

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 22.09.2023 16:12:46  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac7e6c921435672742735e1884d8

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**



Декан факультета машиностроения  
/ Е.В. Сафонов /

*Е.В. Сафонов* 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Моделирование и оптимизация металлургических  
процессов**

Направление подготовки  
**22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ**

Профиль подготовки  
**«Инновации в металлургии»**

Квалификация (степень) выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**заочная**

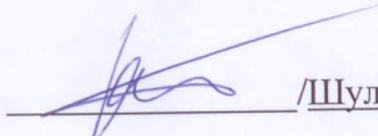
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **22.04.02 «Металлургия»**, профиль подготовки «Инновации в металлургии»

Программа дисциплины «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»

согласована и утверждена на заседании кафедры «Металлургия»

« 31 » августа 2022 г., протокол № 11-08

Заведующий кафедрой

 /Шульгин А.В. /

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки **22.04.02 «Металлургия»**

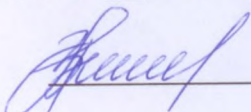
 / Волгина Н.И. /

« 31 » 08 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

« 16 » 08 2022 г., протокол № 14-22

Председатель комиссии

 /А.Н. Васильев/

Присвоен регистрационный номер:	22.04.02.03/12.2022
---------------------------------	---------------------



## **1. Цели освоения дисциплины**

Цели преподавания дисциплины «Моделирование и оптимизация металлургических процессов»

- ознакомление студентов с основными способами моделирования и оптимизации металлургических процессов;
- формирование знаний по основам моделирования процессов и объектов, их оптимизации и совершенствования с использованием методологических основ проведения вычислительного эксперимента; построение математических моделей объекта исследования и определение оптимальных условий функции отклика;
- освоение методик компьютерного моделирования и умение их практического применения к реальным металлургическим процессам;
- подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению.

Задачи дисциплины:

- расширение научного кругозора в области металлургических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» относится к части учебных дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений основной образовательной программы магистратуры.

Дисциплина «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» взаимосвязана со следующими дисциплинами ООП:

- Менеджмент качества;
- Управление инновациями.
- Современное состояние металлургии в России и за рубежом;
- Защита интеллектуальной собственности и патентование;
- Методология экспертной оценки действующих производств.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способностью решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	<p><b>Знать</b> содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.</p> <p><b>Уметь</b> решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеть</b> решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний</p>
ОПК-5	Способностью оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях	<p><b>Знать</b> предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных</p> <p><b>Уметь</b> оценивать результаты наудотехнических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизировать и обобщать достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.</p> <p>- <b>Владеть</b> способами поиска и сбора данных об объекте исследования из библиотечных каталогов, Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельные стороны и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия</p>
ПК-2	Технологические процессы и устройства для переработки минерального природного и техногенного сырья, производства и	<p><b>Знать</b> теорию металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства.</p> <p>- <b>Уметь</b> решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания.</p> <p>- <b>Владеть</b> применением основ теории</p>

	обработки черных и цветных металлов и сплавов, а также изделий из них.	металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства.
--	--	--

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часов (из них **98** часов – самостоятельная работа студентов).

На втором курсе в **3** семестре выделяются **10** часов на аудиторную работу студентов: семинары и практические занятия – **10** часов; самостоятельная работа – **98** часов. Выполнение лабораторных работ по данной дисциплине Учебным планом не предусмотрено. Форма контроля - экзамен.

#### **Содержание разделов дисциплины**

##### **Общая методология моделирования**

Моделирование как сущность исследования сложных объектов. Понятие «модель». Физическое и математическое моделирование. Цели моделирования. Системный подход или системный анализ при моделировании. Математическая модель как основа алгоритмизации компьютерного моделирования.

##### **Математическое моделирование**

Основные этапы математического моделирования: постановка задачи, построение модели и проверка ее адекватности, исследование модели (вычислительный эксперимент), анализ результатов моделирования и выработка практических рекомендаций.

*Построение функциональных (эмпирических) математических моделей.*

*Регрессионный анализ и метод наименьших квадратов.*

##### **Имитационные модели исследования сложных систем**

Общие понятия об имитационных моделях. Построение и эксплуатация имитационных моделей. Методы получения наблюдений. Аппаратно-программные средства имитационного моделирования сложных систем. Подходы к оцениванию качества моделей сложных систем.

Системный подход или системный анализ при моделировании. Математическая модель как основа алгоритмизации компьютерного моделирования. Физическое подобие процессов деформации. Понятие и определение подобия модели и объекта.

Основы математического моделирования и методы оптимизации. Использование математических моделей и ЭВМ в металлургическом производстве.

*Построение функциональных (эмпирических) математических моделей. Регрессионный анализ и метод наименьших квадратов*

## **Оптимизация технических объектов**

Постановка задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Обзор методов математического программирования. Линейное, нелинейное и целочисленное программирование.

Оптимизация объекта моделирования методами математического программирования.

## **Планирование эксперимента**

Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Полные факторные планы испытаний. Дробные факторные планы испытаний.

*Составление полиномиальной математической модели. Расчет коэффициентов модели.*

*Проверка математической модели на соответствие (адекватность) исследуемому процессу.*

## **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий: практические занятия, семинары (проблемные, проектные, дискуссионные, тренинговые), внеаудиторная самостоятельная работа. Использование средств электронного обучения, работа в Интернете, методы активного обучения. Необходимо использовать активные и интерактивные формы обучения (разбор конкретных ситуаций, обсуждение отдельных разделов дисциплины). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В курсе лекций преподается постоянно обновляемый материал, заимствованный из различных источников – научных статей, монографий, и т.д., что позволяет сочетать теоретический материал с актуальными практическими примерами, пробуждая у студентов интерес к усвоению знаний.

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические занятия. Они направлены на более глубокое усвоение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

В течение семестра осуществляется текущий контроль освоения дисциплины в форме устного опроса по тематике предшествующих занятий.

Оценочные средства составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка средств. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций, а также следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;
- рефераты, доклады на СНТК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

*Образцы экзаменационного билета, заданий на контрольную работу, контрольные вопросы для проведения текущего контроля успеваемости, приведены в Приложении 2.*

## **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

В результате освоения дисциплины (модуля) формируется следующая компетенция:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
<b>ОПК-1</b>	Способностью решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии
<b>ОПК-5</b>	Способностью оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях



<b>ПК-2</b>	Технологические процессы и устройства для переработки минерального природного и техногенного сырья, производства и обработки черных и цветных металлов и сплавов, а также изделий из них.
-------------	---

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### **6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенции, формируемой по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания**

Показателем оценивания компетенции на различных этапах ее формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>ОПК-1</b> Способностью решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Знать</b> содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.	Обучающийся не знает содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.	Обучающийся слабо знает содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.	Обучающийся знает содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки, но допускает неточности.	Обучающийся хорошо знает содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.
<b>Уметь</b> решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.	Обучающийся не умеет решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.	Обучающийся плохо умеет решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.	Обучающийся умеет решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности, но допускает ошибки.	Обучающийся умеет решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.

<b>Владеть</b> решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний	Обучающийся не владеет решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний	Обучающийся слабо владеет решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний	Обучающийся владеет решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний, но допускает ошибки.	Обучающийся хорошо владеет решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний.
---	---	--	--	--

**ОПК-5:** Способностью оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<b>Знать</b> предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных	Обучающийся не знает предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных	Обучающийся слабо знает предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных	Обучающийся знает предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных, но допускает незначительные ошибки	Обучающийся знает предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных
<b>Уметь</b> оценивать результаты научнотехнических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.	Обучающийся Уметь оценивать результаты научнотехнических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.	Обучающийся Уметь оценивать результаты научнотехнических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.	Обучающийся Уметь оценивать результаты научнотехнических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.	Обучающийся Уметь оценивать результаты научнотехнических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.
<b>Владеть</b> способами поиска и сбора данных об объекте исследования из библиотечных	Обучающийся <b>Владеть</b> способами поиска и сбора данных об объекте исследования из	Обучающийся <b>Владеть</b> способами п поиска и сбора данных об объекте исследования из библиотечных каталогов,	Обучающийся <b>Владеть</b> способами поиска и сбора данных об объекте исследования из	Обучающийся <b>Владеть</b> способами поиска и сбора данных об объекте

каталогов, Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельные стороны и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия	библиотечных каталогов, Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельные стороны и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия	Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельные стороны и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия	библиотечных каталогов, Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельные стороны и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия	исследования из библиотечных каталогов, Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельные стороны и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия
--	---	---	---	---

**ПК-2 Технологические процессы и устройства для переработки минерального природного техногенного сырья, производства и обработки черных и цветных металлов и сплавов, а также изделий из них.**

Знать теорию металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства. Методики расчетов материальных и тепловых балансов оборудования, расчетов металлургического оборудования	не знает теорию металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства и методики расчетов материальных и тепловых балансов оборудования, расчетов металлургического оборудования	Слабо знает теорию металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства и методики расчетов материальных и тепловых балансов оборудования, расчетов металлургического оборудования	Знать теорию металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства и методики расчетов материальных и тепловых балансов оборудования, расчетов металлургического оборудования, допускает небольшие неточности	Знать теорию металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства. Методики расчетов материальных и тепловых балансов оборудования, расчетов металлургического оборудования
- Уметь решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания. Рассчитывает параметры режимов работы металлургического оборудования	Не умеет решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания и рассчитывать параметры режимов работы металлургического оборудования	Плохо умеет решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания и рассчитывать параметры режимов работы металлургического оборудования	Умеет решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания и рассчитывать параметры режимов работы металлургического оборудования, но имеются ошибки.	Умеет решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания и рассчитывать параметры режимов работы металлургического оборудования

- Владеть применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства	Не владеет применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства	Слабо владеет применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства	Владеет применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства, но допускаются небольшие ошибки	Владеет применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства
--	---	--	---	--

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание.

### Курсовая работа

Целью курсовой работы является закрепление и углубление знаний по методам моделирования процессов и объектов в металлургии цветных металлов и оптимизации принимаемых решений, приобретение навыков практического использования наиболее распространенных методов решения оптимизационных задач в области металловедения и термической обработки металлов и литейного производства.

В задачи курсовой работы по дисциплине входит:

1) формирование социальных компетенций (способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные информационные технологии, ответственность);

2) развитие у студентов навыков научно-исследовательской работы в области исследования процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и их сплавов, постановки и проведения вычислительного эксперимента с помощью современных компьютерных технологий, принятия экономически и технически обоснованных решений;

3) анализ научно-технической литературы в вопросах моделирования, численных методов и программирования, а также стандартов, справочников, технической документации к программному обеспечению ЭВМ и т. д.

Тема курсовой работы определяется руководителем курсовой работы, согласовывается с профилирующей кафедрой и, как правило, связана с решением конкретных металлургических задач по специальности. Совместно с руководителем составляется план курсовой работы и календарный график ее выполнения. Курсовой проект должен быть выполнен, сдан и защищен перед руководителем до начала сессии.

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно» или «Неудовлетворительно».

*К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Моделирование и оптимизация металлургических процессов», а также согласно результатам текущего контроля успеваемости, в течение семестра, выполненного преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки.*

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Отлично	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенных в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</i>
Хорошо	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.</i>
Удовлетворительно	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.</i>
Неудовлетворительно	<i>Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</i>

Фонды оценочных средств, представлены в Приложении 1 к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Агеев Н.Г. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.Г. Агеев. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2016. – 108 с. – Режим доступа: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/40658> – Загл. с экрана.

### б) дополнительная литература:

2. Морозов Ю.А., Верхов Е.Ю., Шульгин А.В. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебное пособие. М.: МГОУ, 2010. 121 с.

3. Горенский Б.М. Моделирование процессов и объектов в металлургии: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины [Электронный ресурс] / Б.М. Горенский [и др.]. – Электрон. дан. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. – Режим доступа : <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/214> – Загл. с экрана.

4. Алиферов А.И. Математическое моделирование и проведение натурального эксперимента: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины [Электронный ресурс] / А.И. Алиферов [и др.]. – Электрон. дан. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – Режим доступа: <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/162> – Загл. с экрана.

5. Компьютерное моделирование: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – Режим доступа : <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/4> – Загл. с экрана.

### в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <http://lib.mami.ru> в разделе «Электронные ресурсы».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

– Физическое моделирование процессов перемешивания металла в конвертере с комбинированной продувкой

<http://uas.su/articles/steelmaking/00003/00003.php>

– Инженерные программы: ТЕСИС

<http://www.thesis.com.ru/software/deform/DEFORM>

– Основы новых компьютерных технологий в металлургии

<http://www.qform3d.ru/QuantorForm>



– Статьи LS-DYNA по конечно-элементному анализу процессов обработки давлением

<http://dynaomd.ru/statya.htm>

– Metallургические процессы

<http://starkproject.com/metal/nonferrous-metallurgy/1893-metallurgical-processes.html>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Аудитории кафедры «Металлургия» по адресу г. Москва, ул. Автозаводская, д.16 - АВ-1206, оснащена проектором, переносным экраном и ноутбуком с программным обеспечением, что позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованием процессов моделирования и оптимизации технологических объектов, прививая обучающимся навыки к самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

Применяемое программное обеспечение: операционная система, Windows 7-Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215; Microsoft office 2013 prof (для обучения) Госконтракт № 18-09/14 от 22.09.2014 Акт № Tr09950Госконтракт № 18-09/14 от 22.09.2014 Акт № Tr09950; Система T-FLEX CAD 3D Договор №106-B-TCH-8-214 от 28.09.2014 11-34-08/14

## **9. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Студентам рекомендуется конспектировать излагаемый материал и систематически изучать его в течении учебного семестра. Процесс чтения лекций рекомендуется сопровождать демонстрацией диапозитивов, учебных кинофильмов, натуральных образцов, фотографий, плакатов, проспектов и т.п.

Все практические занятия и домашние связаны единой тематикой. Каждое последующее задание базируется на результатах предыдущего. Тематика домашних заданий связана с углубленным изучением материала, рассматриваемого на практических занятиях и органично с ним связана.

Таким образом образуется единый комплекс типового инженерного проекта аналогичного реальным производственным заданиям по расчетам моделирования и оптимизации металлургических процессов. Вместе с тем, образуется единая система контроля и стимулирования студента в приобретении им соответствующих компетенций, т.е. его способности применять знания, умения и личные качества в соответствии с задачами профессиональной деятельности.

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – практические занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части практической работы обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. В основной части практической работы следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу, ее содержанию.

В заключительной части практической работы необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в работе. Объявить план очередного семинарского занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

Экзамен по дисциплине проводится в форме письменного опроса с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в экзаменационных билетах. В билет вносится один теоретический и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ** (уровень магистратуры) и учебным планом по направлению и профилю подготовки.

Заведующий кафедрой, доцент, к.т. н. \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 22.04.02  
МЕТАЛЛУРГИЯ ОП (профиль): «Инновации в  
металлургии»

Форма обучения: заочная

Вид профессиональной деятельности: (согласно ФГОС ВО)

Кафедра: Металлургия

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **Моделирование и оптимизация металлургических процессов**

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:  
- примерные задания к курсовой работе  
- вариант экзаменационного билета  
- перечень вопросов на экзамен.

**Составители:**

Доцент, к.т.н. Белелюбский Б.Ф.

Москва, 2022 год

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

<b>Моделирование и оптимизация металлургических процессов</b>					
<b>ФГОС ВО 22.04.02 Металлургия</b>					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
<b>Профессиональные компетенции</b>					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>					
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА	Перечень компонентов	Технология формирования компетенции	Форма оценочного средства	Степени уровней освоения компетенций
ОПК-1	Способность решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	<b>Знать</b> содержание естественнонаучных и математических дисциплин, составляющих теоретическую основу модулей профильной подготовки.	практические занятия, самостоятельная работа		<b>Базовый уровень:</b> владеет решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с применением фундаментальных знаний  <b>Повышенный уровень:</b> умеет решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.
		<b>Уметь</b> решать профессиональные задачи в области металлургии и металлообработки, используя фундаментальные знания, применять фундаментальные знания для решения задач в междисциплинарных областях профессиональной деятельности.			
		<b>Владеть</b> решением исследовательских и производственных задач, относящихся к области металлургии и металлообработки с			

		применением фундаментальных знаний			
ОПК-5	Способность оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях	<b>Знать</b> предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных	практические занятия, самостоятельная работа	УО, К.Р. экзамен	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>знает предмет исследования, методы отбора и обработки информации, связанные с численными расчетами, обобщением, систематизацией и классификацией данных и</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> умеет оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований по совокупности признаков и владеет способами поиска и сбора данных об объекте исследования из библиотечных каталогов,.</p>
		<b>Уметь</b> оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии, металлообработки и смежных областях.			
		<b>Владеть</b> способами поиска и сбора данных об объекте исследования из библиотечных каталогов, Интернета, иных источников информации, методами сопоставления и сравнения отдельных сторон и характеристик объектов и процессов, классификации их, по определённым значениям и обобщением, систематизацией и классификацией данных систематизации данных по признакам сходства и отличия			
ПК-2	Технологические	- Знать теорию	лекция,	УО, экзамен	<b>Базовый уровень</b>



	<p>процессы и устройства для переработки минерального природного и техногенного сырья, производства и обработки черных и цветных металлов и сплавов, а также изделий из них.</p>	<p>металлургических процессов. Технологические процессы металлургического производства. - Уметь решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания. Рассчитывает параметры режимов работы металлургического оборудования - Владеть применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства.</p>	<p>самостоятельная работа</p>		<p>- Знает теорию металлургических процессов. <b>Повышенный уровень</b> Умеет решать задачи, относящиеся к технологии металлургического производства, используя теоретические знания. Рассчитывает параметры режимов работы</p>
--	--	--	-------------------------------	--	---

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
« Моделирование и оптимизация металлургических процессов»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	Курсовая работа	Средство проверки знаний, умений, навыков. Может включать комплекс практических заданий на курсовую работу	Задания на курсовую работу. Шкала оценивания и процедура применения.
3	Экзаменационные билеты	Средство проверки знаний, умений, навыков. Может включать комплекс теоретических вопросов, практических заданий.	Билеты. Шкала оценивания и процедура применения.

В курсе лекций преподается постоянно обновляемый материал, заимствованный из различных источников – научных статей, монографий, и т.д., что позволяет сочетать теоретический материал с актуальными практическими примерами, пробуждая у студентов интерес к усвоению знаний.

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические занятия. Они направлены на более глубокое усвоение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

В течение семестра осуществляется текущий контроль освоения дисциплины в форме устного опроса по тематике предшествующих занятий.

Оценочные средства составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка средств. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций, а также следующие виды самостоятельной работы:

–чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;

–рефераты, доклады на СНТК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

### **Курсовая работа**

Целью курсовой работы является закрепление и углубление знаний по методам моделирования процессов и объектов в металлургии цветных металлов и оптимизации принимаемых решений, приобретение навыков практического использования наиболее распространенных методов решения оптимизационных задач в области металловедения и термической обработки металлов и литейного производства.

В задачи курсовой работы по дисциплине входит:

1) формирование социальных компетенций (способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные информационные технологии, ответственность);

2) развитие у студентов навыков научно-исследовательской работы в области исследования процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и их сплавов, постановки и проведения вычислительного эксперимента с помощью современных компьютерных технологий, принятия экономически и технически обоснованных решений;

3) анализ научно-технической литературы в вопросах моделирования, численных методов и программирования, а также стандартов, справочников, технической документации к программному обеспечению ЭВМ и т. д.

Тема курсовой работы определяется руководителем курсовой работы, согласовывается с профилирующей кафедрой и, как правило, связана с решением конкретных металлургических задач по специальности. Совместно с руководителем составляется план курсовой работы и календарный график ее выполнения. Курсовой проект должен быть выполнен, сдан и защищен перед руководителем до начала сессии

Шкала оценивания:

«Курсовая работа» оценивается по четырехуровневой системе.

Оценка «**Отлично**» – если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при изменении задания, правильно обосновывает принятые решения.

Оценка «**Хорошо**» – если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «**Удовлетворительно**» – если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных тем, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала.

Оценка «**Неудовлетворительно**» – если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьезные ошибки.

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округленное до целого значения.

### Примерные задания на курсовую работу

Номер варианта	Задание
1	Определить зависимость механических свойств латуни ЛН65-5 от степени деформации. Исходный материал – проволока мягкая диаметром от 0,25 мм и более. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при деформации на 80 %
2	Определить зависимость механических свойств латуни ЛН65-5 от степени деформации. Исходный материал трубки – манометрические с толщиной стенки 2 мм. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при деформации на 70 %
3	Определить зависимость механических свойств латуни ЛО90-1 от температуры отжига. Продолжительность отжига 1 ч. Исходный материал – полосы толщиной 3 мм, деформированные на 60 %. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 800 °С
4	Определить зависимость механических свойств латуни ЛО70-1 от температуры отжига. Продолжительность отжига 1 ч. Исходный материал – трубы конденсаторные, деформированные на 50 %. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 700 °С
5	Определить зависимость изменения механических свойств латуни ЛО70-1 при высоких температурах. Исходный материал – прутки диаметром 25 мм, деформированные на 35 %. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 800 °С
6	Определить зависимость изменения механических свойств латуни ЛС60-1 при высоких температурах. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 800 °С
7	Определить зависимость изменения механических свойств латуни ЛС60-1, содержащей 0,4 % Ni, при высоких температурах. Спрогнозировать относительное

	удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 800 °С
8	Определить зависимость механических свойств латуни ЛС59-1 от температуры отжига (58,5 % Cu, 1,2 % Pb, остальное Zn). Продолжительность отжига 1 ч. Исходный материал прутки диаметром 5 мм, деформированные на 15 %. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 800 °С
9	Определить зависимость механических свойств литых оловянных бронз от содержания олова. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 15 % Sn (по массе)
10	Определить зависимость механических свойств бронзы Бр.ОФ7,5-0,4 от температуры отжига. Продолжительность отжига 2 ч. Исходный материал – полосы, деформированные на 20 %. Спрогнозировать относительное удлинение $\delta$ , %, и предел прочности при растяжении $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup> , при 700 °С

### Экзаменационные билеты

1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Моделирование и оптимизация металлургических процессов»

2. В билет включено два задания:

Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний.

Задание 2. Вопрос для проверки умения применять теоретические знания.

3. Комплект экзаменационных билетов включает билеты (прилагаются).

4. Регламент экзамена: - время на подготовку тезисов ответов – до 40 мин;  
- способ контроля: устные ответы.

5. Шкала оценивания:

«Экзамен» оценивается по четырехуровневой системе.

Оценка «**Отлично**» – если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при изменении задания, правильно обосновывает принятые решения.

Оценка «**Хорошо**» – если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «**Удовлетворительно**» – если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных тем, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала.

Оценка «**Неудовлетворительно**» – если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьезные ошибки.

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округленное до целого значения.

## Вариант экзаменационного билета

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»

Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**» Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии» Курс \_\_\_\_\_, группа \_\_\_\_, форма обучения заочная

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

- 1. Моделирование как метод познания. Понятие модели.**
- 2. Критерий выбора наилучшего вид эмпирической формулы при описании влияния параметров друг на друга.**

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет  
Направление подготовки:  
22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ  
ОП (профиль): «Инновации в металлургии»

Кафедра «Металлургия»  
(наименование кафедры)

**Перечень вопросов на экзамен**

по дисциплине «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
(наименование дисциплины)

(ОПК-1, ОПК-5, ПК-2)

1. Моделирование как метод познания. Понятие модели.
2. Физическое и абстрактное моделирование.
3. Охарактеризуйте цели математического моделирования.
4. На что направлены математические методы оптимизации?
5. Этапы построения математических моделей.
6. Классификация математических моделей.
7. Перечислите и кратко поясните сущность методов моделирования.
8. Изложите основные особенности, присущие математическим моделям.
9. Что подразумевают под математической моделью системы?
10. По каким признакам различают модели?
11. Алгоритм составления математической модели.
12. Изложите методологию подготовки системы исходных данных, необходимых при моделировании.
13. Дайте краткую характеристику методов задания условий функционирования модели.
14. Дать сравнительную характеристику методов получения наблюдений при имитационном моделировании.
15. Поясните сущность моделирования случайных факторов, непрерывных и дискретных случайных величин.
16. Изложите порядок разработки имитационной модели. (ОПК-1, ОПК-5)
17. Изложите сущность пассивных, активных и косвенных методов повышения качества оценивания показателей
18. Изложите основные понятия о программной реализации имитационных моделей и современных средах имитационного моделирования.

19. Привести основные показатели качества моделей сложных систем.
20. Критерии, применяемые при оптимизации работы оборудования и реализации технологий в металлургии.
21. По какому признаку разделяют входные и выходные параметры в металлургических операциях производства деталей машин?
22. В каком диапазоне может быть коэффициент корреляции и что означает его величина?
23. Как в первом приближении можно подобрать вид эмпирической формулы для описания влияния параметров друг на друга?
24. Последовательность (алгоритм) получения уравнения линейной регрессии по результатам эксперимента.
25. Применение датчиков, измерительных приборов и вычислительных средств в эксперименте.
26. Критерий выбора наилучшего вид эмпирической формулы при описании влияния параметров друг на друга.
27. Алгоритм выбор вида эмпирической формулы по критерию минимума суммы квадратов отклонений.
28. К каким операциям сводится алгоритм решения и определения наилучшего вида и коэффициентов эмпирического уравнения для математического представления результатов инженерного эксперимента?
29. Основная цель планирования инженерного эксперимента.
30. Структура и состав математической модели.
31. Цели и задачи кодирования входных независимых переменных.
32. Систематические и случайные ошибки измерения.
33. Критерии оценки точности и адекватности полученной эмпирической модели технологического процесса.
34. Чем отличается случайный технологический процесс от детерминированного? Случайные процессы происходят в технологии машиностроения?
35. Почему расчеты и оценки характеристик случайных процессов проводят с применением ПК?
36. Зачем вычисляют автокорреляционную функцию?
37. На что указывают частоты спектральной плотности распределения случайного процесса?
38. Какова последовательность расчета построения автокорреляционной функции экспериментальной кривой случайного процесса?
39. Изложите основные цели теории планирования эксперимента.

40. Сущность полных факторных планов испытаний.
41. Дайте краткую характеристику дробных факторных планов испытаний.
42. Проведение анализа и обработки результатов эксперимента.
43. Поясните порядок составления оптимальных планов испытаний)
44. Методика учета и устранения неопределенностей.
45. Соответствие математической модели изучаемому объекту.

Составитель\_\_Б.Ф. Белелюбский  
(подпись)

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2022 г.

## **Аннотация программы дисциплины «Моделирование и оптимизация металлургических процессов»**

### **1. Цели и задачи дисциплины**

Целями дисциплины является:

- ознакомление студентов с основными способами моделирования и оптимизации металлургических процессов;
- формирование знаний по основам моделирования процессов и объектов, их оптимизации и совершенствования с использованием методологических основ проведения вычислительного эксперимента; построение математических моделей объекта исследования и определение оптимальных условий функции отклика;
- освоение методик компьютерного моделирования и умение их практического применения к реальным металлургическим процессам;
- подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению.

Задачи дисциплины:

- расширение научного кругозора в области металлургических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

### **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б.1.2.

Базовые знания, умения, навыки и компетенции обучающегося сформированы на основе усвоения образовательной программы в бакалавриате.

Дисциплина обеспечивает изучение дисциплин: «Основные технологии производства металлов и сплавов»; «Методология экспертной оценки действующих производств»; «Современное оборудование в металлургии».

Знания и практические навыки, полученные из курса «Моделирование и оптимизация металлургических процессов», используются при изучении естественно-научных дисциплин, а также при разработке курсовых и выпускных квалификационных работ.

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате изучения дисциплины «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» студенты должны:

**знать:**

– принципы построения физических и математических моделей и возможности их использования для анализа и оптимизации металлургических процессов; методологические основы имитационного моделирования; методы моделирования случайных факторов при проведении системных исследований; основы применения существующих аппаратно-программных средств для проведения вычислительного эксперимента;

**уметь:**

– осуществлять постановку задачи системного исследования методами моделирования; выполнять основные этапы математического моделирования: постановку задачи и ее математическую формулировку; осуществлять разработку имитационных моделей с использованием существующих аппаратно-программных средств; проводить подготовку и обработку исходных данных для моделирования; применять методы планирования вычислительного эксперимента для исследования;

**владеть:**

– навыками решения инженерных задач на базе имеющихся теоретических знаний; научно-методическим аппаратом методологии моделирования и планирования вычислительного эксперимента для решения практических задач анализа и оптимизации металлургических процессов.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108 (3 з.е.)</b>	<b>108 (3 з.е.)</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>В том числе</b>		
<b>лекции</b>	<b>нет</b>	<b>нет</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Лабораторные занятия</b>	<b>нет</b>	<b>нет</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>98</b>	<b>98</b>
<b>Курсовая работа</b>	<b>да</b>	<b>да</b>
<b>Курсовой проект</b>	<b>нет</b>	<b>нет</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>		<b>Экзамен</b>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

- 1. Моделирование как метод познания. Понятие модели.**
- 2. Критерий выбора наилучшего вид эмпирической формулы при описании влияния параметров друг на друга.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

- 1. Физическое и абстрактное моделирование.**
- 2. Алгоритм выбор вида эмпирической формулы по критерию минимума суммы квадратов отклонений.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

- 1. Охарактеризуйте цели математического моделирования.**
- 2. К каким операциям сводится алгоритм решения и определения наилучшего вида и коэффициентов эмпирического уравнения для математического представления результатов инженерного эксперимента?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

- 1. На что направлены математические методы оптимизации?**
- 2. Основная цель планирования инженерного эксперимента.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

- 1. Этапы построения математических моделей.**
- 2. Структура и состав математической модели.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол

№ Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**

- 1. Классификация математических моделей.**
- 2. Цели и задачи кодирования входных независимых переменных.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

- 1. Перечислите и кратко поясните сущность методов моделирования.**
- 2. Систематические и случайные ошибки измерения.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол

№ Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

- 1. Изложите основные особенности, присущие математическим моделям.**
- 2. Критерии оценки точности и адекватности полученной эмпирической модели технологического процесса.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

- 1. Что подразумевают под математической моделью системы?**
- 2. Чем отличается случайный технологический процесс от детерминированного?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

- 1. По каким признакам различают модели?**
- 2. Какие случайные процессы происходят в технологии машиностроения?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

- 1. Алгоритм составления математической модели.**
- 2. Почему расчеты и оценки характеристик случайных процессов проводят с применением ПК?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

- 1. Изложите методологию подготовки системы исходных данных, необходимых при моделировании.**
- 2. Зачем вычисляют автокорреляционную функцию?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**

- 1. Дайте краткую характеристику методов задания условий функционирования модели.**
- 2. На что указывают частоты спектральной плотности распределения случайного процесса?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**

- 1. Дать сравнительную характеристику методов получения наблюдений при имитационном моделировании.**
- 2. Какова последовательность расчета и построения автокорреляционной функции экспериментальной кривой случайного процесса?**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

- 1. Поясните сущность моделирования случайных факторов, непрерывных и дискретных случайных величин.**
- 2. Изложите основные цели теории планирования эксперимента.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**

- 1. Изложите сущность пассивных, активных и косвенных методов повышения качества оценивания показателей.**
- 2. Изложите основные цели теории планирования эксперимента.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**

- 1. Изложите порядок разработки имитационной модели**
- 2. Сущность полных факторных планов испытаний.**

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**

- 1. Изложите сущность пассивных, активных и косвенных методов повышения качества оценивания показателей.**
- 2. Дайте краткую характеристику дробных факторных планов испытаний**

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ 2022 г., протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /



**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19**

- 1. Привести основные показатели качества моделей сложных систем.**
- 2. Проведение анализа и обработки результатов эксперимента.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа \_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20**

- 1. По какому признаку разделяют входные и выходные параметры в металлургических операциях производства деталей машин?**
- 2. Поясните порядок составления оптимальных планов испытаний.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**

- 1. В каком диапазоне может быть коэффициент корреляции и что означает его величина?**
- 2. Методика учета и устранения неопределенностей.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

---

Факультет машиностроения, кафедра «Металлургия»  
Дисциплина «**Моделирование и оптимизация металлургических процессов**»  
Образовательная программа 22.04.02 Металлургия «Инновации в металлургии»  
Курс 2, группа\_\_\_\_\_, форма обучения заочная

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**

- 1. Последовательность (алгоритм) получения уравнения линейной регрессии по результатам эксперимента.**
- 2. Соответствие математической модели изучаемому объекту.**

Утверждено на заседании кафедры 2022 г., протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.В. Шульгин /