

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Огнёв Игорь
Анатольевич
Дата подписания: 09.06.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 10.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Математическое моделирование эксперимента» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-3 Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования технологических процессов	ОПК ОС-3.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-3.2	Демонстрирует знания основных методов математического моделирования эксперимента	Знать основные понятия математического моделирования и приемы построения моделей эксперимента; методы математического анализа производственной деятельности металлургического предприятия; методы получения математических уравнений, описывающих эксперимент. Уметь планировать факторный эксперимент, поиск оптимума; анализировать полученные результаты; планировать эксперимент для построения многомерных диаграмм «состав-свойство». Владеть основными методами построения математических моделей и описанием экспериментальных зависимостей, а также проверкой моделей на основе экспериментальных данных; приемами организации технологического эксперимента в условиях лаборатории и цеха, применением математических методов оптимального планирования экспериментов, оценкой надежности их результатов.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Математическое моделирование эксперимента» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Организация и планирование эксперимента»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Моделирование процессов и объектов в металлургии», «Проектная деятельность»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Основные понятия моделирования	1	2					3	2	Устный опрос
2	Моделирование научного эксперимента.	2, 3, 4	8			1	12	1, 2	10	Решение задач
3	Моделирование эксперимента в методических исследованиях.	5, 6, 7	10			2	12	1, 2	10	Решение задач
4	Метрологические характеристики методик исследования и анализа, их статистическая оценка и контроль.	8, 9	8					1, 2, 3	12	Решение задач
5	Использование дисперсионного анализа в методических	10	4			3	8	1, 2	10	Решение задач

	исследованиях.									
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		32				32		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Основные понятия моделирования	Классификация математических моделей. Математическое моделирование. Методы составления математических моделей: эмпирический метод; экспериментально-аналитический метод; теоретический метод. Сопоставление методов построения математических моделей.
2	Моделирование научного эксперимента.	Типы величин. Типы погрешностей измерений. Случайные величины и их характеристики. Виды распределения случайных величин. Суммарная погрешность измерений. Статистика линейных связей: корреляционный анализ; проверка гипотезы линейности. Статистическая проверка гипотез: сравнение двух дисперсий; сравнение нескольких дисперсий; оценка доверительных интервалов выборочных характеристик. Основы моделирования и проведения эксперимента.
3	Моделирование эксперимента в методических исследованиях.	Общие понятия и термины. Требования к параметру оптимизации и факторам. Установление области определения факторов и выделение подобласти проведения эксперимента. Матрица планирования полного факторного эксперимента. Статистическая обработка опытных данных. Дробный факторный эксперимент. Движение по градиенту.
4	Метрологические характеристики методик исследования и анализа, их статистическая оценка и контроль.	Метрологические характеристики методик анализа. Оценка воспроизводимости методики анализа. Оценка правильности методик. Оценка чувствительности методики.
5	Использование дисперсионного анализа в методических исследованиях.	Однофакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ. Многофакторный дисперсионный анализ.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Анализ моделей и объяснение результатов металлургического эксперимента.	12
2	Решение задачи с планированием полного факторного эксперимента и равномерным дублированием опытов.	12
3	Моделирование научного эксперимента.	8

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	32
2	Подготовка к практическим занятиям	8
3	Проработка разделов теоретического материала	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Математическое моделирование эксперимента : метод. рекомендации по выполнению практ., курсовых и диплом. работ для специальности 110200 "Металлургия цв. металлов" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. - 36.
<http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-15736.pdf>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Математическое моделирование эксперимента : метод. рекомендации по выполнению практ., курсовых и диплом. работ для специальности 110200 "Металлургия цв. металлов" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. - 36.
<http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-15736.pdf>

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Организация и математическое планирование эксперимента [Электронный ресурс] : методические указания по самостоятельной работе по направлению подготовки магистрантов 22.04.02 "Металлургия" очной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 10.
<http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-17960.pdf>

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос нацелен на выявление знания и понимания учебного материала, а также уровень мышления студентов: умеет ли студент обосновать своё решение, обладает ли осмысленными знаниями, владеет ли грамотной устной речью.

Критерии оценивания.

«Отлично» - учащийся полностью раскрыл содержание материала в объёме, предусмотренном программой. Он изложил материал грамотным языком, точно используя математическую терминологию и символику, в определённой логической последовательности. Учащийся правильно выполнил сопутствующие ответу рисунки, чертежи, графики. Он показал умение иллюстрировать теорию конкретными примерами, применять её в новой ситуации. Учащийся продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков. Он отвечал самостоятельно, без наводящих вопросов преподавателя.

«Хорошо» - ответ в основном соответствует требованиям на оценку «отлично», но имеет один из недочётов. Например, в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие математическое содержание ответа. Или допущены 1–2 недочёта при освещении основного содержания ответа, которые учащийся исправил после замечания преподавателя.

«Удовлетворительно» - содержание материала раскрыто неполно или непоследовательно, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала.

«Неудовлетворительно» - не раскрыто содержание учебного материала, учащийся обнаруживает незнание или непонимание большей, или наиболее важной части учебного материала. Допущены ошибки в определении понятия, при использовании математической терминологии, в рисунках, чертежах или графиках, в выкладках, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя.

6.1.2 семестр 3 | Решение задач

Описание процедуры.

Студент должен уметь проанализировать задачу, определить тип задачи, найти главные величины - выделить информацию, которая необходима для решения общим методом. Решить задачу - выполнить действия, выбранные при составлении плана решения. При этом обязательны пояснения, что находят, выполняя каждое действие. Записать ответ по подобию вопроса. Проверить решение - понять, верно ли было решение и удовлетворяет ли оно всем условиям задачи.

Критерии оценивания.

При оценке письменных работ ставятся следующие отметки:

- «5» - если выполнено не менее 90% от всей работы;
- «4» - если выполнено от 75% до 89% от всей работы;
- «3» - если выполнено от 51% до 74% от всей работы;
- «2» - во всех других случаях, не соответствующих вышеперечисленным.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-3.2	Умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии.	Экзамен. Курсовая работа.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде собеседования по вопросам экзаменационного билета.

Пример задания:

1. Модели и моделирование.
2. Распределение Фишера.
3. Моделирование (планирование) экспериментов по выявлению механизма явлений.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии.	Демонстрирует умение выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии, но не всегда обоснованно.	Демонстрирует слабое умение выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии.	Не умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии.

6.2.2.2 Семестр 3, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Для оценки сформированности компетенции необходимо выполнить расчетную курсовую работу и ответить на контрольные вопросы при ее защите.

Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям СТО 005-2020 «Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей».

Пример задания:

1. Задача проверки гипотезы (выяснения механизма явления)
2. Задача проверки гипотезы (задача оптимизации)
3. Задача проверки гипотезы (динамические измерения).

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии.	Умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии, но не на все вопросы обучающийся отвечает полно.	Умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии, но ответы – неполные.	Не умеет выбирать и применять соответствующие методы математического моделирования технологических процессов в металлургии.

7 Основная учебная литература

1. Смагунова А. Н. Математическое планирование эксперимента в методических исследованиях аналитической химии : учебное пособие / А. Н. Смагунова, Г. В. Пашкова, Л. И. Белых, 2017. - 118.
 2. Гмурман Владимир Ефимович. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман, 2004. - 478.
 3. Налимов В. В. Логические основания планирования эксперимента / В. В. Налимов, Т. И. Голикова, 1981. - 151.
- [Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8424.pdf>
4. Цымбал В. П. Математическое моделирование металлургических процессов : учеб. пособие для вузов по спец. "Автоматизация металлург. пр-ва" / В. П. Цымбал, 1986. - 239.
 5. Воробьев, Е. С. Моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие : в 2 частях / Е. С. Воробьев, Э. А. Каралин, Ф. И. Воробьева. — Казань : КНИТУ, 2019 —

Часть 1 : Статистические расчеты и обработка эксперимента. Реализация решений в среде Microsoft Excel — 2019. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-2535-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166181> (дата обращения: 09.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

[Сайт] – URL: <https://reader.lanbook.com/book/166181?lms=b5e389c1a610bbfb6493de2679fc89f4>

6. Воробьев, Е. С. Моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие : в 2 частях / Е. С. Воробьев, Э. А. Каралин, Ф. И. Воробьева. — Казань : КНИТУ, 2019 — Часть 2 : Планирование оптимального эксперимента, реализация решений в среде Microsoft Excel — 2019. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-2536-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196210> (дата обращения: 09.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

[Сайт] – URL: <https://reader.lanbook.com/book/196210?lms=d790fe279d092ce825d04e767550bb64>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Малышев В. П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента / В. П. Малышев, 1977. - 37.

2. Рошваргер А. Е. Математическое планирование научно-технических исследований. Статистический подход / АН СССР, Центральный экономико-математический институт, 1975. - 440.

3. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман, 2003. - 403.

4. Адлер Ю. П. Планирование при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский, 1976. - 279.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8226.pdf>

5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: Программированное введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский, 1970. - 284.

6. Математическое моделирование эксперимента : метод. рекомендации по выполнению практ., курсовых и диплом. работ для специальности 110200 "Металлургия цв. металлов" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. - 36.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-15736.pdf>

7. Реброва, И. А. Планирование эксперимента : учебное пособие / И. А. Реброва. — 2-е изд., доразраб., испр. — Омск : СибАДИ, 2022. — 110 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/300428> (дата обращения: 09.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

[Сайт] – URL: <https://reader.lanbook.com/book/300428?lms=b26d5512db61b7a5bec2040f67eae3d8>

8. Щурин, К. В. Планирование и организация эксперимента : учебное пособие для вузов / К. В. Щурин, Е. К. Волкова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 336 с. — ISBN 978-5-507-50674-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/454484> (дата обращения: 09.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

[Сайт] – URL: <https://reader.lanbook.com/book/454484?lms=f6d207bd64424ca0a5202b79290ccc1d>

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://grebennikon.ru/>
2. <https://www.iprbookshop.ru/>
3. <https://bookonlime.ru>.
- 4 <https://www.rsl.ru>
5. <http://csl.isc.irk.ru/>
6. <http://window.edu.ru/>
7. <http://www.computer-museum.ru/> .
8. <http://www.intuit.ru/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>
3. <http://e.lanbook.com>
4. <http://elibrary.ru>
5. <http://elib.istu.edu/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран с электроприводом, акустическая система + ПК с выходом в Internet. Комплект мебели, доска, маркер или мел Лицензионное программное обеспечение.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Компьютерный класс от 15 до 25 компьютеров, объединенных в локальную сеть, для выполнения лабораторных работ. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран с электроприводом, акустическая система + ПК с выходом в Internet. Комплект мебели, доска, маркер или мел. Лицензионное программное обеспечение

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся