

**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**  
доцент **В.Н. Бричкин**

---

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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

# **ОРГАНИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

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

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Организация и математическое планирование эксперимента» 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) «Metallургия цветных металлов».

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

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

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

**Рабочая программа согласована:**

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

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

– формирование профессиональных навыков, необходимых для проведения научных исследований, направленных на решение задач металлургии, как технической науки и сферы производственной деятельности..

### Основные задачи дисциплины:

- **закрепление** ранее полученных знаний и умений (компетенций) применительно к экспериментальному исследованию объектов металлургии и овладение современным подходами экспериментальных исследований с использованием методов математического планирования;
- **формирование:** культуры и навыков научного исследования, направленных на решение профессиональных задач в соответствии с потребностями производственной деятельности и в смежных областях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Организация и математическое планирование эксперимента» относится к базовой 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 и математическое планирование эксперимента» 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.
Способен выбирать методы	ПКС-1	ПКС-1.1. Знать методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике анализировать, обрабатывать и представлять результаты		испытаний и измерений. Критерии выбора методов и методик исследований.
		ПКС-1.2. Уметь проводить испытания, измерения и обработку результатов. Регистрировать показания приборов. Проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы.
		ПКС-1.3. Владеть выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований. Выполнением оценки и обработки результатов исследования.
Способен планировать, проводить подготовку и проведение экспериментов, анализировать, обобщать и представлять результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчёты	ПКС-2	ПКС-2.1. Знать планирование, подготовку и проведение эксперимента. Статистический анализ данных. Требования ГОСТ к оформлению отчётов.
		ПКС-2.2. Уметь строить сетевой график и календарный план исследования. Оформлять и представлять результаты в соответствии с требованиями ГОСТ.
		ПКС-2.3. Владеть составлением плана проведения эксперимента, плана НИР.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		1
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
Лекции	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Подготовка к практическим занятиям	40	40
<b>Вид аттестации - зачет (З)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак. час зач. ед.</b>	<b>72 2</b>
		<b>72 2</b>

## 4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, 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. «Введение»	11	2	-	-	10
Раздел 2. «Нормативная база научных исследований, оформление и представление их результатов»	15	4	-	2	10
Раздел 3. «Планирование экспериментальных исследований»	25	6	-	8	10
Раздел 4. «Методы экспериментальных исследований и лабораторная база для их проведения»	21	4	-	6	10
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>40</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак. часах
1.	Введение	Цель и задачи дисциплины. Структура и методы её освоения. Место и значение экспериментальных исследований в металлургии цветных металлов	2
2.	Нормативная база научных исследований, оформления и представления их результатов	Стандарты, методическая и другая нормативная документация регламентирующая работу по проведению научных исследований, включая экспериментальные исследования, оформление и представление результатов, включая их публикацию и апробацию.	4
3.	Планирование экспериментальных исследований	Виды планирования и назначение планов. Понятие параметра, фактора и интервала варьирования. Методы теоретического и эмпирического определения значимости технологических факторов и интервалов их варьирования. Понятие полного и дробного факторного эксперимента. Линейные матрицы планирования. Методология определения коэффициентов уравнения линейной регрессии их	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак. часах
		доверительного интервала и адекватности интерполяционной математической модели в безразмерном и реальном масштабе величин. Оптимизационные планы и методология их реализации. Основы нелинейного планирования экспериментов.	
4.	Методы экспериментальных исследований и лабораторная база для их проведения	Методология экспериментального исследования, пирометаллургических, гидрометаллургических и электрометаллургических процессов и относящихся к ним систем. Особенности лабораторного (физического) моделирования технологических процессов, применяемое для этого лабораторное оборудование и техника лабораторных работ.	4
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

**4.2.3. Практические занятия** - Практические занятия не предусмотрены.

#### **4.2.4. Лабораторные работы**

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Практика подготовки заявки на результаты интеллектуальной деятельности по материалам экспериментальных исследований. Библиографическое описание документов.	2
2	Раздел 3	Разработка и выбор матриц планирования для проведения полного и дробного факторного эксперимента. Расчёт коэффициентов уравнения линейной регрессии, оценка их значимости и адекватности интерполяционной модели.	8
3	Раздел 4	Практика выполнения технологических расчётов для экспериментального исследования пиро- и гидрометаллургических процессов производства цветных металлов	6
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

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

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В курсе дисциплины «Организация и математическое планирование эксперимента» широко используются следующие образовательные технологии:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Лабораторные работы** являются связующим звеном между теорией и практикой и проводятся в целях практического освоения обучающимися научно-теоретических положений изучаемой дисциплины, овладения ими техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов, привития навыков работы с лабораторными установками, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой.

**Консультации** (текущая консультация, накануне зачета) 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 лекциях и других 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 . Введение**

1. Чем отличается экспериментальное исследование от других методов изучения в металлургии?

2. В чем заключаются отличия естественного эксперимента и наблюдения, беседы, клинического метода, метода описания частных случаев и др.?

3. В чем отличие систематического наблюдения от экспериментального исследования?

4. Назовите характеристику корреляционного исследования.

5. В чем основные особенности экспериментального исследования?

6. Что такое квазиэксперимент?

7. По этому критерию различаются методы организации исследования.

8. Какие формальные основания позволяют выделить разные типы экспериментального исследования?

9. Что такое исследовательский эксперимент?

10. Что такое подтверждающий эксперимент?

#### **Раздел 2. Нормативная база научных исследований, оформление и представление их результатов**

1. Сформулируйте основные цели и задачи патентного исследования.

2. Дайте характеристику критического эксперимента.

3. Оцените роль презентации научного исследования.

4. Правильно ли рассуждение, что собственно эксперимент применяется только для обнаружения причинной связи явлений? Докажите это.

5. В чем заключается планирование экспериментального исследования?
6. Приведите основные этапы экспериментального исследования и их содержание.
7. Кратко охарактеризуйте нормативно-правовые основы системы образования и научных исследований.
8. Дайте характеристику патентного исследования.
9. В чем заключается алгоритм исследования?
10. Назовите основные нормативные акты, регламентирующие проведение научных исследований.

### **Раздел 3. Планирование экспериментальных исследований**

1. В чём заключается основное преимущество однофакторного эксперимента?
2. Что такое внешняя и внутренняя валидность эксперимента?
3. Кем была создана процессуальная классификация планов для исследования связи двух переменных и в чем она заключается?
4. Что такое "квазиэкспериментальные" планы?
5. В какой форме удобнее всего представлять результаты многофакторных исследований?
6. Что является взаимоднозначным соответствием между множеством элементов или объектов?
7. За счёт чего возможно уменьшение числа опытов при проведении экспериментальных исследований?
8. Что такое двухуровневый эксперимент и в чём его преимущества и недостатки по сравнению с многоуровневыми исследованиями?
9. Назовите основные этапы выбора экспериментального плана.
10. С какой целью осуществляется планирование эксперимента?

### **Раздел 4. Методы экспериментальных исследований и лабораторная база для их проведения**

1. Какие методы экспериментальных исследований применяются для исследования условий равновесия физико-химической системы?
2. Что из экспериментальных приемов используется для формирования модели технологического объекта с использованием частных моделей гидродинамики и химической кинетики?
3. Какие опытные исследования проводятся для моделирования и количественного описания кинетики гетерогенных процессов?
4. Назовите основные типы экспериментальных исследований, которые применяются для создания термодинамической характеристики физико-химической системы.
5. В чем заключается априорное ранжирование факторного пространства?
6. Какие методы экспериментирования применяются для описания структуры потоков технологических объектов?
7. Что такое атомно-абсорбционный анализ?
8. С какой целью осуществляется контроль окислительно-восстановительных потенциалов при изучении гидрохимических систем?
9. Какое лабораторное пирометаллургическое оборудование используется при изучении процессов обжига шихтовых материалов?
10. Назовите основные исторические этапы становления количественного анализа.

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

##### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету:**

1. Какие вопросы решает оптимизация?
2. В чём заключается смысл метода по координатной оптимизации, его достоинства и недостатки



3. Какие основные задачи приходится решать применительно к развитию минерально-сырьевого комплекса?
4. С чем связана необходимость проведения экспериментальных исследований при решении задач минерально-сырьевого комплекса?
5. Что включает в себя понятие «Инструментарий», и каково его значение для повышения эффективности научных исследований?
6. Поясните преимущества и недостатки лабораторного и промышленного эксперимента.
7. Какие документы нормируют научно-исследовательскую работу?
8. Какова последовательность выполнения НИР?
9. В чём заключается смысл моделирования металлургических объектов, процессов и систем?
10. Что такое эксперимент? Какова его роль в инженерной практике?
11. В чем отличие количественного и качественного экспериментов?
12. Какое значение имеет экспериментальное исследование в процессе моделирования объекта?
13. Дайте определения следующим терминам: опыт, фактор, уровень фактора, функция отклика, план и планирование эксперимента.
14. Что такое полный факторный эксперимент и чем он отличается от дробного факторного эксперимента?
15. Что такое двухуровневый эксперимент и в чём его преимущества и недостатки по сравнению с многоуровневыми исследованиями?
16. В чём заключается основное преимущество однофакторного эксперимента?
17. За счёт чего возможно уменьшение числа опытов при проведении экспериментальных исследований?
18. В какой форме удобнее всего представлять результаты многофакторных исследований?
19. Что такое физическое моделирование процесса?
20. В чём заключается смысл математического моделирования?

### 6.3.2. Примерные тестовые задания к зачету

#### Вариант 1

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Адекватность модели экспериментальным результатам оценивается величиной:	1. дисперсии функции 2. критерия Фишера 3. критерия Стьюдента 4. коэффициента частной или множественной корреляции
2.	При большом разбросе дисперсий для оценки адекватности модели предпочтительно использование:	1. критерия согласия Кохрена 2. критерия Бартлета 3. критерия Фишера 4. критерия Стьюдента
3.	Экспериментальное определение экстремума функции основано на использовании:	1. метода наименьших квадратов 2. расширенного описания многофакторного пространства 3. регрессионного анализа 4. методов рационального движения по поверхности отклика
4.	Экспериментальное исследование, устанавливающее зависимость $(Y_1, Y_2, Y_3) = f(X_1, X_2, \dots, X_i)$ , где $(Y_2, Y_3) = f(Y_1)$ , относится к:	1. однофакторному и многопараметрическому 2. однофакторному и однопараметрическому

№	Вопросы	Варианты ответов
		3. многофакторному и однопараметрическому 4. неопределённому с позиций числа факторов и параметров
5.	Экспериментально установленную зависимость вида $Y = f(X_1 - X_6)$ удобнее всего представлять:	1. графически в координатах $Y - X_1, Y - X_2$ и т.д. 2. графически в координатах $Y - X_1, X_2; Y - X_3, X_4$ и т.д. 3. графически в координатах $Y - X_1, X_2, X_3$ и т.д. 4. в аналитической форме
6.	Корреляционный анализ экспериментальных результатов устанавливает:	1. вид аппроксимирующей функции 2. тесноту линейной связи переменных величин 3. дисперсию функции 4. адекватность модели процессу
7.	Сокращение числа опытов при математическом планировании экспериментальных исследований обеспечивается за счёт:	1. учёта всех значимых факторов 2. потери малозначимой информации 3. повышения точности экспериментов 4. увеличения числа параллельных опытов в центре математического плана
8.	В ПФЭ при варьировании четырёх факторов на трёх уровнях общее число опытов составит:	1. $3^4$ 2. $4^3$ 3. $3^{4-1}$ 4. $2^{3+4}$
9.	Уменьшение числа опытов в четыре раза по сравнению с ПФЭ обеспечивается в ДФЭ вида:	1. $4^{3+1}$ 2. $2^{7-2}$ 3. $3^{5-1}$ 4. $8^{8-4}$
10.	Значимость коэффициента совместного влияния факторов с увеличением их числа:	1. возрастает 2. не меняется 3. уменьшается 4. уменьшается пропорционально значимости каждого фактора
11.	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
12.	Определяющим достоинством двухуровневого планирования опытов является:	1. высокая точность результатов 2. возможность описания функции в широком диапазоне аргумента 3. минимальное количество экспериментов 4. методическая простота их постановки
13.	Эффект смещения коэффициентов в ДФЭ устанавливается:	1. на основе полученной модели 2. на основе коэффициента множественной корреляции 3. по величине критерия Фишера 4. по виду определяющего контраста
14.	Эффект смещения коэффициентов в ПФЭ:	1. определяется значением критерия Фишера 2. определяется видом определяющего контраста

№	Вопросы	Варианты ответов
		3. устанавливается по величине коэффициентов уравнения регрессии 4. отсутствует
15.	Коэффициенты уравнения линейной регрессии вычисляются с использованием метода:	1. линейных градиентов 2. крутого восхождения 3. симплексов 4. наименьших квадратов
16.	Регрессионный анализ экспериментальных результатов включает:	1. нахождение экстремумов функции 2. нахождение вида функциональной связи переменных 3. математическое описание процесса 4. статистическую оценку аппроксимирующей функции
17.	Отбор технологически значимых факторов для проведения экспериментального исследования:	1. возможен на основе анализа фундаментальных закономерностей 2. производится произвольно 3. затруднён неизвестными связями переменных величин 4. возможен только по результатам поисковых исследований
18.	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
19.	Физическое моделирование удобно использовать для экспериментального изучения процессов:	1. одинаковой физической природы 2. различной физической и химической природы 3. одинаковой физико-химической природы 4. доступных с позиций лабораторного воспроизведения условий их осуществления
20.	Математическое моделирование позволяет описывать процессы:	1. не зависимо от их природы 2. только одинаковой физической природы 3. только в геометрически подобных системах 4. при условии их экспериментального воспроизведения с различным масштабом

## Вариант 2

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Свойство матрицы планирования, свидетельствующее о некоррелированности факторов:	1. Оптимальность 2. ортогональность 3. пассивность

№	Вопросы	Варианты ответов
		4. статичность
2.	Обозначение 1/8 реплики от П.Ф.Э. 27:	1. 1/8 (27) 2. 8/27 3. пассивность 4. 27-3
3.	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. $\sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2 = \min$
4.	Коэффициент, используемый для определения степени согласованности при ранжировании факторного пространства:	1. Конкордации 2. релаксации 3. индукции 4. корреляции
5.	Условие нормировки для П.Ф.Э. типа 2к:	1. $\sum_{i=1}^N x_{iu} = N$ 2. $\sum_{i=1}^N x_{iu}^2 = N$ 3. $\sum_{i=1}^N x_{iu}^2 = N$ -k 4. $\sum_{i=1}^N x_{iu}^2 = N$ /k
6.	Математическое выражение критерия Фишера при его использовании в дисперсионном анализе:	1. $F=1/D_{y\phi}$ 2. $F=D_{y\phi} / D_{y_0}$ 3. $F=D_{y\phi} D_{y_0}$ 4. $F=1-D_{y\phi} / D_{y_0}$
7.	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
8.	Что обозначает а в выражении оптимального числа стадий разделения элементов $S=(n-1)/(f-1)+a$ :	1. продуктов, дополнительно требующих очистки 2. компонентов 3. фаз 4. концентратов
9.	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. $R_{yx} = (\sigma_x \sigma_y) k_{yx}$

№	Вопросы	Варианты ответов
		4. $R_{yx} = k_{yx} / \sigma_x \sigma_y$
10.	Каким промышленным аппаратам наиболее точно соответствует диффузионная модель движения потока:	1. барботажные устройства 2. экстракционные колонки 3. аппараты КС 4. мешалки
11.	Эксперимент, проводимый на основе статистического планирования:	1. Пассивный 2. статистический 3. непрерывный 4. активный
12.	Как называется диффузионная модель, если при ее построении учитывается только продольное перемешивание:	1. однопараметрическая 2. двухпараметрическая 3. продольно-диффузионная 4. радиальная
13.	Для разработки какого типа моделей используется принцип «черного ящика»:	1. Стохастических 2. статических 3. детерминированных 4. абстрактных
14.	Какой метод проверки адекватности модели основан на преобразовании теоретического выражения в уравнение прямой линии:	1. Корреляции 2. симплекс-метод 3. оптимизации 4. линеаризации
15.	Назовите линеаризованное уравнение для выражения $z = k \exp(-mt)$ :	1. $\ln z = \ln k - 1/mt$ 2. $\ln z = 1/\ln k - mt$ 3. $\ln z = \lg k - mt$ 4. $\ln z = \ln k - mt$
16.	Расчетная формула метода Эйлера для численного решения дифференциальных уравнений:	1. $y = y_i + \Delta x f(x_i, y_i)$ 2. $y_{i+1} = y_i + x f(x_i, y_i)$ 3. $y_{i+1} = y_i + \Delta x f(x, y)$ 4. $y_{i+1} = y_i + \Delta x f(x_i, y_i)$
17.	К какому методу решения дифференциальных уравнений относится расчетная формула $y_{i+1} = y_i + \frac{\Delta x}{6} f(k_1 + 4k_2 + k_3)$ :	1. Эйлера-Коши 2. Рунге-Кутты 3. усовершенствованному методу Эйлера 4. Эйлера
18.	Выберите уравнение факторной дисперсии:	1. $D_{y_\phi} = \frac{S_{y_\phi}}{N1}$ 2. $D_{y_\phi} = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$ 3. $D_y = \frac{S_{y_\phi}}{N-1}$ 4. $D_{y_\phi} = \frac{S_y}{N-1}$
19.	Что определяется на основании данных параллельных опытов и	1. дисперсия воспроизводимости 2. критерий Кохрена

№	Вопросы	Варианты ответов
	характеризует равноточность измерения во всех опытах:	3. конкордация 4. факторная дисперсия
20.	В иерархической структуре модели сложного процесса на уровне частиц малого объема учитываются:	1. явления массо- и теплопереноса 2. особенности химической кинетики 3. характеристики движения потоков 4. взаимное расположение рабочих зон аппарата

### Вариант 3

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Эксперимент, проводимый на основе статистического планирования:	1. Пассивный 2. статистический 3. непрерывный 4. активный
2.	Предложите методику снижения неопределенности технологической задачи при создании схемы переработки минерального сырья:	1. «обратной связи» 2. обобщения 3. градации 4. «прямых аналогий»
3.	Отношение максимальной дисперсии $D_{y_0}$ к сумме всех дисперсий в N опытных точках:	1. критерий Фишера 2. коэффициент аппроксимации 3. критерий Кохрена 4. коэффициент экстраполяции
4.	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. $t_l =  a_l _a$
5.	Назовите линеаризованное уравнение для выражения $z = k \exp(-mt)$ :	5. $\ln z = \ln k - 1/mt$ 6. $\ln z = 1/\ln k - mt$ 7. $\ln z = \lg k - mt$ 8. $\ln z = \ln k - mt$
6.	Расчетная формула метода Эйлера для численного решения дифференциальных уравнений:	5. $y = y_i + \Delta x f(x_i, y_i)$ 6. $y_{i+1} = y_i + x f(x_i, y_i)$ 7. $y_{i+1} = y_i + \Delta x f(x, y)$ 8. $y_{i+1} = y_i + \Delta x f(x_i, y_i)$

7.	К какому методу решения дифференциальных уравнений относится расчетная формула $y_{i+1} = y_i + \frac{\Delta x}{6} f(k_1 + 4k_2 + k_3)$ :	5. Эйлера-Коши 6. Эйлера 7. усовершенствованному методу Эйлера 8. Рунге-Кутта
8.	Что является мерой первоначальной неопределенности объекта, зависящей от числа возможных его состояний и от вероятностей этих состояний:	1. Энтропия 2. энтальпия 3. энергия Гиббса 4. внутренняя энергия
9.	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
10.	Как можно иначе сформулировать понятие «математическое ожидание величины у»	1. Погрешность 2. отклонение от среднего значения 3. среднее значение 4. вероятность появления
11.	Название модели, представляющей гетерофазную систему как однородную:	1. Одинарные 2. псевдогомогенные 3. абстрактные 4. Однофазные
12.	Что является взаимоднозначным соответствием между множеством элементов или объектов:	1. Конгруэнтность 2. равенство 3. логичность 4. изоморфизм
13.	Выберите правильную математическую формулировку $\pi$ -теоремы:	1. $\pi = \Phi(kx+b)$ 2. $\pi = 1/\Phi(\pi_1, \pi_2, \pi_k)$ 3. $\pi = \Phi(\pi_1, \pi_2, \pi_m-k)$ 4. $\pi = \Phi/(\pi_1, \pi_2, \pi_m-k)$
14.	Как называется устоявшееся положение в науке:	1. Парадокс 2. идея 3. гипотеза 4. парадигма
15.	Что описывает формула $Y = m_y + r_{yx} \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (X - m_x)$ :	1. Нелинейную зависимость 2. Линейную зависимость 3. Множественную зависимость 4. Дисперсионную зависимость
16.	Определите, какой вид абстракции указан в перечне:	1. Обобщение 2. синтез 3. гипотеза 4. идеализация
17.	Задачи, относящиеся к 2-му типу в классификации технологических задач:	1. изменение физического состояния 2. синтез соединений 3. разделение элементов 4. формирование иерархии

18.	Соотношение подобия:	1. $P_i / R_i = m_i$ 2. $P_i R_i = m_i$ 3. $P_i \lg R_i = m_i$ 4. $P_i = R_i$
19.	Метод, применяемый для решения задачи создания градиента концентрации в пространственных координатах:	1. Электродиализ 2. газовая диффузия 3. зонная плавка 4. хроматография
20.	Базовый принцип разделения элементов в гетерогенных системах:	1. направленное формирование фаз требуемого состава 2. скачкообразное изменение концентрации 3. конденсация 4. кристаллизация

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

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

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

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Не зачтено
51-100	Зачтено

## 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. Пономарёв В.Б. Математическое моделирование технологических процессов: курс лекций / В.Б. Пономарёв, А.Б. Лошкарёв. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 129 с.
6. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / Н.А. Спирин, В.В. Лавров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. 257 с.

### 7.2. 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. СПГГИ (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. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
6. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
7. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
8. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru>
9. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>
10. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>

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

1. Организация и математическое планирование эксперимента. Методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] / Сост. Сост. В.Н. Бричкин, В.В. Васильев. 10 с. <http://ior.spmi.ru/node/9470>
2. Организация и математическое планирование эксперимента: Методические указания к практическим занятиям [Электронный ресурс] / Сост. В.Н. Бричкин, В.В. Васильев. СПб., 2018. 10 с. <http://ior.spmi.ru/node/9470>
3. Природа техногенного сырья и проблемы его использования. Методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] / Сост. А.Я. Бодуэн. СПб., 2018. 10 с. <http://ior.spmi.ru/node/9470>
4. Природа техногенного сырья и проблемы его использования: Методические указания к практическим занятиям [Электронный ресурс] / Сост. А.Я. Бодуэн, С.Б. Фокина. СПб., 2018. 46 с. <http://ior.spmi.ru/node/9470>

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

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

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

Мебель: стол Canvago 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 Vitaco ASSMANN – 1 шт.

Компьютерная техника: мобильный интерактивный комплекс – 1 шт.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе.

Мебель: стол Canvaro ASSMANN – 10 шт., стул 7875 A2S – 17 шт., доска на колесах – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN – 1 шт.

Компьютерная техника: моноблок Dell OptiPlex 7470 AIO CTO 23.8" FHDDDR4 8 ГБ – 17 шт., лазерный принтер Xerox Phaser 3610 DN – 17 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)