

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала ФГБОУ ВО
«МГТУ» в г. Белорецке

 Д.Р. Хамзина

«31» 10 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

Направление подготовки
22.03.02 Metallurgy

Направленность программы
Обработка металлов и сплавов давлением (метизное производство)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения
очная

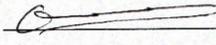
Факультет (институт)	Филиал ФГБОУ ВПО «МГТУ» в г. Белорецке
Кафедра	Металлургии и стандартизации
Курс	3
Семестр	6

Белорецк
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 4 декабря 2015 г. № 1427.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и стандартизации

« 24 » 10 2018 г., протокол № 2 .

Зав. кафедрой  /С.М. Головизнин/

Рабочая программа одобрена методической комиссией Филиала ФГБОУ ВО «МГТУ» в г. Белоречке

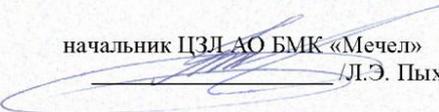
« 31 » 10 2018 г. (протокол № 1)

Председатель  /Д.Р. Хамзина/

Рабочая программа составлена: доцент кафедры МиС, к.т.н.


_____ / А.Б.Иванцов /

Рецензент:

начальник ЦЗЛ АО БМК «Мечел»

_____ /И.Э. Пыхов/

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование процессов и объектов в металлургии» является изучение студентами основных положений моделирования, теории подобия применительно к вопросам математического и физического моделирования, методов планирования эксперимента и решения оптимизационных задач и их применения в изучении технологических процессов производства и обработки металлов и сплавов.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование представлений об общих методах и средствах моделирования технических устройств в металлургии;
- приобретение практических навыков моделирования технических устройств.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Моделирование процессов и объектов в металлургии» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 Металлургия, для направленности программы Обработка металлов и сплавов давлением (метизное производство).

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения:

- численные методы;
- анализ численной информации;
- планирование эксперимента;
- основы теории планирования эксперимента;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- основы металлургического производства;
- материаловедение;
- теория обработки металлов давлением;
- методы исследований материалов;
- металлургическая теплотехника;
- металлургические технологии;
- теория обработки металлов давлением;

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при защите ВКР

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения:

В результате освоения дисциплины «Моделирование процессов и объектов в металлургии» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии (ПК-11)
Знать	называть структурные характеристики <i>понятий</i>
Уметь	производить оценку уровня брака, анализировать его причины и разрабатывать предложения по его

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	предупреждению и устранению
Владеть	навыками организации обслуживания технологического оборудования, составления необходимой технической и нормативной документации
способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов (ПК-5)	
Знать	основные математические, физические, химические и др. положения, законы и т.п. сведения, необходимые для применения в области моделирования процессов ОМД.
Уметь	применять физико-математические методы моделирования процессов ОМД для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств.
Владеть	навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей области моделирования процессов ОМД.
готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач (ОПК-4)	
Знать	определения самоорганизации понятий, называет их структурные характеристики
Уметь	уметь использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности
Владеть	готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 72 акад. часов:
 - аудиторная – 68 акад. часов;
 - внеаудиторная – 4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 36,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа.

Раздел /тема дисциплины	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля	Код и структурный элемент

	Семестр	лекции	лаборат. занятия	практич. занятия	Самостоятельная работа (в акад. часах)		успеваемости и промежуточной аттестации	компетенции
1. Введение.	6							
1.1 Основные понятия моделирования. Назначение и функции моделей. Свойства моделей. Классификация моделей.	2				10	самостоятельная подготовка по теме урока	входной контроль	ПК-5 зув
1.2 Структура процесса моделирования. Цели моделирования процессов и объектов в металлургии.	2						устный опрос	ПК-5 зув
Итого по разделу	4				10			
2. Классификация математических моделей.								
2.1 Понятие математической модели. Классификация в зависимости от сложности объекта моделирования. Классификация в зависимости от оператора модели.	2	4			5	самостоятельная подготовка по теме урока	АКР	ПК-5 з
2.2 Классификация в зависимости от агрегатов модели. Классификация в зависимости от целей моделирования. Классификация в зависимости от методов моделирования.	2	4					устный опрос	ПК-5 зув
Итого по разделу	4	8			5			
3. Общие принципы и этапы построения математической модели.								
3.1 Исследование объекта моделирования. Концептуальная постановка задач моделирования.	2	4					АКР	ПК-5 зув
3.2 Математическая постановка задач моделирования. Выбор и	4	4					устный опрос	ПК-5 зу

обоснование метода решения задачи. Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ. Вычислительный эксперимент. Адекватность модели. Анализ результатов моделирования.							
Итого по разделу	6	8					
4. Подобие как теоретическая основа моделирования.							
4.1 Понятие и определение подобия. Инварианты или критерии подобия. Основные теоремы теории подобия. Критериальное уравнение.	2			10	самостоятельная подготовка по теме урока	АКР	ПК-5 зу
4.2 Теоретические основы анализа размерностей. Метод Релея. Правило Фурье. Питеорема и ее применение для вывода критериальных уравнений, описывающих металлургические процессы. Матричный метод. Метод интегральных аналогов.	2	4				устный опрос	ПК-5 зу
Итого по разделу	4	4		10			
5. Экспериментально-статистические методы математического описания.							
5.1 Понятие случайного события и случайной величины. Числовые характеристики и математический аппарат для описания случайных величин. Эксперимент. Виды эксперимента: естественные и искусственные; однофакторные и многофакторные; активные и пассивные; лабораторные и производственные. Основы планирования эксперимента, критерии планирования, выбор варьирующих факторов, принципы отбора проб и образцов.	2			6,3	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	АКР	ПК-5 зу ОПК-4 зу
5.2 Обработка результатов экспериментального исследования. Аппроксимация.	2	4				устный опрос	ОПК-4 з

Основные понятия дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа.							
Итого по разделу	4	4		6,3			
6. Оптимизация технологических процессов металлургического производства.							
6.1 Основы теории оптимизации. Постановка и пути решения оптимизационных задач. Методы одномерного поиска. Метод случайного поиска. Методы многомерного поиска. Методы решения сопряженных задач. Симплекс-метод.	4	2		5	самостоятельная подготовка по теме урока	самоотчет	ОПК-4 з ПК-11 зуб
6.2 Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов. Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Методы решения трансцендентных уравнений. Решение линейных и нелинейных систем уравнений. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.	4	4				самоотчет	ОПК-4 з ПК-11 з
Итого по разделу	8	6		5			
7. Построение математических моделей металлургических процессов.							
7.1 Пример построения модели конверторного процесса. Пример построения модели процесса холодной прокатки листовой стали.	4	4				самоотчет	ОПК-4 з
Итого по разделу	4	4					
Итого за семестр	34	34		36,3			
Итого по дисциплине	34	34		36,3			

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Моделирование процессов и объектов в металлургии» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Моделирование процессов и объектов в металлургии» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы. При проведении практических занятий используются работа в команде. Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

При изучении каждого раздела дисциплины предусматривается изложение необходимого теоретического материала на лекциях. Полученные теоретические знания подкрепляются на практических занятиях. Студенты овладевают практическими навыками при выполнении заданий в такой степени, которая позволила бы им в дальнейшем применять эти навыки в своей трудовой деятельности.

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к обучающемуся (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность обучающегося носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Семинар – беседа преподавателя и обучающегося, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности обучающегося.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого

материала.

Лекция «вдвоем» (бинарная лекция) – изложение материала в форме диалогического общения двух преподавателей (например, реконструкция диалога представителей различных научных школ, «ученого» и «практика» и т.п.).

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от обучающегося применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

Практическое занятие на основе кейс-метода – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной, производственной, общественной деятельности. Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них. Кейсы базируются на реальном фактическом материале или же приближены к реальной ситуации.

3. Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы обучающихся, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексии.

Основные типы проектов:

Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

Творческий проект, как правило, не имеет детально проработанной структуры; учебно-познавательная деятельность обучающегося осуществляется в рамках рамочного задания, подчиняясь логике и интересам участников проекта, жанру конечного результата (газета, фильм, праздник, издание, экскурсия и т.п.).

Информационный проект – учебно-познавательная деятельность с ярко выраженной эвристической направленностью (поиск, отбор и систематизация информации о каком-то объекте, ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение для презентации более широкой аудитории).

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Формы контроля
Введение		входной контроль
Классификация математических моделей		Текущий контроль
Общие принципы и этапы построения математической модели	АКР	Текущий контроль
Подобие как теоретическая основа моделирования	АКР	Текущий контроль
Экспериментально-статистические методы математического описания	АКР	Текущий контроль
Оптимизация технологических процессов металлургического производства	АКР	Текущий контроль
Построение математических моделей металлургических процессов		Текущий контроль
Итого		

Примеры задач по МПиОМ:

1. Составьте план ПФЭ 2⁴.
2. Запишите буквенное обозначение матрицы планирования ПФЭ 2³.
3. Получите данные ПФЭ 2³ маятника без повтора опытов.
4. Предложите пять факторов, влияющих на искомый показатель y (процесс ОМД).
5. Определите наиболее значимые факторы процесса (процесс ОМД).
6. Предложите варианты задачи $y=f(x_1; x_2; x_3)$ для процесса ОМД.
7. Получите уравнение регрессии для данных.
8. Определите величину дисперсии для данных.
9. Найдите малозначимые факторы для достоверности $\beta=0,2$.
10. Получите корреляционное уравнение для данных
 $x=1,2; 1,4; 1,7; 1,9; 2,5; 2,7; 3,3$.
 $y=1,4; 1,5; 1,4; 1,7; 1,9; 1,7; 2,0$.
11. Составьте план ДФЭ 2³ /или/ рассчитайте абсолютную, относительную и приведенную погрешность.
12. Создайте критерий подобия и инварианту для процесса ОМД. /или/ Создайте пластичный объект в программном комплексе Deform.
13. Отсортируйте факторы для процесса ОМД по схеме «черный ящик» /или/ Создайте объект и задайте ему программу движения в программном комплексе Deform.
14. Проведите анализ уравнения

$$T = - 170.38 + 20.18 \cdot V + 20.85 \cdot Q + 4.08 \cdot \sigma - 1.51 \cdot V \cdot Q + 0.45 \cdot Q \cdot \sigma$$
где: T - температура проволоки, V - скорость проволоки, Q - степень

единичного обжатия, σ - предел прочности проволоки.

/или/ Создайте и переместите объект в программном комплексе Deform.

15. Приведите пример случайных, систематических и грубых погрешностей для процесса ОМД /или/ Создайте объект, сетку и измерьте величину ячеек в программном комплексе Deform.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные понятия моделирования. Назначение и функции моделей.
2. Свойства моделей. Классификация моделей.
3. Структура процесса моделирования. Цели моделирования процессов и объектов в металлургии.
4. Классификация математических моделей.
5. Понятие математической модели. Классификация в зависимости от сложности объекта моделирования.
6. Классификация в зависимости от оператора модели. Классификация в зависимости от агрегатов модели.
7. Классификация в зависимости от целей моделирования. Классификация в зависимости от методов моделирования.
8. Общие принципы и этапы построения математической модели.
9. Исследование объекта моделирования. Концептуальная постановка задач моделирования.
10. Математическая постановка задач моделирования. Выбор и обоснование метода решения задачи.
11. Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ. Вычислительный эксперимент.
12. Адекватность модели. Анализ результатов моделирования.
13. Подобие как теоретическая основа моделирования.
14. Понятие и определение подобия. Инварианты или критерии подобия.
15. Основные теоремы теории подобия. Критериальное уравнение. Теоретические основы анализа размерностей. Метод Релея. Правило Фурье.
16. Пи-теорема и ее применение для вывода критериальных уравнений, описывающих металлургические процессы. Матричный метод. Метод интегральных аналогов.
17. Экспериментально-статистические методы математического описания.
18. Понятие случайного события и случайной величины.
19. Числовые характеристики и математический аппарат для описания случайных величин. Эксперимент.
20. Виды эксперимента: естественные и искусственные; однофакторные и многофакторные; активные и пассивные; лабораторные и производственные.
21. Основы планирования эксперимента, критерии планирования, выбор варьирующих факторов, принципы отбора проб и образцов.
22. Обработка результатов экспериментального исследования. Аппроксимация. Основные понятия дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа.
23. Оптимизация технологических процессов металлургического производства.
24. Основы теории оптимизации. Постановка и пути решения оптимизационных задач.
25. Методы одномерного поиска. Метод случайного поиска.
26. Методы многомерного поиска. Методы решения сопряженных задач. Симплекс-метод.

27. Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов.
28. Численное дифференцирование. Численное интегрирование.
29. Методы решения трансцендентных уравнений. Решение линейных и нелинейных систем уравнений. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.
30. Построение математических моделей металлургических процессов.
31. Пример построения модели конверторного процесса.
32. Пример построения модели процесса холодной прокатки листовой стали.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ (ЗАДАНИЙ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ) ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Вариант	Задание
1	1 фактор: m образца 2 фактор: угол α ($\approx 7-100$) 3 фактор: длина l_2 $y_a: l_3 y_b$: время (только для В1.2)
2	1 фактор: m образца 2 фактор: длина l_1 до оси 3 фактор: S сечения y_a : количество циклов за 10сек (считая и доли) $y_b: l_{2 \max}$ после 10сек количество циклов (только для В2.4-2.9)
3	1 фактор: m образца (например 3 и 6) 2 фактор: l расстояние от оси (максимальное и половина от максимального) 3 фактор: время t (5сек и 10сек) y_a : количество оборотов (считая и доли) y_b : время t кручения
4	1 фактор: l_1 начального отклонения 2 фактор: расстояние l_2 до источника поля M (2см и 15см) 3 фактор: масса m (2груза и 4 груза) y_a : отклонение лычки после 10сек y_b : количество циклов за 10сек (считая и доли)
5	1 фактор: m малого образца (с навесом и без) 2 фактор: l_1 большого образца от нуля 3 фактор: l_2 отклонения большого образца $y_a: l_{2 \max}$ после 10сек y_b : количество циклов большого образца за 10сек
6	1 фактор: угол α поворота (10^0 и 30^0) 2 фактор: m грузов (например 2шт и 6шт) 3 фактор: l грузов от центра (максимальное и половина от максимального) y_a : количество колебаний (считая и доли) за 10сек y_b : \max угол отклонения после 10сек
7	1 фактор: площадь сечения сопротивления S 2 фактор: m образца (с грузом и без) 3 фактор: начальное отклонение образца l_1 y_a : количество циклов за 10сек y_b : \max отклонение l_1 после 10сек
8	1 фактор: первоначальный угол отклонения α 2 фактор: l образцов от центра 3 фактор: масса грузов m y_a : \max угол отклонения после 10сек y_b : количество колебаний за 10сек
9	1 фактор: m образца 2 фактор: угол α_1 3 фактор: расстояние l_1 $y_a: l_2 y_b: -l_2$ (отдача)
10	1 фактор: m образца 2 фактор: угол α_1 3 фактор: расстояние l_1 $y: l_2$
11	1 фактор: d отверстия 2 фактор: высота падения l_1 3 фактор: количество образцов (5 и 7) y_a : средний балл на один образец y_b : общее количество баллов

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Аудиторная контрольная работа №1

Анализ и классификация математических моделей в области производства и

обработки металлов и сплавов

Аудиторная контрольная работа №2

Разработка математической модели конкретного технологического процесса с описанием особенностей каждого этапа моделирования

Аудиторная контрольная работа №3

Составление уравнения связи для конкретного металлургического процесса и приведение его к критериальному виду с использованием методов теории размерности

Аудиторная контрольная работа №4

Решение задач методом планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии (ПК-11)		
Знать	называть структурные характеристики понятий	ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ 1. Основы планирования эксперимента, критерии планирования, выбор варьирующих факторов, принципы отбора проб и образцов. 2. Обработка результатов экспериментального исследования. Аппроксимация. Основные понятия дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа. 3. Оптимизация технологических процессов металлургического производства. 4. Основы теории оптимизации. Постановка и пути решения оптимизационных задач. 5. Методы одномерного поиска. Метод случайного поиска. 6. Методы многомерного поиска. Методы решения сопряженных задач. Симплекс-метод. 7. Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов. 8. Численное дифференцирование. Численное интегрирование. 9. Методы решения трансцендентных уравнений. Решение линейных и нелинейных систем уравнений. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. 10. Построение математических моделей металлургических процессов. 11. Пример построения модели конверторного

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>процесса. 12. Пример построения модели процесса холодной прокатки листовой стали.</p>
Уметь	<p>производить оценку уровня брака, анализировать его причины и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению</p>	<p>16. Получите уравнение регрессии для данных. 17. Определите величину дисперсии для данных. 18. Найдите малозначимые факторы для достоверности $\beta=0,2$. 19. Получите корреляционное уравнение для данных $x=1,2; 1,4; 1,7; 1,9; 2,5; 2,7; 3,3$. $y=1,4; 1,5; 1,4; 1,7; 1,9; 1,7; 2,0$. 20. Составьте план ДФЭ 2^3 /или/ рассчитайте абсолютную, относительную и приведенную погрешность. 21. Создайте критерий подобия и инварианту для процесса ОМД. /или/ Создайте пластичный объект в программном комплексе Deform. 22. Отсортируйте факторы для процесса ОМД по схеме «черный ящик» /или/ Создайте объект и задайте ему программу движения в программном комплексе Deform. 23. Проведите анализ уравнения $T = -170.38 + 20.18 \cdot V + 20.85 \cdot Q + 4.08 \cdot \sigma - 1.51$ где: T - температура проволоки, V - скорость проволоки, Q - степень единичного обжатия, σ - предел прочности проволоки. /или/ Создайте и переместите объект в программном комплексе Deform. 24. Приведите пример случайных, систематических и грубых погрешностей для процесса ОМД /или/ Создайте объект, сетку и измерьте величину ячеек в программном комплексе Deform.</p>
Владеть	<p>навыками организации обслуживания технологического оборудования, составления необходимой технической и нормативной документации</p>	<p><i>Аудиторная контрольная работа №1</i> Анализ и классификация математических моделей в области производства и обработки металлов и сплавов <i>Аудиторная контрольная работа №2</i> Разработка математической модели конкретного технологического процесса с описанием особенностей каждого этапа моделирования <i>Аудиторная контрольная работа №3</i> Составление уравнения связи для конкретного металлургического процесса и приведение его к критериальному виду с использованием методов теории размерности <i>Аудиторная контрольная работа №4</i> Решение задач методом планирования</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		эксперимента. Полный факторный эксперимент
способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов (ПК-5)		
Знать	основные математические, физические, химические и др. положения, законы и т.п. сведения, необходимые для применения в области моделирования процессов ОМД.	<p style="text-align: center;">ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия моделирования. Назначение и функции моделей. 2. Свойства моделей. Классификация моделей. 3. Структура процесса моделирования. Цели моделирования процессов и объектов в металлургии. 4. Классификация математических моделей. 5. Понятие математической модели. Классификация в зависимости от сложности объекта моделирования. 6. Классификация в зависимости от оператора модели. Классификация в зависимости от агрегатов модели. 7. Классификация в зависимости от целей моделирования. Классификация в зависимости от методов моделирования. 8. Общие принципы и этапы построения математической модели. 9. Исследование объекта моделирования. Концептуальная постановка задач моделирования. 10. Математическая постановка задач моделирования. Выбор и обоснование метода решения задачи. 11. Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ. Вычислительный эксперимент. 12. Адекватность модели. Анализ результатов моделирования. 13. Подобие как теоретическая основа моделирования. 14. Понятие и определение подобия. Инварианты или критерии подобия. 15. Основные теоремы теории подобия. Критериальное уравнение. Теоретические основы анализа размерностей. Метод Релея. Правило Фурье. 16. Пи-теорема и ее применение для вывода критериальных уравнений, описывающих металлургические процессы. Матричный метод. Метод интегральных аналогов.
Уметь	применять физико-математические методы моделирования процессов ОМД для проектирования изделий и	<ol style="list-style-type: none"> 1. Составьте план ПФЭ 2⁴. 2. Запишите буквенное обозначение матрицы планирования ПФЭ 2³. 3. Получите данные ПФЭ 2³ маятника без повтора опытов. 4. Предложите пять факторов, влияющих на искомый показатель у (процесс ОМД). 5. Определите наиболее значимые факторы

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства	
	технологических процессов машиностроения с применением стандартных программных средств.	процесса (процесс ОМД). 6. Предложите варианты задачи $y=f(x_1;x_2;x_3)$ для процесса ОМД.	
Владеть	навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей области моделирования процессов ОМД.	Вариант	Задание
			1 фактор: m образца 2 фактор: угол α ($\approx 7-100$) 3 фактор: длина l_2 1 фактор: l_3 u_b : время (только для В1.2)
			1 фактор: m образца 2 фактор: длина l_1 до оси 3 фактор: S сечения 2 u_a : количество циклов за 10сек (считая и доли) u_b : l_2 u_c : количество циклов (только для В2.4-2.9)
			1 фактор: m образца (например 3 и 6) 2 фактор: l расстояние от оси (максимальное и половина от максимального) 3 фактор: время t (5сек и 10сек) 3 u_a : количество оборотов (считая и доли) u_b : время t кручения
			1 фактор: l_1 начального отклонения 2 фактор: расстояние l_2 до источника поля M (2см и 15см) 3 фактор: масса m (2груза и 4 груза) 4 u_a : отклонение лычки после 10сек u_b : количество циклов за 10сек (считая и доли)
			1 фактор: m малого образца (с навесом и без) 2 фактор: l_1 большого образца от нуля 3 фактор: l_2 отклонения большого образца 5 u_a : l_2 u_b : количество циклов большого образца за 10сек
			1 фактор: угол α поворота (10^0 и 30^0) 2 фактор: m грузов (например 2шт и 6шт) 3 фактор: l грузов от центра (максимальное и половина от максимального) 6 u_a : количество колебаний (считая и доли) за 10сек u_b : u_c : u_d : u_e : u_f : u_g : u_h : u_i : u_j : u_k : u_l : u_m : u_n : u_o : u_p : u_q : u_r : u_s : u_t : u_u : u_v : u_w : u_x : u_y : u_z : u_{aa} : u_{ab} : u_{ac} : u_{ad} : u_{ae} : u_{af} : u_{ag} : u_{ah} : u_{ai} : u_{aj} : u_{ak} : u_{al} : u_{am} : u_{an} : u_{ao} : u_{ap} : u_{aq} : u_{ar} : u_{as} : u_{at} : u_{au} : u_{av} : u_{aw} : u_{ax} : u_{ay} : u_{az} : u_{ba} : u_{bb} : u_{bc} : u_{bd} : u_{be} : u_{bf} : u_{bg} : u_{bh} : u_{bi} : u_{bj} : u_{bk} : u_{bl} : u_{bm} : u_{bn} : u_{bo} : u_{bp} : u_{bq} : u_{br} : u_{bs} : u_{bt} : u_{bu} : u_{bv} : u_{bw} : u_{bx} : u_{by} : u_{bz} : u_{ca} : u_{cb} : u_{cc} : u_{cd} : u_{ce} : u_{cf} : u_{cg} : u_{ch} : u_{ci} : u_{cj} : u_{ck} : u_{cl} : u_{cm} : u_{cn} : u_{co} : u_{cp} : u_{cq} : u_{cr} : u_{cs} : u_{ct} : u_{cu} : u_{cv} : u_{cw} : u_{cx} : u_{cy} : u_{cz} : u_{da} : u_{db} : u_{dc} : u_{dd} : u_{de} : u_{df} : u_{dg} : u_{dh} : u_{di} : u_{dj} : u_{dk} : u_{dl} : u_{dm} : u_{dn} : u_{do} : u_{dp} : u_{dq} : u_{dr} : u_{ds} : u_{dt} : u_{du} : u_{dv} : u_{dw} : u_{dx} : u_{dy} : u_{dz} : u_{ea} : u_{eb} : u_{ec} : u_{ed} : u_{ee} : u_{ef} : u_{eg} : u_{eh} : u_{ei} : u_{ej} : u_{ek} : u_{el} : u_{em} : u_{en} : u_{eo} : u_{ep} : u_{eq} : u_{er} : u_{es} : u_{et} : u_{eu} : u_{ev} : u_{ew} : u_{ex} : u_{ey} : u_{ez} : u_{fa} : u_{fb} : u_{fc} : u_{fd} : u_{fe} : u_{ff} : u_{fg} : u_{fh} : u_{fi} : u_{fj} : u_{fk} : u_{fl} : u_{fm} : u_{fn} : u_{fo} : u_{fp} : u_{fq} : u_{fr} : u_{fs} : u_{ft} : u_{fu} : u_{fv} : u_{fw} : u_{fx} : u_{fy} : u_{fz} : u_{ga} : u_{gb} : u_{gc} : u_{gd} : u_{ge} : u_{gf} : u_{gg} : u_{gh} : u_{gi} : u_{gj} : u_{gk} : u_{gl} : u_{gm} : u_{gn} : u_{go} : u_{gp} : u_{gq} : u_{gr} : u_{gs} : u_{gt} : u_{gu} : u_{gv} : u_{gw} : u_{gx} : u_{gy} : u_{gz} : u_{ha} : u_{hb} : u_{hc} : u_{hd} : u_{he} : u_{hf} : u_{hg} : u_{hh} : u_{hi} : u_{hj} : u_{hk} : u_{hl} : u_{hm} : u_{hn} : u_{ho} : u_{hp} : u_{hq} : u_{hr} : u_{hs} : u_{ht} : u_{hu} : u_{hv} : u_{hw} : u_{hx} : u_{hy} : u_{hz} : u_{ia} : u_{ib} : u_{ic} : u_{id} : u_{ie} : u_{if} : u_{ig} : u_{ih} : u_{ii} : u_{ij} : u_{ik} : u_{il} : u_{im} : u_{in} : u_{io} : u_{ip} : u_{iq} : u_{ir} : u_{is} : u_{it} : u_{iu} : u_{iv} : u_{iw} : u_{ix} : u_{iy} : u_{iz} : u_{ja} : u_{jb} : u_{jc} : u_{jd} : u_{je} : u_{jf} : u_{jg} : u_{jh} : u_{ji} : u_{jj} : u_{jk} : u_{jl} : u_{jm} : u_{jn} : u_{jo} : u_{jp} : u_{jq} : u_{jr} : u_{js} : u_{jt} : u_{ju} : u_{jv} : u_{jw} : u_{jx} : u_{jy} : u_{jz} : u_{ka} : u_{kb} : u_{kc} : u_{kd} : u_{ke} : u_{kf} : u_{kg} : u_{kh} : u_{ki} : u_{kj} : u_{kk} : u_{kl} : u_{km} : u_{kn} : u_{ko} : u_{kp} : u_{kq} : u_{kr} : u_{ks} : u_{kt} : u_{ku} : u_{kv} : u_{kw} : u_{kx} : u_{ky} : u_{kz} : u_{la} : u_{lb} : u_{lc} : u_{ld} : u_{le} : u_{lf} : u_{lg} : u_{lh} : u_{li} : u_{lj} : u_{lk} : u_{ll} : u_{lm} : u_{ln} : u_{lo} : u_{lp} : u_{lq} : u_{lr} : u_{ls} : u_{lt} : u_{lu} : u_{lv} : u_{lw} : u_{lx} : u_{ly} : u_{lz} : u_{ma} : u_{mb} : u_{mc} : u_{md} : u_{me} : u_{mf} : u_{mg} : u_{mh} : u_{mi} : u_{mj} : u_{mk} : u_{ml} : u_{mm} : u_{mn} : u_{mo} : u_{mp} : u_{mq} : u_{mr} : u_{ms} : u_{mt} : u_{mu} : u_{mv} : u_{mw} : u_{mx} : u_{my} : u_{mz} : u_{na} : u_{nb} : u_{nc} : u_{nd} : u_{ne} : u_{nf} : u_{ng} : u_{nh} : u_{ni} : u_{nj} : u_{nk} : u_{nl} : u_{nm} : u_{nn} : u_{no} : u_{np} : u_{nq} : u_{nr} : u_{ns} : u_{nt} : u_{nu} : u_{nv} : u_{nw} : u_{nx} : u_{ny} : u_{nz} : u_{oa} : u_{ob} : u_{oc} : u_{od} : u_{oe} : u_{of} : u_{og} : u_{oh} : u_{oi} : u_{oj} : u_{ok} : u_{ol} : u_{om} : u_{on} : u_{oo} : u_{op} : u_{oq} : u_{or} : u_{os} : u_{ot} : u_{ou} : u_{ov} : u_{ow} : u_{ox} : u_{oy} : u_{oz} : u_{pa} : u_{pb} : u_{pc} : u_{pd} : u_{pe} : u_{pf} : u_{pg} : u_{ph} : u_{pi} : u_{pj} : u_{pk} : u_{pl} : u_{pm} : u_{pn} : u_{po} : u_{pp} : u_{pq} : u_{pr} : u_{ps} : u_{pt} : u_{pu} : u_{pv} : u_{pw} : u_{px} : u_{py} : u_{pz} : u_{qa} : u_{qb} : u_{qc} : u_{qd} : u_{qe} : u_{qf} : u_{qg} : u_{qh} : u_{qi} : u_{qj} : u_{qk} : u_{ql} : u_{qm} : u_{qn} : u_{qo} : u_{qp} : u_{qq} : u_{qr} : u_{qs} : u_{qt} : u_{qu} : u_{qv} : u_{qw} : u_{qx} : u_{qy} : u_{qz} : u_{ra} : u_{rb} : u_{rc} : u_{rd} : u_{re} : u_{rf} : u_{rg} : u_{rh} : u_{ri} : u_{rj} : u_{rk} : u_{rl} : u_{rm} : u_{rn} : u_{ro} : u_{rp} : u_{rq} : u_{rr} : u_{rs} : u_{rt} : u_{ru} : u_{rv} : u_{rw} : u_{rx} : u_{ry} : u_{rz} : u_{sa} : u_{sb} : u_{sc} : u_{sd} : u_{se} : u_{sf} : u_{sg} : u_{sh} : u_{si} : u_{sj} : u_{sk} : u_{sl} : u_{sm} : u_{sn} : u_{so} : u_{sp} : u_{sq} : u_{sr} : u_{ss} : u_{st} : u_{su} : u_{sv} : u_{sw} : u_{sx} : u_{sy} : u_{sz} : u_{ta} : u_{tb} : u_{tc} : u_{td} : u_{te} : u_{tf} : u_{tg} : u_{th} : u_{ti} : u_{tj} : u_{tk} : u_{tl} : u_{tm} : u_{tn} : u_{to} : u_{tp} : u_{tq} : u_{tr} : u_{ts} : u_{tt} : u_{tu} : u_{tv} : u_{tw} : u_{tx} : u_{ty} : u_{tz} : u_{ua} : u_{ub} : u_{uc} : u_{ud} : u_{ue} : u_{uf} : u_{ug} : u_{uh} : u_{ui} : u_{uj} : u_{uk} : u_{ul} : u_{um} : u_{un} : u_{uo} : u_{up} : u_{uq} : u_{ur} : u_{us} : u_{ut} : u_{uu} : u_{uv} : u_{uw} : u_{ux} : u_{uy} : u_{uz} : u_{va} : u_{vb} : u_{vc} : u_{vd} : u_{ve} : u_{vf} : u_{vg} : u_{vh} : u_{vi} : u_{vj} : u_{vk} : u_{vl} : u_{vm} : u_{vn} : u_{vo} : u_{vp} : u_{vq} : u_{vr} : u_{vs} : u_{vt} : u_{vu} : u_{vv} : u_{vw} : u_{vx} : u_{vy} : u_{vz} : u_{wa} : u_{wb} : u_{wc} : u_{wd} : u_{we} : u_{wf} : u_{wg} : u_{wh} : u_{wi} : u_{wj} : u_{wk} : u_{wl} : u_{wm} : u_{wn} : u_{wo} : u_{wp} : u_{wq} : u_{wr} : u_{ws} : u_{wt} : u_{wu} : u_{wv} : u_{ww} : u_{wx} : u_{wy} : u_{wz} : u_{xa} : u_{xb} : u_{xc} : u_{xd} : u_{xe} : u_{xf} : u_{xg} : u_{xh} : u_{xi} : u_{xj} : u_{xk} : u_{xl} : u_{xm} : u_{xn} : u_{xo} : u_{xp} : u_{xq} : u_{xr} : u_{xs} : u_{xt} : u_{xu} : u_{xv} : u_{xw} : u_{xx} : u_{xy} : u_{xz} : u_{ya} : u_{yb} : u_{yc} : u_{yd} : u_{ye} : u_{yf} : u_{yg} : u_{yh} : u_{yi} : u_{yj} : u_{yk} : u_{yl} : u_{ym} : u_{yn} : u_{yo} : u_{yp} : u_{yq} : u_{yr} : u_{ys} : u_{yt} : u_{yu} : u_{yv} : u_{yw} : u_{yx} : u_{yy} : u_{yz} : u_{za} : u_{zb} : u_{zc} : u_{zd} : u_{ze} : u_{zf} : u_{zg} : u_{zh} : u_{zi} : u_{zj} : u_{zk} : u_{zl} : u_{zm} : u_{zn} : u_{zo} : u_{zp} : u_{zq} : u_{zr} : u_{zs} : u_{zt} : u_{zu} : u_{zv} : u_{zw} : u_{zx} : u_{zy} : u_{zz}
			8 1 фактор: первоначальный угол отклонения α 2 фактор: l образцов от центра 3 фактор: масса грузов m

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>9 u_a : max угол отклонения после 10сек u_b : количество колебаний за 10сек</p> <p>10 1 фактор: m образца 2 фактор: угол α 3 фактор: расстояние l_1 u_a : l_2 u_b : $-l_2$ (отдача)</p> <p>11 1 фактор: d отверстия 2 фактор: высота падения l_1 3 фактор: количество образцов (5 и 7) u_a : средний балл на один образец u_b : общее количество баллов</p> <p>Вариант Задание</p>
готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач (ОПК-4)		
Знать	определения самоорганизации понятий, называет их структурные характеристики	<p style="text-align: center;">ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виды эксперимента: естественные и искусственные; однофакторные и многофакторные; активные и пассивные; лабораторные и производственные. 2. Основы планирования эксперимента, критерии планирования, выбор варьирующих факторов, принципы отбора проб и образцов. 3. Обработка результатов экспериментального исследования. Аппроксимация. Основные понятия дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа. 4. Оптимизация технологических процессов металлургического производства. 5. Основы теории оптимизации. Постановка и пути решения оптимизационных задач. 6. Методы одномерного поиска. Метод случайного поиска. 7. Методы многомерного поиска. Методы решения сопряженных задач. Симплекс-метод. 8. Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов. 9. Численное дифференцирование. Численное интегрирование. 10. Методы решения трансцендентных уравнений. Решение линейных и нелинейных систем уравнений. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. 11. Построение математических моделей металлургических процессов. 12. Пример построения модели конверторного

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства	
		процесса	
Уметь	уметь использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создайте критерий подобия и инварианту для процесса ОМД. /или/ Создайте пластичный объект в программном комплексе Deform. 2. Отсортируйте факторы для процесса ОМД по схеме «черный ящик» /или/ Создайте объект и задайте ему программу движения в программном комплексе Deform. 3. Проведите анализ уравнения 4. $T = -170.38 + 20.18 \cdot V + 20.85 \cdot Q + 4.08 \cdot \sigma - 1.51 \cdot V \cdot Q + 0.45 \cdot Q \cdot \sigma$ где: T - температура проволоки, V - скорость проволоки, Q - степень единичного обжатия, σ - предел прочности проволоки. 5. /или/ Создайте и переместите объект в программном комплексе Deform. 6. Приведите пример случайных, систематических и грубых погрешностей для процесса ОМД /или/ Создайте объект, сетку и измерьте величину ячеек в программном комплексе Deform. 	
Владеть	готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач	Классификация математических моделей	
		Общие принципы и этапы построения математической модели	АКР
		Подобие как теоретическая основа моделирования	АКР
		Экспериментально-статистические методы математического описания	АКР
		Оптимизация технологических процессов производства	АКР
		Построение математических моделей металлургических процессов	

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Для организации работы преподавателя, читающему данный курс необходимы следующие методические материалы:

– рабочая программа дисциплины, в которой прописаны цель и задачи изучения дисциплины, содержание и объем учебных занятий, предусмотренных рабочим учебным планом (РУП), перечень рекомендуемой литературы и средства обучения, необходимые для изучения дисциплины;

– методические указания для студентов по выполнению различных видов учебной деятельности, предусмотренных РУП;

– пакет контрольно-измерительных материалов;

В процессе преподавания дисциплины применяется традиционная и модульно-

компетентностная технологии.

Лекции проводятся как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

Самостоятельная работа студентов построена таким образом, что в процессе работы студенты закрепляют знания, полученные в процессе теоретического обучения, тем самым формируют профессиональные умения и навыки. Выполнение курсового проекта требует от студента анализа проблемной ситуации, выбора средств и методов ее решения, т.е. самостоятельная работа не ограничивается только усвоением теоретических знаний, она также формирует практические умения и навыки, а также умения исследовательской и творческой деятельности.

В процессе изучения дисциплины осуществляется текущий и периодический контроль за результатами освоения учебного курса. Текущий контроль осуществляется непосредственно в процессе усвоения, закрепления, обобщения и систематизации знаний, умений, владения навыками и позволяет оперативно диагностировать и корректировать, совершенствовать знания, умения и владение навыками студентов, обеспечивает стимулирование и мотивацию их деятельности на каждом занятии. Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса (собеседования).

Периодический контроль, цель которого обобщение и систематизация знаний, проверка эффективности усвоения студентами определенного, логически завершенного содержания учебного материала осуществляется в форме защиты контрольных работ, курсового проекта.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в конце учебного года в форме экзамена.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Математическая логика и теория алгоритмов». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными

источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Рябчиков М. Ю. Планирование эксперимента и обработка результатов измерений [Электронный ресурс] : практикум / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 141 с. : ил., гистогр., граф., схемы, табл. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=619.pdf&show=dcatalogues/1/1107849/619.pdf&view=true> - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-0379-1.
2. Баженов Н. М. Методы одномерной и многомерной оптимизации [Электронный ресурс] : практикум по дисциплине "Моделирование систем" / Н. М. Баженов, Е. С. Рябчикова ; МГТУ, Кафедра промышленной кибернетики и систем управления. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1344.pdf&show=dcatalogues/1/1123747/1344.pdf&view=true> - Макрообъект.
3. Чукин М. В. Моделирование процессов обработки металлов давлением с использованием программного комплекса DEFORM-3D [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. В. Чукин, М. А. Полякова ; МГТУ, [каф. МиМТ]. - Магнитогорск, 2011. - 113 с. : ил., табл. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=497.pdf&show=dcatalogues/1/1088078/497.pdf&view=true> - Макрообъект.

б) Дополнительная литература:

1. Рябчиков М. Ю. Теория и техника инженерного эксперимента: курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1012.pdf&show=dcatalogues/1/1119225/1012.pdf&view=true> - Макрообъект.

в) Методические указания:

1. Иванцов А.Б., Горбатов О.И. Методические указания по дисциплине «Моделирование процессов и объектов в металлургии» Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», — 2009. — 38 с.
2. Иванцов А.Б. Математическое предметное и алгоритмическое моделирование: Методические указания. - Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. - 16 с.
3. Планы полного факторного эксперимента Иванцов А.Б., Горбатов О.И. Магнитогорск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012, – 22 с.
4. Методы решения оптимизационных задач Гапанович В.С., Гапанович И.В. Издательство Тюменский индустриальный университет (бывший Тюменский государственный нефтегазовый университет) ISBN 978-5-9961-0861-9 Год 2014 Страниц 272 <https://e.lanbook.com/book/64530?category=931>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Периодические издания

1. М и ТОМ: Научно – технический и производственный журнал – ISSN 0026 - 0819
2. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. ISSN (Print):1995-2732, ISSN (Online): 2412-9003
3. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. ISSN 0368-0797 (Print), ISSN 2410-2091 (Online)
4. Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. ISSN 0021-3438 (Print), ISSN 2412-8783 (Online)
5. Металлург. ISSN 0026-0827
6. Черные металлы.
7. Металлургические процессы и оборудование (Украина).
8. Металлы.
9. Сталь.
10. Производство проката.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. www.mgsun.ru
2. www.edic.ru
3. www.rsl.ru
4. www.encyclopedia.ru
5. http://www.it-n.ru/Board.aspx?cat_no=133205&Tpl=Themes&BoardId=270361
6. http://www.it-n.ru/Board.aspx?cat_no=72958&Tpl=Themes&BoardId=72961
7. www.trizland.ru
8. www.triz-chance.ru
9. www.trizminsk.org
10. trizinfo.by.ru

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	К-171-09 от 18.10.2009	бессрочно
Windows XP, 7 (подписка Imagine Premium)	Д-1227-18 от 08.10.2018	07.10.2021
MS Office 2007	К-171-09 от 18.10.2009	бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-300-18 от 21.03.2018	28.01.2020
Ascon КОМПАС-3D	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
MathCAD v.14	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
StatSoft Statistica	К-169-09 от 16.11.2009	бессрочно
7 Zip	свободно распространяемое	бессрочно

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория (ауд.301)	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Компьютерный класс (ауд.303)	Персональные компьютеры с пакетом MS Office,

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
	выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерный класс; читальный зал библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (ауд. 304)
Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд.209)	1. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета 2. Проектор
<i>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ауд.101а)</i>	<i>Ремонтный инструментарий Слесарный инструмент; Мультиметр; Паяльник Специализированная мебель, стеллажи для хранения учебного оборудования</i>