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

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Белоусова Ольга
Викторовна
Дата подписания: 30.05.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 30.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Организация и планирование эксперимента» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-2 Способность использовать основные понятия, законы и модели переноса тепла и массы в профессиональной деятельности	ПКС-2.1
ПКС-4 Способность организовывать, планировать эксперименты, обобщать данные, интерпретировать результаты и делать выводы	ПКС-4.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-2.1	Знает основные принципы моделирования процессов переноса тепла и массы	Знать Знать методы решения практических задач в области металлургии-ческой теплотехники; построение и анализ математических моделей Уметь Уметь оперировать совокупностью математических выражений, отражающих существенные свойства и особенности объекта исследования; реализовывать математические модели переноса тепла и массы, а также последующую интерпретацию их результатов компьютерными средствами. Владеть Владеть навыками построения стационарной модели тепло- и массопереноса для различных условий теплоотвода через стенку аппарата.
ПКС-4.1	Демонстрирует навыки организации этапов исследования, планирования и проведения экспериментов, обработки и анализа результатов испытаний и измерений	Знать Знать матрицу планирования полного факторного эксперимента; статистическую обработку опытных данных; дробный факторный эксперимент; движение по градиенту Уметь Уметь анализировать модели и объяснить результаты эксперимента Владеть Владеть навыками обработки результатов эксперимента

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Организация и планирование эксперимента» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Критическое и системное мышление»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Математическое моделирование эксперимента», «Металлургические технологии», «Моделирование процессов и объектов в металлургии», «Обогащение руд цветных металлов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ 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	Введение. Классическое понятие вероятности.	1	2					4	4	Устный опрос
2	Аксиоматическое определение понятия вероятности, случайные величины и	2	2					4	4	Устный опрос

	законы их распределения									
3	Предельные теоремы	3	2					4	4	Письменный опрос
4	Исследование связи между случайными величинами.	4	2			1, 3	8	2, 3	4	Устный опрос
5	Понятие математической модели, общие принципы и этапы ее построения, методы решения сопряженных задач	5	2			2	4			Письменный опрос
6	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	6	2			4	4	2, 3	6	Письменный опрос
7	Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов	7	2			7	4	3	4	Письменный опрос
8	Постановка и пути решения оптимизационных задач.	8	2			5	4	3	4	Устный опрос
9	Необходимые сведения из теории вероятностей и математической статистики.	9	2							Устный опрос
10	Основные понятия организации эксперимента.	10	2							Письменный опрос
11	Планы эксперимента.	11	4					3	4	Письменный опрос
12	Методы поиска оптимума.	12	4					2, 3	6	Устный опрос
13	Планирование эксперимента при изучении системы «состав-свойство».	13	2			6	4			Письменный опрос
14	Экспериментальное совершенствование технологии в условиях действующего производства.	14	2			8	4	1	4	Устный опрос

	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		32				32		44	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Классическое понятие вероятности.	Современное металлургическое производство как сложная технологическая система. Принципы организации и функционирования производства. Основные принципы и методы анализа, моделирования и оптимизации технологических схем реального производства. Понятие "событие". Вероятность события. Совместимые, несовместимые и достоверные события. Классическое определение вероятности. Понятие геометрической вероятности.
2	Аксиоматическое определение понятия вероятности, случайные величины и законы их распределения	Случайная величина, как результат опыта. Природа измеряемых объектов, средства и методы измерения. Дискретная и непрерывная случайная величина. Закон распределения дискретной случайной величины. Доверительная вероятность или надежность. Случайная выборка и генеральная совокупность. Выборочные характеристики. Понятие случайной и систематической погрешности.
3	Предельные теоремы	Соответствие теории и практики. Центральная предельная теорема Ляпунова. Функция Лапласа. Теорема Муавра – Лапласа. Биноминальное распределение случайной величины.
4	Исследование связи между случайными величинами.	Изучение функциональной или статистической связи между двумя переменными величинами. Корреляционный анализ. Коэффициенты парной корреляции. Градуировочные характеристики. Ряд Тейлора. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов. Коэффициенты регрессии.
5	Понятие математической модели, общие принципы и этапы ее построения, методы решения сопряженных задач	Математическая модель - неотъемлемая часть системного подхода организации металлургического производства в современных условиях. Оптимизация технологического процесса, построение эмпирических формул, нахождение констант теоретических моделей, исследование диаграмм состав-свойство. Объект исследования, факторы и параметры оптимизации. Функция отклика. Систематизация моделей.
6	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	Стационарные и нестационарные системы. Задачи вычислительного эксперимента. Модели с распределенными и сосредоточенными параметрами. Задачи и подзадачи экспериментального

		исследования. Построение эффективного алгоритма решения задачи. Проверка адекватности модели с использованием статистической проверки гипотез.
7	Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов	Доверительные интервалы выборочных характеристик. Доверительный интервал среднего арифметического и среднего квадратичного отклонения. Допустимость расхождения между параллельными результатами измерения. Расхождение между средним арифметическим и "истинным" значением. Информативность, производительность, достоверность результатов метода анализа.
8	Постановка и пути решения оптимизационных задач.	Правильная постановка задачи и выбор адекватного параметра оптимизации. Простые и сложные параметры оптимизации. Требования, предъявляемые к факторам. Ранжирование факторов. Матрица планирования. Реплика и полуреплика. Ортогональные планы.
9	Необходимые сведения из теории вероятностей и математической статистики.	Закон распределения случайных величин. Методы организации и планирования эксперимента. Формализованные и неформализованные этапы принятия решений. Планирование экстремальных экспериментов и планирование экспериментов по выявлению механизма процесса.
10	Основные понятия организации эксперимента.	Цель эксперимента. Опыт. Эксперимент. Активный и пассивный эксперимент. Их достоинства и недостатки. Объект исследования и его модель в планировании эксперимента. Факторы, их виды, требования к ним. Типы наблюдаемых данных, виды, требования. Многокритериальные задачи оптимизации. Иерархия критериев. Возможность синтеза единого критерия. Функция желательности. Область применения.
11	Планы эксперимента.	Понятие плана эксперимента. Нормированный план. Невырожденность плана. Оптимальность. Критерии оптимальности планов. Оптимальные планы полного факторного эксперимента. Правила их составления. Свойства. Планы типа. Полный факторный эксперимент и математическая модель. Дробные реплики. Принципы построения. Свойства. Минимальная регулярная реплика. Смешивание эффектов. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты.
12	Методы поиска оптимума.	Метод Гаусса-Зейделя, градиентный метод, метод случайного поиска, последовательный симплексный метод. Характеристика. Достоинства и недостатки.
13	Планирование эксперимента при	Метод симплексных решеток. Виды полиномиальных моделей. Симплекс-решетчатые

	изучении системы «состав-свойство».	планы Шеффе. Симплекс-центроидные планы. Д-оптимальные планы. Планы с минимизацией систематического смещения (МСС). Исследование локальных участков диаграмм. Изучение зависимости свойства от соотношения компонентов
14	Экспериментальное совершенствование технологии в условиях действующего производства.	Возможность эксперимента на действующем оборудовании. Ограничения по диапазону изменения параметров, срокам, затратам. Необходимость рандомизации. Адаптационные методы оптимизации технологических процессов. Заключение по курсу. Роль статистического анализа и планирования эксперимента в работе инженера-исследователя в лаборатории и на производстве. Организационное планирование и материальная подготовка эксперимента.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Выбор параметрических критериев для оценки различия и связи экспериментальных величин	4
2	Постановка задач, определение путей решения и прогнозирование результатов	4
3	Оценка по опытным данным коэффициента корреляции.	4
4	Расчет по результатам эксперимента линейных и нелинейных регрессионных моделей, проверка их адекватности	4
5	Планирование факторного эксперимента для поиска оптимума, анализ полученных результатов	4
6	Применение методов статистического анализа для построения многомерных систем «состав-свойство»	4
7	Оценка двойственности параметров в линейном программировании	4
8	Использование ЭВМ и соответствующих программ для построения моделей технологических процессов	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	4
2	Подготовка к контрольным работам	6
3	Подготовка к практическим занятиям	22
4	Проработка разделов теоретического материала	12

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 практическим занятиям

Иркутский национальный исследовательский технический университет : офиц. сайт. – URL:<https://el.istu.edu/course/view.php?id=1183>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Применение методов статистического анализа при моделировании технологических процессов: методические указания по самостоятельной работе [Электронный ресурс] /сост.: О.В.Белюсова.- Иркутск: ИРНИТУ, 2014.- 23с.

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 2 | Письменный опрос

Описание процедуры.

Обучающимся необходимо выполнить письменную работу по ранее пройденным разделам и темам дисциплин являющихся базисом для изучаемой.

Пример задания:

1. Уравнение регрессии, определение его параметров.
2. Определение тесноты корреляционной связи.
3. Математическая модель, как методологическое понятие.
4. Основные этапы математического моделирования

Критерии оценивания.

Четко и логически стройно излагает материал изучаемой дисциплины; умеет тесно увязывать теоретические вопросы металлургической теплотехники с прикладными задачами, используя знания основных законов термодинамики и теплообмена. Свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний.

6.1.2 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Обучающимся необходимо пройти устный опрос по ранее пройденным разделам и темам дисциплины являющихся базовыми для проведения математического анализа экспериментальных данных.

Критерии оценивания.

Обучающиеся показывают удовлетворительные базовые знания в области получения и анализа математически обработанных результатов эксперимента.

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
ПКС-2.1	Глубоко и прочно усвоил программный материал; последовательно, четко и логически стройно его излагает; умеет тесно увязывать теоретические вопросы металлургической теплотехники с прикладными задачами, используя знания основных законов термодинамики и тепломассообмена. Свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы.	Устное собеседование по вопросам зачета
ПКС-4.1	Демонстрирует способность обработки и анализа математической обработки результатов экспериментов	Выполнение контрольных работ

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Обучающиеся проходят промежуточный контроль знаний, активно участвуют в проведении практических занятий, успешно отвечают на контрольные вопросы, выносимые на зачет:

Пример задания:

1. Коэффициенты парной корреляции.
2. Определение линейной зависимости.
3. При разработке метода РФА шламов электролитического производства меди изучали, как изменяется химический состав проб в зависимости от времени отбора пробы из процесса. Каждую пробу отбирали через 0.25 суток, а оценивали по содержанию

примесей Pb и Sb.

Проба	1	2	3	4	5	6	7
Pb	13.3	13.0	10.0	5.1	16.2	11.7	13.1
Sb	25.1	25.5	26.3	26.8	24.7	24.3	26.3

а) Рассчитать коэффициенты корреляции.

б) Какая связь между переменными величинами?

в) На основе расчетов сделать вывод.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Демонстрирует глубокое и прочное усвоение материала дисциплины; исчерпывающее, последовательное, четкое и логически стройное его изложение. Способен свободно справляться с вопросами металлургической теплотехники, а также прикладными задачами и другими видами применения знаний, не затрудняться с ответом, может использовать в ответе материал дополнительной литературы, правильно обосновывать принятое решение. Способен формулировать цели и задачи исследований в металлургии цветных металлов, показывает</p>	<p>Демонстрирует прочное усвоение материала дисциплины; последовательно, четко и логически стройно его излагает. Не допускает существенных неточностей в ответах на вопросы, связанные с металлургической теплотехникой, правильно обосновывает принятое решение. Показывает знания основных законов термодинамики и теплообмена, а также полученных в ходе решения практических задач результатов. Способен формулировать цели и задачи исследований в металлургии цветных металлов. Показывает способность критически оценивать данные</p>	<p>Демонстрирует усвоение основного материала дисциплины; не исчерпывающе, с нарушением логической последовательности его излагает. Допускает неточности в ответах на вопросы, связанных с металлургической теплотехникой, затрудняется правильно обосновывать принятое решение. Владеет базовыми знаниями о закономерностях массо- и теплопереноса, а также математического анализа экспериментальных данных, полученных на основе этих процессов. Может формулировать цели и задачи исследований в металлургии цветных металлов. Затрудняется критически оценивать данные об</p>	<p>Демонстрирует существенные неточности в ответах на вопросы, связанные с металлургической теплотехникой и не владеет базовыми знаниями закономерностей основных процессов массо- и теплопереноса. Не способен правильно обосновывать принятое решение. Не показывает навыки планирования и приемы выполнения металлургического эксперимента, а также анализа полученных в ходе решения практических задач результатов. Не способен формулировать цели и задачи исследований в металлургии цветных металлов.</p>

<p>навыки использования основных законов термодинамики и теплообмена при постановке эксперимента, а также математического анализа и интерпретации полученных в ходе решения практических задач результатов. Критически оценивает данные об объекте исследования и делает адекватные выводы</p>	<p>об объекте исследований и делать выводы.</p>	<p>объекте исследований и делать выводы.</p>	
--	---	--	--

7 Основная учебная литература

1. Белоусова О. В. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : курс лекций / О. В. Белоусова, 2008. - 26.
2. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : методические указания по проведению практических занятий по направлению подготовки "Технологические машины и оборудование" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 30.
3. Петровский А. А. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента : электронный курс / А. А. Петровский, 2023

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Планирование эксперимента при исследовании физико-химических свойств металлургических шлаков : метод. пособие / АН КазССР, Центр.-Каз. отд-ние, Хим.-металлург. ин-т, 1989. - 114.
2. Мецик М. С. Методы обработки экспериментальных данных и планирование эксперимента по физике : учеб. пособие / М. С. Мецик, 1981. - 111.
3. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ. под ред. Э. К. Лецкого, Е. В. Марковой, 1981. - 516.
4. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов : пер. с нем. / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер; ред. Э. К. Лецкий, 1977. - 552.
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.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

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

1. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010
2. Microsoft Windows Seven Professional (Microsoft Windows Seven Starter) - Seven, Vista, XP_prof_64, XP_prof_32 - поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор EPSON EB
2. Проектор "Epson EB-S18"
3. Мультимедиа-проектор Acer XD1150 ADV.DLP.ZOOM.SVGA800*600