проектировании.	1			2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
	Всего (часов):	10			8			

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Заочная сокращенная 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.	Роль моделирования в научном исследовании сложных технологических процессов, объектов и систем. Типы моделей, их основные свойства и функции							
1.1	Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей.	1			2			устный опрос, зачет, экзамен
1.2	Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели.	1			2			устный опрос, зачет, экзамен
1.3	Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия.	2						устный опрос, зачет, экзамен
2	Общие принципы и основные этапы математического моделирования. Выбор математической модели							
2.1	Алгоритмизация математических моделей.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
2.2	Стационарные модели. Статические модели.	1						устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
2.3	Нестационарные модели. Динамические модели.				2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Построение математических моделей методами математического планирования. Поиск оптимальных параметров технологических процессов							
3.1	Основные понятия и определения теории планирования эксперимента.	1						устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
3.2	Модели, предположения и этапы регрессионного анализа.				2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
3.3	Классификация методов и задач оптимизации. Параметрическая оптимизация.				2			устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
3.4.	Методы оптимизации. Метод покоординатного спуска. Метод вращающихся координат. Метод градиента и крутого восхождения. Метод Ньютона. Метод регулярного симплекса.							устный опрос, зачет, выполнение курсовой работы
4.	Основы применения численных методов							
4.1	Нелинейные математические модели.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.2	Метод конечных элементов. Генерация конечно-элементной сетки.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.3	Метод конечных разностей.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
4.4	Реализация математических моделей на ЭВМ. Вычислительный эксперимент.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
5.	Особенности математического моделирования технологических процессов в металлургии							



1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.1	Теоретические и практические аспекты использования теории вероятностей для моделирования, анализа и оптимизации металлургических процессов.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
5.2	Оптимизация конструкции деталей и узлов с использованием прикладных программ.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
5.3	Моделирование процессов динамики жидкости и газа.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
5.4	Методы искусственного интеллекта. Метод нейронных сетей Практическое применение.							устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
6.	Методы и системы автоматизированного проектирования для металлургического производства. Возможности применения CAELinux: (дистрибутив Linux для инженеров) для расчета, анализа и оптимизации технологических процессов.	2						
6.1	Математическая модель процессов литья, их оценка, математический аппарат моделирования. Расчет и анализ усадочных дефектов и напряжений.	1						устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
6.2	Моделирование процессов литья в многообразные формы. Моделирование процессов непрерывного литья.	1						устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
6.3	Моделирование процессов обработки металлов давлением. Нагрев заготовок. Прокатка. Штамповка. Волочение.	1			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
6.4	Обмен информацией между пакетами моделирования. Конвертеры файлов. Нейтральные форматы. Групповое взаимодействие при проектировании.	1			2			устный опрос, экзамен, выполнение курсовой работы
	Всего (часов):	12			14			

## Курсовая работа

Главной целью и содержанием курсовой работы является приобретение навыков практического использования прикладного программного обеспечения для моделирования технологических процессов в металлургии.

Примерный объем курсовой работы: графическая часть – 3 листа формата А1; пояснительная записка объемом 38-43 стр. текста формата А4, с иллюстрациями и др. дополнительными материалами в виде приложений

Задание на курсовую работу выдается индивидуально каждому студенту.

Перечень тем курсовых работ:

1. Построение плана и регрессионный анализ для технической системы при 6 независимых факторах.
2. Моделирование прокатки.
3. Моделирование процессов объемной штамповки металлов находящихся ниже температуры рекристаллизации.
4. Моделирование процессов объемной штамповки металлов находящихся выше температуры рекристаллизации
5. Моделирование процессов листовой штамповки.
6. Моделирование холодной кольцевой прокатки.
7. Моделирование горячей кольцевой прокатки.
8. Моделирование свободной ковки.
9. Моделирование процесса непрерывной разливки стали.
10. Моделирование процесса непрерывной разливки чугуна.
11. Моделирование процесса непрерывной разливки цветных сплавов.
12. Моделирование кристаллизации отливок, получаемых литьем под давлением.
13. Моделирование кристаллизации отливок, получаемых литьем в оболочковые формы.
14. Моделирование кристаллизации отливок, получаемых литьем в керамические формы.
15. Моделирование кристаллизации отливок, получаемых литьем в песчано-глинистые формы.
16. Моделирование заливки и кристаллизации слитка в изложнице.
17. Моделирование процессов центробежного литья.
18. Компьютерное исследование зависимости жидкотекучести сплавов от температуры (с использованием стандартной пробы в качестве геометрической модели).
19. Моделирование термоупругости для элементов конструкции печей.
20. Оптимизация геометрических характеристик детали, с учетом параметров нагружения в процессе эксплуатации.
21. Топологическая оптимизация конструкции деталей.
22. Параметрическая оптимизация конструкций деталей металлургического оборудования.
23. Моделирование нагрева заготовок в печах.

24. Моделирование теплообмена в элементах теплоизоляции металлургических печей.
25. Моделирование аэродинамики движения газов в аппаратах очистки.
26. Моделирование аэродинамики теплообменных аппаратов.
27. Построение нейросетевых регрессионных моделей по данным работы промышленных установок.

*Исходные данные:* чертеж детали, тип технологии, вид сплава (модель материала) и др.;

В задании указывается содержание и объем, сроки выполнения отдельных этапов и работы в целом.

По согласованию с преподавателем и заведующим кафедрой содержание курсовой работы может быть изменено. Предпочтительно формирование концепции содержания работы самостоятельно студентами, в соответствии с индивидуальными приоритетами по направлениям профессиональной подготовки и научно-исследовательской работы.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Арутюнов В. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов / под науч. ред. В. А. Арутюнова. - Москва: Металлургия, 1990. - 238с.
2. Буснюк, Н. Н. Математическое моделирование: учебное пособие / Н. Н. Буснюк, А. А. Черняк. - Минск: Беларусь, 2014. - 213с.
3. Ермаков С.М. Курс статистического моделирования: Учеб. пособие для вузов. - М.: Наука, 1976. - 320с.
4. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учебник для вузов – М.: МГТУ им. Баумана, 2003. – 496 с.
5. Леушин, И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник для вузов / И. О. Леушин. - Москва: ФОРУМ, 2013. - 206 с.
6. Математическое моделирование и проектирование промышленных печей: учебное пособие / Ивановский энергетич. ин-т им. В. И. Ленина. - Иваново: Ивановский гос. ун-т, 1984. - 89с.
7. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение, 1980. – 304с.
8. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. – Минск: ДизайнПРО, 1997. – 640 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. Боровиков, С. М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности / С. М. Боровиков. - Минск: ДизайнПРО, 1998. - 335 с
11. 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.
12. Климович Ф.Ф., Присевок А.Ф. Математическое моделирование технологических задач в машиностроении: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Минск: БГПА, 2000. – 88 с.

13. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент : Введение в информатику с позиций математического моделирования. - М. : Наука, 1988. - 172с.
14. Красовский Г.Н., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Мн.: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.
15. Кундас С. П. Компьютерное моделирование процессов термической обработки сталей : монография. - Минск : Бестпринт, 2005. - 313 с.
16. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье-Стокса / АН СССР, Ин-т проблем механики; В. И. Полежаев и др.; отв. ред. В. С. Авдучевский. - Москва : Наука, 1987. - 271с.
17. Михайлов , М. И. Математическое моделирование и САПР процессов резания, станков и инструментов : учебное пособие для вузов / М. И. Михайлов. - Гомель: ГГТУ, 2004. - 273 с.
18. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов /В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др.; Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. - М.: Высш. шк., 1989.-400с.
19. Практикум по автоматике: Математическое моделирование систем автоматического регулирования: учеб.пособие / Под ред.Б.А.Карташова. - Москва: КолосС, 2006. - 183с.
20. Системы автоматизированного проектирования: В 9-ти кн.Кн.4. Математические модели технических объектов: Учебное пособие для вузов / В.А.Трудоношин, Н. В. Пивоварова, Под ред. И.П.Норенкова. - М : Высшая шк. 1986. - 160 с.
21. Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов. - Изд. 5-е, стер.. - Москва : Высш. шк., 2007. - 343 с.
22. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
23. Ящерицын П.И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении: Справ. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1985. - 286 с.
24. М/УК 91эл. 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. - Систем. требования: 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше. - Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. - Загл. с титул. экрана.

25. М/УК 3408. Методические указания "Математическое моделирование технологических процессов" к курсовому проекту для студентов специализации 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / А. В. Ткаченко, В. А. Жаранов; Каф."Машины и технология литейного производства". – Гомель: ГГТУ, 2007. - 51с.

### Электронные учебно-методические комплексы

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 УДК 621.745.5:519.711.3(075.8) ББК 34

*список литературы сверен (Жаранов В.А.)*

### Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- Устный опрос.
- Тестирование.
- Отчеты по лабораторной работе с их устной защитой.
- Устный зачет с предварительной подготовкой студентами содержания ответа.
- Письменный экзамен.

### Перечень лабораторных работ:

- Анализ усадочных дефектов на примере компьютерной модели.
- Изучение методики построения линий тренда с использованием табличного процессора
- Изучение поверхности отклика для эмпирических моделей, описывающих функционирование плавильных печей.
- Изучение применения критериев подобия для расчета процесса нагрева заготовок
- Изучение алгоритмов расчета состава шихты для плавки.
- Моделирование стационарного теплообмена в многослойной футеровке печей.
- Моделирование нестационарного теплообмена в многослойной футеровке печей.
- Построение плана эксперимента первого порядка.
- Изучение этапов регрессионного анализа
- Изучение алгоритмов одномерной оптимизации
- Изучение оптимизации с использованием метода градиента
- Изучение оптимизации с использованием метода Ньютона

Задание свойств материалов с нелинейными характеристиками в пакетах для численного моделирования

Применение метода конечных разностей для анализа литейных процессов.

Решение задач линейного программирования в среде Excel.

Изучение влияния среднего размера конечного элемента на длительность расчета.

Расчет коэффициентов корреляции

Оценка уровня нагруженности деталей редуктора в процессе эксплуатации.

Моделирование движения газов в аппарате циклонного типа.

Построение нейросетевой регрессионной модели зависимости качества продукции от факторов технологии на примере отливок.

Сравнение результатов моделирования отливок типа «корпус редуктора».

Получение отливки в виде стандартной спиральной пробы на жидкотекучесть.

Моделирование получения отливки типа «цилиндр».

Моделирование процесса затвердевания непрерывнолитого слитка

Анализ усадочных дефектов на примере компьютерной модели.

#### Примерная тематика тестовых заданий

Понятие математической модели. Сравнение натурального и математического моделирования. Структура математической модели. Свойства математических моделей.

Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели. Требования, предъявляемые к математическим моделям.

Представление математической модели в безразмерном виде. Основы теории подобия, использование теории подобия при моделировании металлургических процессов.

Алгоритмизация математических моделей. Дискретность (прерывность, раздельность) алгоритмов. Определенность алгоритмов. Результативность (конечность) алгоритмов. Массовость алгоритмов. Способы преобразования математических моделей к алгоритмическому виду.

Стационарные модели. Статические математические модели. Постоянство внешних воздействий. Описание установившихся процессов в технических устройствах. Анализ и оценка параметров технического объекта с использованием статических математических моделей.

Нестационарные модели. Динамические модели. Приближенные методы анализа динамических моделей.

Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Назначение, особенности и классификация планов первого порядка. Критерии оптимальности и свойства экспериментальных планов. Классический план первого порядка.

Оценивание коэффициентов линейной регрессионной модели. Оценивание дисперсии случайной ошибки. Проверка однородности дисперсий случайной ошибки. Проверка значимости оценок коэффициентов

регрессионной модели. Проверка адекватности и анализ работоспособности регрессионной модели.

Классификация методов и задач оптимизации. Метод дихотомии. Метод Фибоначчи. Метод золотого сечения. Метод одномерной оптимизации с постоянным шагом. Принципы параметрической оптимизации.

Сущность метода покоординатного спуска. Сущность метода вращающихся координат. Метод градиента и крутого восхождения. Корреляционный анализ.

Метод Ньютона. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника. Функции желательности. Условная оптимизация с ограничениями типа равенств.

Причины возникновения нелинейности. Модель материалов с нелинейными свойствами. Особенности решения задач для анизотропных материалов. Физически нелинейные задачи. Методы построения разрешающей системы уравнений. Геометрически нелинейные задачи.

Общие положения метода. Выделение конечных элементов. Аппроксимация векторных величин. Объединение конечных элементов в ансамбль. Скалярные величины. Векторные величины. Задача стационарной теплопроводности. Одномерный случай переноса тепла. Двумерный перенос тепла. Трёхмерный перенос тепла. Задача нестационарной теплопроводности.

Сущность метода, достоинства и недостатки. Построение сетки. Разностная схема краевой задачи. Конечно – разностная аппроксимация производных. Интерполяция граничных условий. Построение системы разностных уравнений. Особенности решения нелинейных задач. Практическая реализация конечно-разностного моделирования для решения задач в области металлургических процессов.

Программные комплексы на основе метода конечных разностей. Программные комплексы на основе метода конечных элементов. Особенности программной реализации матричных алгоритмов. Численные методы решения систем линейных уравнений.

Организация вычислительного эксперимента. Способы получения информации. Виды информации. Виды сигналов и их применение в информационных системах. Преобразование непрерывных сигналов в дискретные путём дискретизации во времени. Энтропия и информация. Энтропия как мера неопределенности выбора. Кодирование информации как метод повышения эффективности и обеспечения точности передачи. Современные системы математических вычислений, использующие производительность графических ускорителей.

Основные понятия и определения теории вероятностей. Функция и плотность распределения вероятностей случайной величины. Математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение непрерывной случайной величины. Нормальное распределение случайной величины. Система двух случайных величин. Функция и плотность распределения системы двух случайных величин. Ковариация и коэффициент корреляции. Нормальное распределение двумерной случайной величины.



Задачи оптимизации конструкции в контексте качества проектирования и надежности эксплуатации машин и механизмов металлургического производства. Принципы и методы расчета оптимальной конструкции детали. Усталостные напряжения и их анализ. Сфера применения, ограничения метода.

Уравнения для расчета динамики жидкости и газа и методы их решения. Основы гидродинамики при литье металлов.

Достоинства методов искусственного интеллекта. Перспективы применения для прогнозирования и управления производственными процессами. Метод нейронных сетей. Практическая реализация.

Начальные и граничные условия. Нелинейный характер процессов теплового и гидродинамического взаимодействия. Модель материалов. Адекватность моделирования и ее оценка. Моделирование экзотермических материалов и теплоизоляторов.

Особенности взаимодействия между металлом и металлической формой. Проектирование и изготовление пресс-форм для литья под давлением. Гидродинамика заполнения металлом формы. Тепловые параметры взаимодействия. Граничные условия.

Аналитические модели. Общие принципы и подходы к моделированию процессов непрерывного литья. Симметрия и асимметрия процессов теплообмена. Формирование кристаллической структуры. Прогнозирование дефектов. Неметаллические включения. Оптимизация процессов непрерывного литья.

Принципы расчета и моделирования дефектов. Методы предупреждения возникновения критически значимых дефектов в заготовках.

Характеристика инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

С целью активизации познавательной деятельности студентов следует широко использовать проблемные и креативные методы, способствующие более качественному и полному пониманию и усвоению учебного материала. Теоретические лекционные занятия необходимо чередовать с лабораторными работами.

При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины должно быть ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, развитие навыков анализа и самостоятельности в принятии инженерных решений в будущей инженерной деятельности, умение работать с научной и технической литературой.

При изучении дисциплины также рекомендуется использовать такую форму управляемой самостоятельной работы, как решение индивидуальных задач в аудитории на лабораторных занятиях под контролем преподавателя, написание рефератов по отдельным темам, выходящим за рамки лекционного курса.

Рекомендуется не все вопросы программы выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения рекомендуется включать в перечень вопросов к экзамену.

Для организации управляемой самостоятельной работы студентов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала и электронной библиотеки университета.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных заданий в аудитории во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя;
- подготовка по индивидуальным заданиям;
- подготовка докладов и сообщений по индивидуальным темам.

Диагностика компетенций студента

Оценка уровня знаний студента в процессе обучения производится по десятибалльной шкале.


Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов на лекционных занятиях;
- защита отчетов по выполненным лабораторным работам;
- сдача экзамена по дисциплине;
- выступление студентов на научно-технических конференциях по подготовленным материалам.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

Использование модульно-рейтинговой системы предполагает рубежный контроль знаний в виде тестирования после прохождения соответствующих разделов.

## 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)
МатО, Мат.механика	Материаловедение в машиностроении	Изменений нет	 прот. №7 от 26.05.2015