

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО  
В.Н. Бричкин**

---

**Проректор по образовательной  
деятельности доцент Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	22.04.02 Metallургия
<b>Направленность (профиль):</b>	Теплотехника металлургических процессов
<b>Квалификация выпускника:</b>	магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	профессор Г.В. Петров

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Организация экспериментальных исследований» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия», утвержденного приказом Минобрнауки России №308 от 24 апреля 2018 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.02 Metallургия» направленность (профиль) «Теплотехника металлургических процессов».

Составитель \_\_\_\_\_ профессор Г.В. Петров

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Metallургия» от 27.01.2022., протокол № 12.**

Заведующий кафедрой металлургии \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. В.Н. Бричкин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

– конкретизация навыков и методов выполнения экспериментальных исследований реальных технологических процессов, действующих и проектируемых металлургических аппаратов, в том числе исследования явлений тепломассообмена, аэрогидродинамики, энергетики, механизма протекания технологических процессов и особенностей работы металлургических аппаратов.

### Основные задачи дисциплины:

– подготовка студентов, обучающихся в магистратуре, к творческому применению полученных знаний при создании новых и совершенствовании действующих технологических процессов и агрегатов, решении вопросов снижения выбросов металлургическими агрегатами и их воздействия на окружающую среду.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Организация экспериментальных исследований» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «22.04.02 Металлургия (уровень магистратуры)» и изучается в 1 семестре.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Организация экспериментальных исследований» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ОПК-4	ОПК-4.1. Демонстрировать умение самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.
		ОПК-4.2. Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; способность совершенствоваться и развивать свой интеллектуальный и профессиональный уровень в течение всей жизни.
		ОПК-4.3. Знать основные правила поиска и отбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности.
		ОПК-4.5. Владеть приемами умственной деятельности, связанными с анализом, синтезом, сравнением, классификацией, структурированием и систематизацией информации.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		1
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>64</b>	<b>64</b>
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	48	48
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>44</b>	<b>44</b>
Подготовка к практическим занятиям	44	44
Подготовка к лабораторным работам	-	-
<b>Вид аттестации (экзамен - Э)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак. час зач. ед.</b>	<b>144 4</b>
		<b>144 4</b>

### 4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: практические занятия и самостоятельная работа.

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела дисциплины	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. «Постановка задачи экспериментально исследования и разработка технического задания на его проведение»	16	2	8	-	6
Раздел 2. «Формирование плана экспериментального исследования, характеристика измеряемых величин, математическое планирование экспериментов»	18	2	8	-	8
Раздел 3. «Лабораторная и приборная база экспериментальных исследований для решения задач металлургического производства»	18	4	8	-	6
Раздел 4. «Экспериментально-статистические методы математического описания результатов экспериментальных исследований»	20	4	8	-	8
Раздел 5. «Математическое описание и научная интерпретация термодинамических параметров и функций состояния физико-химических систем и кинетических характеристик процессов»	18	2	8	-	8
Раздел 6. «Выполнение отчета о завершённой научной работе, патентных исследованиях и	18	2	8	-	8

Наименование раздела дисциплины	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
подготовка заявки на результаты интеллектуальной деятельности»					
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>44</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Постановка задачи экспериментально исследования и разработка технического задания на его проведение	Исторические аспекты развития опытных исследований. Организация и этапы научно-технического исследования. Основы классификации методов исследований: сравнение и измерение; индукция и дедукция; анализ и синтез; научные гипотезы; абстракция и обобщение; моделирование. Классификация задач и выбор методики эксперимента. Априорное факторное ранжирование. Разработка технического задания на проведение эксперимента.	2
2	Формирование плана экспериментального исследования, характеристика измеряемых величин, математическое планирование экспериментов	Теоретические основы планирования экспериментов. Пассивный и активный эксперимент. Характеристика измеряемых величин. Практика расчёта размерных и безразмерных величин. Понятие и виды погрешностей. Применение математического планирования экспериментов: планы I-II - го порядков.	2
3	Лабораторная и приборная база экспериментальных исследований для решения задач металлургического производства	Основные принципы создания экспериментальных установок. Выбор конструкционных материалов для лабораторного оборудования. Обоснование способов контроля параметров металлургических процессов и выбор методов количественного и	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		качественного анализа исходного сырья и продуктов.	
4	Экспериментально-статистические методы математического описания результатов экспериментальных исследований	Методика расчета погрешностей измерений. Систематические и случайные погрешности. Расчет погрешностей при косвенных измерениях. Использование корреляционного, дисперсионного и регрессионного методов анализа экспериментальных закономерностей.	4
5	Математическое описание и научная интерпретация термодинамических параметров и функций состояния физико-химических систем и кинетических характеристик процессов	Использование технологических, теплотехнических, термодинамических и кинетических расчётов при проведении экспериментальных исследований	2
6	Выполнение отчета о завершённой научной работе, патентных исследованиях и подготовка заявки на результаты интеллектуальной деятельности	Основные требования к характеру и содержанию результатов экспериментальных исследований, структуре изложения, оформлению и языку рукописной научной работы (отчета). Подготовка отчета о патентных исследованиях и заявки на изобретение. Основные этапы подготовки презентации.	2
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Априорное ранжирование факторного пространства эксперимента..	8
2	Раздел 2	Математическое планирование эксперимента с использованием планов первого и второго порядков.	8
3	Раздел 3	Лабораторная и приборная база экспериментальных исследований: выбор конструкционных материалов для опытных установок и лабораторного оборудования	8
4	Раздел 4	Применение корреляционного, дисперсионного и регрессионного методов анализа экспериментальных закономерностей.	8

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
5	Раздел 5	Технологические, теплотехнические, термодинамические и кинетические расчёты при проведении экспериментальных исследований	8
6	Раздел 6	Практика выполнения и оформления отчёта о патентных исследованиях, и подготовки заявки на результаты интеллектуальной деятельности. Подготовка презентации по результатам экспериментального исследования.	8
<b>Итого:</b>			<b>48</b>

**4.2.4. Лабораторные работы** – лабораторные работы не предусмотрены.

**4.2.5. Курсовые работы (проекты)** – курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе дисциплины «Организация экспериментальных исследований» широко используются следующие образовательные технологии:

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

**6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

**Раздел 1. Постановка задачи экспериментального исследования и разработка технического задания на его проведение.**

1. Назовите доминирующие технологические задачи в металлургии.
2. Назовите основные этапы развития экспериментальной химии и металлургии.
3. Охарактеризуйте метод, используемый при разделении фаз в неравновесных физико-химических системах.
4. Сформулируйте основные принципы классификации методов исследований.

5. Что представляет собой априорное ранжирование факторного пространства эксперимента?

## **Раздел 2. Формирование плана экспериментального исследования, характеристика измеряемых величин, математическое планирование экспериментов**

1. Сформулируйте базовый принцип создания технологических схем при разделении элементов.

2. Обоснуйте применяемый диапазон уровня значимости в инженерных расчетах.

3. Что является мерой первоначальной неопределенности объекта, зависящей от числа возможных его состояний и от вероятностей этих состояний?

4. Назовите свойство матрицы планирования, свидетельствующее о некоррелированности факторов

5. Какими особенностями может быть охарактеризован эксперимент, проводимый на основе статистического планирования?

## **Раздел 3. Лабораторная и приборная база экспериментальных исследований для решения задач металлургического производства**

1. Для разработки какого типа моделей используется принцип «черного ящика»?

2. Что определяется на основании данных параллельных опытов и характеризует равноточность измерения во всех опытах?

Какой гидрометаллургический процесс может быть использован для разделения элементов в системе, состоящей только из жидких фаз?

4. Какие коррозионностойкие материалы используются при создании автоклавных стенов для изучения процессов вскрытия упорного рудного и техногенного сырья?

5. Назовите основные исторические этапы развития лабораторной техники и анализа.

## **Раздел 4. Экспериментально-статистические методы математического описания результатов экспериментальных исследований.**

1. Обозначьте принципиальное отличие метода оптимизации Бокса-Уилсона от метода Гаусса-Зайделя.

Отражение существенных сторон реальной системы, в удобной форме представляющее информацию о ней:

3. С помощью какого метода анализа устанавливается существенность влияния фактора на исследуемую величину?

4. Какой коэффициент используется для определения степени согласованности при ранжировании факторного пространства эксперимента?

5. Сформулируйте основные принципы регрессионного анализа.

## **Раздел 5. Математическое описание и научная интерпретация термодинамических параметров и функций состояния физико-химических систем и кинетических характеристик процессов**

1. Дайте характеристику основных способов моделирования, применяемых в металлургии.

2. Назовите свойство системы, характеризующееся количеством работы, которая может быть получена внешним приемником энергии при обратимом взаимодействии с окружающей средой до установления равновесия.

3. Охарактеризуйте основные функции состояния физико-химической системы.

4. Что представляет собой цикл Борна-Габера и его предназначение в термодинамических расчетах?



5. Как можно иначе сформулировать понятие «математическое ожидание величины  $y$ »?

## **Раздел 6. Выполнение отчета о завершенной научной работе, патентных исследованиях и подготовка заявки на результаты интеллектуальной деятельности**

1. Назовите основные источники научно-технической информации для осуществления патентного поиска и особенности их использования.

2. Перечислите основные разделы отчета о выполненной научной работе.

3. Сформулируйте основные принципы составления библиографического списка.

4. Охарактеризуйте основные виды презентаций о выполненной научно-исследовательской работе.

5. Сформулируйте основные этапы патентования результатов интеллектуальной деятельности.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену**

1. Типичные группы задач, решаемые экспериментальными методами в металлургических технологиях.

2. Структурные элементы технического задания.

3. Что включает в себя понятие план экспериментального исследования?

4. Что отличает план полного факторного эксперимента?

5. Какими достоинствами и недостатками обладает проведение экспериментального исследования по плану дробного факторного эксперимента?

6. Что означает понятие многофакторный и многопараметрический эксперимент?

7. В чём преимущество планирования с использованием безразмерного масштаба величин?

8. Приведите примеры оптимизационного планирования.

9. Какими основными характеристиками обладает измерение?

10. Каким образом осуществляется передача единиц измерений?

11. Приведите классификацию погрешностей измерений.

12. Какие методы используются для выявления погрешностей?

13. Какие факторы влияют на появление случайных, систематических и грубых погрешностей?

14. Абсолютная, относительная, приведенная и допустимая погрешности.

15. Перечислите основные характеристики средств измерений.

16. Приведите классификацию шкал средств измерения.

17. Как можно уменьшить погрешность измерения?

15. Какими признаками должно обладать изобретение?

16. Закон Гаусса. Распределение Гаусса.

17. Закон Стьюдента. Распределение Стьюдента.

18. Приведите классификацию лабораторного оборудования.

19. Типы лабораторных печей и материалы, которые используются для изготовления нагревательных элементов.

20. Назовите основные виды лабораторных средств измерения температуры.

21. Приведите классификацию измеряемых величин, наиболее часто востребованных в практике экспериментальных исследований металлургических процессов.

21. Какие основные виды металлических материалов используются в конструкциях лабораторного оборудования для исследования металлургических процессов?

22. Перечислите основные группы неметаллических материалов, которые используются в конструкциях лабораторного оборудования для исследования металлургических процессов.

23. Чем определяется необходимость использования избытка реагента для осуществления химического взаимодействия при исследовании металлургических процессов?

24. Какова размерность величины, наиболее часто используемой для оценки вероятности протекания электрохимического процесса?

25. Какова размерность скорости процесса электролиза, которая чаще всего используется в практике экспериментальных исследований?

26. Каков физический смысл константы в уравнении, выражающем тепловой закон Джоуля?

27. Что является распространённым признаком многостадийности химического взаимодействия в металлургических процессах?

28. Какой тип уравнения является наиболее подходящим для описания кинетики фазовых переходов в сталях?

29. Чем научное открытие отличается от изобретения по смыслу и способу регистрации?

30. Как строится формула изобретения?

31. Какие структурные элементы содержит описание изобретения?

32. Что общего между техническим аналогом и прототипом и в чём различие?

33. Назовите структурные элементы презентации для представления результатов экспериментального исследования.

34. Что является признаком научной новизны результатов применительно к исследованию металлургических технологий?

35. В каком случае результаты экспериментальных исследований становятся научной продукцией?

### 6.1.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Определите, какой вид абстракции указан в перечне:	1. обобщение 2. синтез 3. гипотеза 4. идеализация
2.	Один из основных способов моделирования, применяемый в металлургии:	1. геометрическое 2. дифференциальное 3. интегральное 4. физическое
3.	Доминирующие технологические задачи в металлургии:	1. гомогенизации 2. синтеза 3. изменения физического состояния 4. разделения элементов
4.	Метод, используемый при разделении фаз в неравновесных системах:	1. концентрирование в промежуточном продукте 2. повышение температуры 3. достижение равновесия

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. катализ
5.	Базовый принцип решения технологических задач высших диапазонов (создание технологических схем) при разделении элементов:	1. уменьшение диапазона решения задачи 2. конкретизация задачи 3. абстрагирование 4. повышение уровня неопределенности задачи
6.	Отношение максимальной дисперсии $D_{y_0}$ к сумме всех дисперсий в $N$ опытных точках:	1. критерий Фишера 2. коэффициент аппроксимации 3. коэффициент экстраполяции 4. критерий Кохрена
7.	Формула расчета критерия Стьюдента:	1. $t_l = \frac{ a_l }{\sigma_{a_l}}$ 2. $t_l = \frac{a_l}{\sigma_{a_l}}$ 3. $t_l = \frac{ a_l }{\sigma_{a_l}} l$ 4. $t_l =  a_l _a$
8.	С помощью какого метода анализа устанавливается существенность влияния фактора на исследуемую величину:	1. метод наименьших квадратов 2. аналоговый 3. дисперсионный 4. корреляционный
9.	Установление сходства в некоторых сторонах, качествах и отношениях между нетождественными объектами:	1. тождество 2. равенство 3. аналогия 4. подобие
10.	Эмпирический подход к анализу объекта:	1. стохастический 2. детерминистический 3. традиционный 4. силлогический
11.	Применяемый диапазон уровня значимости в инженерных расчетах:	1. 0,01-0,1 2. 0-1 3. 0-100 4. -1 - (+1)
12.	Коэффициент, используемый для определения степени	1. корреляции 2. релаксации

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	согласованности при ранжировании факторного пространства:	3. индукции 4. конкордации
13.	Свойство матрицы планирования, свидетельствующее о некоррелированности факторов:	1. оптимальность 2. поливалентности 3. пассивность 4. ортогональность
14.	Обозначение 1/8 реплики от П.Ф.Э. $2^7$ :	1. $1/8 (2^7)$ 2. $8/2^7$ 3. $1/2 (2^4)$ 4. $2^{7-3}$
15.	Эксперимент, проводимый на основе статистического планирования:	1. пассивный 2. статистический 3. непрерывный 4. активный
16.	Для разработки какого типа моделей используется принцип «черного ящика»:	1. стохастических 2. статических 3. детерминированных 4. абстрактных
17.	Что определяется на основании данных параллельных опытов и характеризует равноточность измерения во всех опытах:	1. дисперсия воспроизводимости 2. критерий Кохрена 3. конкордация 4. факторная дисперсия
18.	Принципиальное отличие метода оптимизации Бокса-Уилсона от метода Гаусса-Зайделя заключается в:	1. аппроксимации части поверхности отклика плоскостью 2. пошаговом сканировании поверхности отклика 3. линеаризации поверхности 4. применении ПФЭ $2^3$
19.	Отражение существенных сторон реальной системы, в удобной форме представляющее информацию о ней:	1. гипербола 2. модель 3. абстракция 4. критерий

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Экспериментально определяемым параметром, характеризующим механизм латентного периода кристаллизации, является:	1. скорость зародышеобразования 2. скорость роста на затравке 3. время полной кристаллизации его продолжительность

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
2.	При лимитирующей роли стадии зародышеобразования кинетика процесса наиболее точно описывается уравнением:	1. Щукарева 2. Яндера 3. Аррениуса 4. Колмогорова-Ерофеева
3.	Экспериментальное определение коэффициенты активности ионов в растворах основано на:	1. измерении инфракрасного спектра 2. кинетических исследованиях 3. изучении их физико-химических свойств 4. измерении равновесных электродных потенциалов
4.	Для установления порядка химической реакции в растворе необходимо установить зависимость скорости процесса от:	1. температуры 2. концентрации реагирующих веществ 3. степени турбулентности потока 4. ионной силы раствора
5.	Для установления величины константы в уравнении Аррениуса необходимо провести исследования при различной:	1. температуре 2. концентрации (давлении) 3. степени турбулентности потока 4. величине Ж/Т
6.	Температуру фазовых превращений обычно определяют:	1. термовесовым методом 2. изотермическим методом 3. дифференциально-термическим методом 4. методом политерм
7.	Математическая модель, воспроизводящая поведение процессов во времени:	1. кластерная 2. динамическая 3. стохастическая 4. бинарная
8.	Каким недостатком обладает требование минимизации отклонений в виде $ \sum_{i=1}^n \Delta y_i  = \min$	1. не учтена форма пространства отклика 2. не учтен знак отклонений. 3. сложно дифференцировать модуль 4. не учитывает возможную компенсацию отклонений
9.	Какой технологический процесс может быть использован для разделения элементов при следующей характеристике фазового состояния разделяемых фаз $\sum_{i=1}^n T_i$ :	1. сорбция 2. флотоэкстракция 3. выщелачивание 4. магнитная сепарация
10.	Название модели, представляющей гетерофазную систему как однородную:	1. псевдогомогенные 2. однофазные 3. абстрактные 4. одинарные

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
11.	Что является взаимоднозначным соответствием между множеством элементов или объектов:	1. конгруэнтность 2. изоморфизм 3. логичность 4. идеальность
12.	Как называется устоявшееся положение в науке:	1. парадокс 2. идея 3. гипотеза 4. парадигма
13.	Метод, применяемый для решения технологической задачи диспергации кусковых материалов:	1. грануляция 2. прессование 3. порошковая металлургия 4. дробление
14.	Метод, применяемый для решения задачи создания градиента концентрации в пространственных координатах:	1. электродиализ 2. газовая диффузия 3. зонная плавка 4. хроматография
15.	Базовый принцип разделения элементов в гетерогенных системах:	1. направленное формирование фаз требуемого состава 2. скачкообразное изменение концентрации 3. конденсация 4. модуляция
16.	Меры, способствующие приближению фаз к равновесным составам в случае наличия кинетической инертности соединений:	1. временная выдержка 2. стабилизация 3. репульпация 4. лабилизация
17.	Метод оптимизации, включающий последовательный перебор всех допустимых уровней факторов:	1. покоординатное восхождение 2. метод градиента 3. крутое восхождение 4. сканирование
18.	Один из традиционных методов определения значимости технологических параметров:	1. априорное ранжирование 2. аксиоматичное ранжирование 3. градация 4. иерархия
19.	К какому типу относятся системы, в которых в одной области протекают процессы различной природы:	1. идеальные 2. с сосредоточенными параметрами 3. псевдопараметрические 4. с распределенными параметрами

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
20.	Какой гидрометаллургический процесс может быть использован для разделения элементов при данной характеристике фазового состояния системы $\sum_{i=1}^n \mathcal{K}_i$	1. Электролиз 2. Сорбция 3. Экстракция 4. Кристаллизация

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Что характеризует остаточная сумма квадратов отклонений величины $Y$ от ее среднего значения в каждом опыте:	1. факторную дисперсию 2. общее рассеяние 3. межгрупповое рассеяние 4. внутригрупповое рассеяние
2.	Математическое выражение коэффициента корреляции между величинами $Y$ и $X$ :	1. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}^2$ 2. $R_{yx} = 1/k_{yx} \sigma_x \sigma_y$ 3. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}$ 4. $R_{yx} = k_{yx} / \sigma_x \sigma_y$
3.	Какой метод проверки адекватности модели основан на преобразовании теоретического выражения в уравнение прямой линии:	1. корреляции 2. симплекс-метод 3. оптимизации 4. линеаризации
4.	Выберите уравнение факторной дисперсии:	1. $D_{y_\phi} = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$ 2. $D_{y_\phi} = \frac{S_y}{N-1}$ 3. $D_y = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$ 4. $D_{y_\phi} = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$
5.	Что характеризует остаточная сумма квадратов отклонений величины $Y$ от ее среднего значения в каждом опыте:	1. факторную дисперсию 2. общее рассеяние 3. межгрупповое рассеяние 4. внутригрупповое рассеяние
6.	Математическое выражение коэффициента корреляции между величинами $Y$ и $X$ :	1. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}^2$ 2. $R_{yx} = 1/k_{yx} \sigma_x \sigma_y$ 3. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. $R_{yx} = k_{yx} / \sigma_x \sigma_y$
7.	Какой метод проверки адекватности модели основан на преобразовании теоретического выражения в уравнение прямой линии:	1. корреляции 2. симплекс-метод 3. оптимизации 4. линеаризации
8.	Выберите уравнение факторной дисперсии:	1. $D_{y_\phi} = \frac{S_{y_\phi}}{N1}$ 2. $D_{y_\phi} = \frac{S_y}{N-1}$ 3. $D_y = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$ 4. $D_{y_\phi} = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$
9.	Что характеризует остаточная сумма квадратов отклонений величины Y от ее среднего значения в каждом опыте:	1. факторную дисперсию 2. общее рассеяние 3. межгрупповое рассеяние 4. внутригрупповое рассеяние
10.	Математическое выражение коэффициента корреляции между величинами Y и X:	1. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}^2$ 2. $R_{yx} = 1/k_{yx} \sigma_x \sigma_y$ 3. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}$ 4. $R_{yx} = k_{yx} / \sigma_x \sigma_y$
11.	Коэффициенты уравнения линейной регрессии вычисляются с использованием метода:	1. линейных градиентов 2. крутого восхождения 3. симплексов 4. наименьших квадратов
12.	Особое место экспериментальных исследований в технологии переработки природного сырья связано с:	1. большими производственными затратами и рисками 2. невозможностью математического моделирования технологических процессов 3. низкой изученностью определяющих закономерностей 4. существенными отличиями его химического и фазового состава от модельных систем
13.	Физическое моделирование удобно использовать для экспериментального изучения процессов:	1. одинаковой физической природы 2. различной физической и химической природы 3. одинаковой физико-химической природы



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. доступных с позиций лабораторного воспроизведения условий их осуществления
14.	Статистические модели позволяют вести описание объекта с установленной точностью:	1. только в области экстраполяции 2. только в режиме интерполяции 3. при подходе к области максимума 4. при подходе к области минимума
15.	Формулировка П.Ф.Э при 2-х факторах на двух уровнях:	1. $3^2$ 2. $3n_i^2$ 3. $2n_i^3$ 4. $2^2$
16.	Выберите математическое выражение метода наименьших квадратов:	1. $\sum_{i=1}^n (y_i)^2 = \min$ 2. $\sum_{i=1}^n (y_i - 1)^2 = \min$ 3. $\sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2 = \min$ 4. $\sum_1^n (\Delta y_i)^2 = \min$
17.	Метод, применяемый для разделения элементов в многофазной системе при характеристике фазового состояния $\sum_{i=1}^n T_i, \Gamma$ :	1. плавка 2. селективное выщелачивание 3. сублимация 4. фьюмингование
18.	Свойство системы, характеризующееся количеством работы, которая может быть получена внешним приемником энергии при обратимом взаимодействии с окружающей средой до установления равновесия:	1. энтальпия 2. эксергия 3. теплота 4. работа
19.	Назовите свойство модели:	1. гипотетичность 2. конгруэнтность 3. изомерность 4. изоморфность
20.	К какому подклассу технологических задач относятся процессы плавления:	1. окускование 2. диспергация 3. получение металлов 4. синтез товарных продуктов

### 6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**7.1. Основная литература**

1. Власов К.П. Методы научных исследований и организации эксперимента. СПГГИ (ТУ). СПб., 2000. 116 с.
2. Шариков Ю.В. Моделирование процессов и объектов в металлургии / Ю.В.Шариков, И.Н.Белоглазов, А.Ю.Фирсов. СПГГИ (ТУ). СПб., 2006. 83 с.
3. Шариков Ю.В. Моделирование систем. Часть 1.: Синтез моделей технологических объектов на базе уравнений гидродинамики и химической кинетики / Ю.В.Шариков, И.Н.Белоглазов. Санкт-Петербургский государственный горный университет. СПб., 2011. 108 с.
4. Сидняев Н.И. Введение в теорию планирования эксперимента / Н.И. Сидняев, Н.Т. Вилисова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 463 с.
5. Назаров В.И. Теплотехнические измерения и приборы: учебное пособие / В.И. Назаров. Минск: "Вышэйшая школа", 2017. 280 с.  
<https://e.lanbook.com/book/111308>
6. Анискевич Ю.В. Приборы и методы измерения теплотехнических величин: учебное пособие / Ю.В. Анискевич. Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2012. 117 с.  
<https://e.lanbook.com/book/63681>

**8.2. Дополнительная литература**

1. Грейвер Т.Н. Основы методов постановки и решения технологических задач цветной металлургии. М.: ГУП Издательский дом «Руда и металлы», 1999. 147 с.
2. Филиппов С.И. Физико-химические методы исследования металлургических процессов / С.И.Филиппов, П.П.Арсентьев, В.В.Яковлев и др. М.: Металлургия, 1968. 551 с

3. Саутин С.Н. Теоретические основы планирования экспериментальных исследований в химии и химической технологии / С.Н. Саутин, А.Е. Пунин. Ленинградский технологический институт имени Ленсовета. Л., 1979. 67 с.

4. Шалыгин Л.М. Расчёты пирометаллургических процессов на основе простых математических моделей / Л.М. Шалыгин, Т.Р. Косовцева, С.Н. Салтыкова. СПГИ (ТУ). СПб., 1996. 65 с.

5. Тихонов О.Н. Простые математические модели металлургических процессов. ЛГИ, Л., 1978. 109 с.

6. Протосеня А.Г. Выбор оптимального варианта технологии металлургического процесса / А.Г. Протосеня, Т.Н. Горшунова. ЛГИ. Л., 1985. 71 с.

### **7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>

2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>

4. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.

5. Портал металлургической отрасли: <http://www.infogeo.ru>

6. Термодинамические базы данных: <http://www.factsage.com>,  
<http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan>

7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

8. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

9. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

10. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопт»»: <http://rucont.ru>

11. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>

12. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>

### **7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Организация экспериментальных исследований: Методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] / Сост. С.Б. Фокина. СПб., 2018. 8 с.

[http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs\\_1543194274.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1543194274.pdf)

2. Организация экспериментальных исследований: Методические указания к практическим занятиям [Электронный ресурс] / Сост. С.Б. Фокина. СПб., 2018. 36 с.

[http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr\\_1543194274.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr_1543194274.pdf)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

Специализированная аудитория, используемая при проведении лекционных и практических занятий, оснащена мобильным интерактивным комплексом, позволяющим демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель: стол Canvaro ASSMANN – 16 шт., компьютерное кресло 7873 A2S – 1 шт., стул 7874 A2S – 30 шт., доска белая Magnetoplan C2000x1000 мм, эмал.покрыт, магн/марк, 12 409 CC – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN – 1 шт.

Компьютерная техника: мобильный интерактивный комплекс – 1 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники», ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования», ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования», Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012  
Kaspersky antivirus 6.0.4.142

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)