

**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  
профессор Т.Н. Александрова

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности  
Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	21.05.04 Горное дело
<b>Направленность (профиль):</b>	Обогащение полезных ископаемых
<b>Квалификация выпускника:</b>	Горный инженер (специалист)
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Львов В.В.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Моделирование процессов обогащения» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного приказом Минобрнауки России № 987 от 12 августа 2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета специальности 21.05.04 «Горное дело», направленность (профиль) «Обогащение полезных ископаемых».

Составитель: \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. В.В. Львов

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Обогащения полезных ископаемых» 02.02.2021, протокол № 13.**

Заведующий кафедрой обогащения полезных ископаемых \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Т.Н. Александрова

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Дубровская Ю.А.

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ Романчиков А.Ю.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Дисциплина «Моделирование процессов обогащения» является комплексной общетехнической дисциплиной, включающей основы изучения математического моделирования подготовительных и основных процессов обогащения полезных ископаемых.

**Цель изучения дисциплины** – формирование у студентов базовых знаний в области теоретических закономерностей математического моделирования процессов обогащения полезных ископаемых, современного научного мировоззрения, развитие творческого естественнонаучного мышления, ознакомление с методологией научных исследований, подготовка выпускников к решению профессиональных задач, связанных с практическими навыками работы с прогнозирующими и оптимизирующими компьютерными пакетами.

### **Основные задачи дисциплины:**

В результате освоения дисциплины «Моделирование процессов обогащения» студент должен:

#### **Знать:**

- теоретические основы закономерностей математического моделирования подготовительных и основных процессов обогащения полезных ископаемых;
- методы работы с профессиональными компьютерными программами;
- взаимосвязь, функциональное назначение комплексов по переработке и обогащению полезных ископаемых.

#### **Уметь:**

- использовать компьютер как средство управления и обработки информационных массивов;
- применять полученные теоретические знания и практические навыки в области обогащения полезных ископаемых;
- разрабатывать и реализовывать модели процессов обогащения минерального и техногенного сырья на основе современной методологии проектирования.

#### **Владеть:**

- навыками разработки и реализации моделирования процессов при переработке минерального и техногенного сырья на основе современной методологии проектирования;
- навыками расчёта моделей основного оборудования для дробления, измельчения, классификации и обогащения полезных ископаемых при проектировании обогатительных фабрик;
- навыками анализа технико-экономических показателей работы обогатительной фабрики и разработки мероприятий для улучшения этих показателей.

## 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование процессов обогащения» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений по специальности 21.05.04 «Горное дело» направленность (профиль) «Обогащение полезных ископаемых» и изучается в 6 - 7 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Моделирование процессов обогащения» являются «Высшая математика», «Инженерная и компьютерная графика», «Введение в информационные технологии», «Введение в специальность», «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению», «Основы обогащения и переработки минерального сырья».

Дисциплина «Моделирование процессов обогащения» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Теория разделения минералов», «Опробование минерального сырья», «Магнитные, электрические и специальные методы обогащения», «Гравитационные методы обогащения», «Флотационные методы обогащения», «Вспомогательные процессы», «Проектирование обогатительных фабрик».

Особенностью дисциплины «Моделирование процессов обогащения» является применение методов математического моделирования:

- технологических процессов для подготовки и обработки информации;
- технологических схем обогащения в зависимости от критерия оптимальности.

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

Процесс изучения дисциплины «Моделирование процессов обогащения» направлен на формирование следующих компетенций:

<b>Формируемые компетенции</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
Способен выполнять научно-исследовательскую работу, анализировать, обрабатывать, обобщать и защищать полученные результаты	ПКС-2	ПКС-2.1 <b>Знать</b> специализированные программные продукты, приборы и оборудование для решения исследовательских задач
		ПКС-2.2 <b>Уметь:</b> обрабатывать данные, полученные в результате научно-исследовательской работы; применять математические модели объектов профессиональной деятельности
		ПКС-2.3 <b>Владеть</b> навыками анализа, обобщения, систематизации и интерпретации данных, полученных в результате научно-исследовательской работы, для их защиты в рамках выпускной квалификационной работы (проекта)
Способен корректировать существующую технологию обогащения полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых и информации, полученной в ходе самостоятельных исследований	ПКС-7	ПКС-7.1 <b>Знать</b> технологию обогащения основных видов полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых
		ПКС-7.2 <b>Уметь</b> применять технологию обогащения основных видов полезных ископаемых
		ПКС-7.3 <b>Владеть</b> навыками выбора технологии обогащения основных видов полезных ископаемых

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование процессов обогащения» составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		6	7
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>115</b>	<b>64</b>	<b>51</b>
Лекции	66	32	34
Практические занятия (ПЗ)	49	32	17
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>65</b>	<b>26</b>	<b>39</b>
Выполнение курсового проекта	36	–	36
Подготовка к практическим занятиям	23	20	3
Подготовка к дифф. зачету	6	6	–
<b>Промежуточная аттестация –зачет (З) / экзамен (Э) / курсовой проект (КП)</b>	<b>3, Э(36), КП</b>	<b>3</b>	<b>Э(36), КП</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			
	<b>ак. час.</b>	<b>216</b>	<b>90</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>6</b>	<b>2,5</b>
			<b>126</b>
			<b>3,5</b>

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Статические модели процессов сокращения крупности	46	10	32		4
2.	Статические модели процессов и аппаратов для разделения по крупности	12	10	-		2
3.	Модели расчётов массовых балансов	32	12	-		20
4.	Современные компьютерные технологии в области обогащения полезных ископаемых	78	28	17		33
5.	Моделирование поведения сыпучего материала	12	6	-		6
<b>ИТОГО:</b>		<b>180</b>	<b>66</b>	<b>49</b>		<b>65</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Статические модели процессов сокращения крупности	Введение. Основной принцип имитационного моделирования. Разновидности моделей процессов сокращения крупности. Понятие о функциях отбора, разрушения, классификации. Основные виды матричных моделей процесса сокращения крупности. Кинетическая модель процесса измельчения. Модель мельницы идеального перемешивания. Модели дробления, стержневой и шаровой мельниц, мельниц само- и полусамоизмельчения. Модель пресс-валковой дробилки.	10
2.	Статические модели процессов и аппаратов для разделения по крупности	Действительная, скорректированная и приведенная кривые эффективности разделения. Понятие о $d_{50c}$ . Модели дугового сита, вибрационного грохота и гидроциклона. Различные модели кривых эффективности.	10
3.	Модели расчётов массовых балансов	Метод взвешенных наименьших квадратов и неопределённых множителей Лагранжа, основа моделирования балансовых расчётов.	12
4.	Современные компьютерные технологии в области обогащения полезных ископаемых	Введение. Общие понятия. Процесс оптимизации с помощью моделирования. Механизм поиска решения. Исходные данные для моделирования. Примеры компьютерных пакетов (Bruno, USIMPAC 3, MODSIM, AggFlo, PlantDesigner, JKSImMet, JKSImFloat).	28
5.	Моделирование поведения сыпучего материала.	Значение численного инженерного анализа при моделировании процессов и аппаратом обогащения и рудоподготовки. Геометрическое трехмерное моделирование. CAD - системы. Эволюция CAD-систем. CAE системы. Математическая база CAE систем. Метод конечных элементов, метод конечных объемов. Метод дискретных элементов (DEM) как обобщение метода конечных элементов. Область применения метода дискретных элементов. Основные уравнения и алгоритмы. Алгоритм работы с программным обеспечением для моделирования. Контактные модели. Задание свойств материалов. Калибровочные испытания. Контроль и управление динамикой движения элементов оборудования. Сравнительный анализ универсальных прогнозирующих и оптимизирующих компьютерных пакетов по моделированию технологических процессов на обогатительных фабриках.	6
<b>ИТОГО :</b>			<b>66</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Математические модели процессов сокращения крупности. Определение результатов четырех последовательных стадий разрушения частиц	4
2	Раздел 1	Математические модели процессов сокращения крупности. Прогнозирование результатов сокращения крупности. Матричная модель	8
3	Раздел 1	Математические модели процессов сокращения крупности. Прогнозирование результатов измельчения. Матричная модель	6
4	Раздел 1	Математические модели процессов сокращения крупности. Прогнозирование результатов крупности. Кинетическая модель	6
5	Раздел 1	Математические модели процессов сокращения крупности. Прогнозирование результатов измельчения. Модель идеального перемешивания	8
6	Раздел 4	Моделирование схем обогащения	2
7	Раздел 4	Моделирование скорректированной схемы обогащения	3
8	Раздел 4	Создание и моделирование схемы обогащения	6
9	Раздел 4	Изучение особенностей моделирования в JKSimMet	6
<b>ИТОГО:</b>			<b>49</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

№ п/п	Тематика курсовых работ (проектов)
1	Математическое моделирование схемы измельчения (по заданным вариантам)
...	...

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**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.** Цели лабораторных работ:

Ознакомить студентов с процессами и аппаратами, применяемыми для грохочения, дробления, классификации и измельчения полезных ископаемых.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф.зачета и 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 (проектов). 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.

**Курсовое проектирование** формирует навыки самостоятельного профессионального творчества.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

#### **Раздел 1. Статические модели процессов сокращения крупности**

1. Перечислите математические модели процессов сокращения крупности.
2. Что является сепарационной характеристикой классификатора?
3. Скорость разрушения частиц можно определить по ...?
4. Модель мельницы идеального перемешивания.
5. Перечислите основные виды матричных моделей процесса сокращения крупности.

#### **Раздел 2. Статические модели процессов и аппаратов для разделения по крупности**

1. Назовите модели дугового сита, вибрационного грохота и гидроциклона.
2. Что называется, скорректированной кривой эффективности?
3. Что называется, приведенной кривой эффективности?
4. Как построить график кривой эффективности классификации?
5. Что называется, истинной кривой эффективности?

#### **Раздел 3. Модели расчётов массовых балансов**

1. Как рассчитать массовый баланс технологической схемы?
2. В чем состоит основа моделирования балансовых расчётов?
3. Метод взвешенных наименьших квадратов и неопределённых множителей Лагранжа.
4. Какие погрешности оказывают влияние на точность балансовых расчётов?
5. Какой математический аппарат используют при корректировке невязок массовых балансов?

#### **Раздел 4. Современные компьютерные технологии в области обогащения полезных ископаемых**

1. Опишите основные этапы оптимизации процессов рудоподготовки с помощью моделирования?
2. Какие физико-механические свойства руды надо определить для создания математической модели оборудования?
3. Назовите особенности создания математических моделей в компьютерном пакете JKSimMet?
4. Назовите компьютерный пакет, для моделирования который имеет возможность моделировать основные процессы обогащения?
5. Какие данные необходимо получить для создания математических моделей процессов рудоподготовки и обогащения с действующей обогатительной фабрики?

#### **Раздел 5. Моделирование поведения сыпучего материала**

1. Что такое CAD и CAE программное обеспечение?



2. Что такое метод дискретных элементов (DEM)?
3. Назначение CAD и CAE программного обеспечения для проектирования оборудования?
4. Направления применения DEM моделирования в обогащении полезных ископаемых (с примерами)
5. Результаты DEM моделирования применительно к проектированию обогатительного оборудования (с примерами).

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

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету по дисциплине «Моделирование процессов обогащения»:**

1. Что такое моделирование процессов обогащения?
2. Объясните назначение моделирования, перечислите основные этапы моделирования объекта.
3. Опишите типы моделей - физические и математические, детерминированные и стохастические, состояния и функциональные.
4. Дайте определение сепарации и в чем ее отличие от рудоподготовки?
5. Какие процессы сепарации вы знаете?
6. Какие процессы рудоподготовки вы знаете?
7. Дайте определения функции фракционного состава, функции содержания, сепарационной характеристики.
8. Перечислите характеристики сырья, характеристики процессов, характеристики схем.
9. Дайте определения узкой фракции, элементарной фракции, признака разделения.
10. Какова размерность функции фракционного состава?
11. Выведите формулы для расчета выхода фракции и содержания металла во фракции.
12. Дайте определение идеальной сепарации и сепарационной характеристики идеального сепаратора.
13. В чем состоит отличие реальной сепарации от идеальной?
14. Постройте сепарационную характеристику реального сепаратора, укажите, в чем отличие ее от идеальной.
15. Чем характеризуется степень идеальности или неидеальности сепарационной характеристики?
16. Выведите формулу для расчета выхода концентрата при идеальной и реальной сепарации, содержания в концентрате при идеальной и реальной сепарации.
17. Какая крупность является границей разделения в классификаторе?
18. Какое главное свойство используется для разделения частиц с помощью фотометрической сепарации?
19. Опишите основной принцип имитационного моделирования.
20. Дайте описание кинетической модели процесса измельчения.
21. Дайте описание модели мельницы идеального перемешивания.
22. Дайте описание модели дробления.
23. Дайте описание стержневой и шаровой мельниц, мельниц само- и полусамоизмельчения.
24. Дайте описание модели пресс-валковой дробилки.
25. В чем суть метод взвешенных наименьших квадратов и неопределённых множителей Лагранжа?

### **6.2.2. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:**

1. Что такое моделирование процессов обогащения?
2. Объясните назначение моделирования, перечислите основные этапы моделирования объекта.

3. Опишите типы моделей - физические и математические, детерминированные и стохастические, состояния и функциональные.
4. Дайте определение сепарации и в чем ее отличие от рудоподготовки?
5. Какие процессы сепарации вы знаете?
6. Какие процессы рудоподготовки вы знаете?
7. Дайте определения функции фракционного состава, функции содержания, сепарационной характеристики.
8. Перечислите характеристики сырья, характеристики процессов, характеристики схем.
9. Дайте определения узкой фракции, элементарной фракции, признака разделения.
10. Выведите формулы для расчета выхода фракции и содержания металла во фракции.
11. Дайте определение идеальной сепарации и сепарационной характеристики идеального сепаратора.
12. Какова размерность функции фракционного состава?
13. В чем состоит отличие реальной сепарации от идеальной?
14. Постройте сепарационную характеристику реального сепаратора, укажите, в чем отличие ее от идеальной.
15. Чем характеризуется степень идеальности или неидеальности сепарационной характеристики?
16. Выведите формулу для расчета выхода концентрата при идеальной и реальной сепарации, содержания в концентрате при идеальной и реальной сепарации.
17. Какая крупность является границей разделения в классификаторе?
18. Какое главное свойство используется для разделения частиц с помощью фотометрической сепарации?
19. Опишите основной принцип имитационного моделирования.
20. Дайте описание кинетической модели процесса измельчения.
21. Дайте описание модели мельницы идеального перемешивания.
22. Дайте описание модели дробления.
23. Дайте описание стержневой и шаровой мельниц, мельниц само- и полусамоизмельчения.
24. Дайте описание модели пресс-валковой дробилки.
25. В чем суть метод взвешенных наименьших квадратов и неопределённых множителей Лагранжа.
26. Как определить экспериментальные функции, характеризующие процесс сокращения крупности?
27. Какая крупность является границей разделения в классификаторе?
28. С помощью какой модели можно прогнозировать результаты сокращения крупности?
29. С помощью какой модели можно прогнозировать результаты измельчения?
30. Приведите пример модели дугового сита с переменной  $d_{50c}$ .
31. Известные ограничения модели разделения по крупности.
32. Математические модели расчетов массовых балансов.
33. Как получить кривую эффективности классификации?
34. Модель однодечного грохота.
35. Приведите уравнения модели – разрушение частицы.
36. Перечислите математические модели процессов сокращения крупности.
37. Что является сепарационной характеристикой классификатора?
38. Скорость разрушения частиц можно определить по ...?

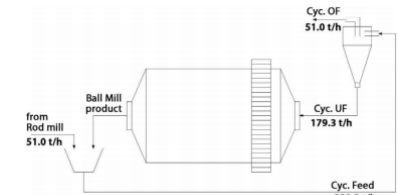
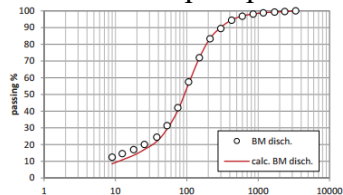
39. Модель мельницы идеального перемешивания.
40. Что называется, истинной кривой эффективности?
41. Кинетическая модель процесса измельчения.
42. Что называется, скорректированной кривой эффективности?
43. Что называется, приведенной кривой эффективности?
44. Что называется, вероятностью разрушения (Selection function)?
45. Что называется, функцией разрушения (Breakage function)?
46. Что называется, функцией классификации (Classification function)?
47. Что называется, функцией разгрузки?
48. Какие функции используются в матричной модели сокращения крупности?
49. Какие погрешности оказывают влияние на точность балансовых расчётов?
50. Какой математический аппарат используют при корректировке невязок массовых балансов?
51. Опишите основные этапы оптимизации процессов рудоподготовки с помощью моделирования?
52. Какие физико-механические свойства руды надо определить для создания математической модели оборудования?
53. Назовите особенности создания математических моделей в компьютерном пакете JKSimMet?
54. Назовите компьютерный пакет, для моделирования который имеет возможность моделировать основные процессы обогащения?
55. Какие данные необходимо получить для создания математических моделей процессов рудоподготовки и обогащения с действующей обогатительной фабрики?
56. Что такое САД и САЕ программное обеспечение?
57. Что такое метод дискретных элементов (DEM)?
58. Назначение САД и САЕ программного обеспечения для проектирования оборудования?
59. Направления применения DEM моделирования в обогащении полезных ископаемых (с примерами).
60. Результаты DEM моделирования применительно к проектированию обогатительного оборудования (с примерами).

### 6.2.3. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант 1

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	В матричной модели сокращения крупности могут использоваться следующие функции (укажите неверный ответ)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вероятность разрушения (selection function)</li> <li>2. Функция разрушения (breakage function)</li> <li>3. Функция классификации (classification function)</li> <li>4. Функция аппроксимации</li> </ol>
2.	Какие из моделей процесса сокращения крупности учитывают эффект внутри- аппаратной классификации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>p = X \cdot f</math></li> <li>2. <math>p = (BS + I - S) \cdot f</math></li> <li>3. <math>p = [(I - C) \cdot (BS + I - S) \cdot f] / [I - C(BS + I - S)]</math></li> <li>4. <math>p = BSf + (I - S)f</math></li> </ol>
3.	Какие из перечисленных моделей используют для шаровой мельницы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Матричная модель</li> <li>2. Модель идеального перемешивания</li> <li>3. Комбинированная модель.</li> <li>4. Реальный смеситель.</li> </ol>

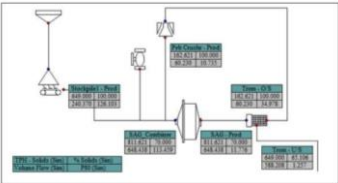
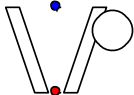
№	Вопросы	Варианты ответов
4.	Какая из перечисленных функций в обязательном порядке используется в модели процесса сокращения крупности на основе каскада смесителей?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Breakage rate</li> <li>2. Breakage function</li> <li>3. Distribution of residence time</li> <li>4. Classification function</li> </ol>
5.	Функция разрушения может быть определена одним из перечисленных методов (укажите неверный ответ)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Y = \{1 - \exp[-(d/d^*)^n]\} / [1 - \exp(-1)]</math></li> <li>2. <math>Y = (d/d^*)^n</math></li> <li>3. Экспериментально</li> <li>4. На основании физических закономерностей процесса</li> </ol>
6.	Модель дробилки описывается следующим уравнением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>p = X \cdot f</math></li> <li>2. <math>p = [(I - C) \cdot f] / [I - C(BS + I - S)]</math></li> <li>3. <math>p = [(I - C) \cdot (BS + I - S) \cdot f] / [I - C(BS + I - S)]</math></li> <li>4. <math>p = (BS + I - S) \cdot f</math></li> </ol>
7.	Функция классификации аппроксимируется одним из следующих уравнений (укажите неверный ответ)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>C(x) = I</math></li> <li>2. <math>C(x) = I - [(K_2 - x)(K_2 - K_1)]^{K_3}</math></li> <li>3. Экспонента</li> <li>4. Прямая линия</li> </ol>
8.	При моделировании процессов разделения по крупности используют следующие характеристики (укажите неверный ответ)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Истинная кривая эффективности</li> <li>2. Скорректированная кривая эффективности</li> <li>3. Сепарационные характеристики классификации</li> <li>4. Функция разрушения</li> </ol>
9.	Приведенная кривая эффективности аппроксимируется одним из следующих уравнений (укажите неверный ответ)	$Y = A + B \cdot X$ $Y = \exp[-TRN \cdot f_0 \cdot (1 - x/d)^k]$ $Y = C [1 + (\beta \cdot \beta^* \cdot d/d_{50c})] [\exp(\alpha) - 1] / \exp(\alpha \cdot \beta^* \cdot d/d_{50c}) + \exp(\alpha - 2)$ $Y = C [\exp(\alpha) - 1] / [\exp(\alpha \cdot d/d_{50c}) + \exp(\alpha - 2)]$
10.	Границей разделения в классификаторе является крупность	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>d_{80}</math></li> <li>2. <math>d_{50}</math></li> <li>3. <math>d_{95}</math></li> <li>4. <math>d_{max}</math></li> </ol>
11.	На точность балансовых расчётов оказывают влияние следующие погрешности (указать неверный ответ)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ситовых анализов</li> <li>2. Опробования</li> <li>3. Подготовки проб к анализу</li> <li>4. Химических анализов</li> </ol>
12.	Какой из вычислительных методов математики лежит в основе балансовых расчётов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дифференциальное исчисление</li> <li>2. Интегральное исчисление</li> <li>3. Метод наименьших квадратов</li> <li>4. Корреляционный анализ</li> </ol>
13.	При корректировке невязок массовых балансов используется следующий математический аппарат:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод условной оптимизации с использованием неопределённых множителей Лагранжа</li> <li>2. Линейное программирование</li> <li>3. Метод наискорейшего спуска</li> <li>4. Метод градиентного спуска</li> </ol>
14.	В матричной модели процесс сокращения крупности рассматривается как:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Непрерывный</li> <li>2. Последовательность актов разрушения, причём исходным материалом каждого такого акта является дроблённый продукт предыдущего</li> </ol>

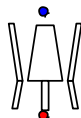
№	Вопросы	Варианты ответов
		3. Периодический 4. Идеальный смеситель
15.	Функция разрушения может быть определена	1. Аналитическим путём, исходя из физических закономерностей процесса 2. Путём физического подобия 3. В результате эксперимента. 4. Не может быть определена
16.	Функция разрушения есть	1. Нижняя треугольная матрица $n \times n$ 2. Матрица $n \times n$ 3. Диагональная матрица $n \times n$ 4. Единичная матрица $n \times n$
17.	Скорость разрушения имеет размерность:	1. Безразмерная величина 2. $\text{мин}^{-1}$ 3. $\text{мин}^2$ 4. т/ч
18.	Это типичная кривая распределения для процесса: 	1. Классификации 2. Работы флотомашин 3. Работы магнитного сепаратора 4. Непрерывного разрушения частиц в мельнице
19.	Это модель цепи: 	1. Шаровой мельницы с грохотом 2. Мельницы самоизмельчения со спиральным классификатором 3. Шаровой мельницы с гидроциклоном 4. Стержневой мельницы со спиральным классификатором
20.	Это графическая зависимость распределения: 	1. Экспериментального и расчетного значения плотности частиц 2. Экспериментального и расчетного значения крупности частиц 3. Экспериментального и расчетного значения формы частиц 4. Экспериментального и расчетного значения прочности частиц

### Вариант 2

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Какой из моделей процесса сокращения крупности соответствует уравнение $p = (BS + I - S)f$ ?	1. Каскад смесителей 2. Матричная 3. Идеального перемешивания 4. Кинетическая
2.	Скорость разрушения частиц данной фракции крупности определяется по:	1. Скорости исчезновения частиц данной фракции крупности 2. Скорости исчезновения всех фракций крупности

№	Вопросы	Варианты ответов
		3. Скорости исчезновения частиц самой крупной фракции 4. Скорости исчезновения частиц самой мелкой фракции
3.	Постоянная времени барабанной мельницы определяется с использованием:	1. Красящего трассера 2. Химического трассера 3. Минерального трассера 4. По формуле $T = M/Q$
4.	Функция классификации $C(x)$ в модели дробилки аппроксимируется:	1. Прямой линией 2. Экспонентой 3. Константой 4. Набором уравнений: $C(x) = 1$ для $x > k_2$ $C(x) = 1 - [(k_2 - x)/(k_2 - k_1)]^{K_3}$ для $k_2 > x > k_1$ $C(x) = 0$ для $x < k_1$
5.	Модель стержневой мельницы описывается следующим уравнением	1. $p = (BS + I - S) \cdot f$ 2. $p = [(I - C) \cdot (BS + I - S) \cdot f] / [I - C(BS + I - S)]$ 3. $p = [(I - C) \cdot f] / [I - B \cdot C]$ 4. $p = X \cdot f$
6.	Функция отбора $S$ в модели стержневой мельницы аппроксимируется:	1. Уравнением прямой линии 2. Константой 3. Набором уравнений: $S_i = SL \cdot \text{крупность} + IN$ для $x_i > x_c$ $S_i = SL \cdot x_c + IN$ для $x_i < x_c$ Ограничения: Если $S_i > 1$ , то $S_i = 1$ , если $S_i < 0$ , то $S_i = 0$ 4. Единичной матрицей.
7.	Модель шаровой мельницы идеального перемешивания описывается уравнением:	1. $p = (BS + I - S) \cdot f$ 2. $p = [(I - C) \cdot f] / [I - B \cdot C]$ 3. $p = X \cdot f$ 4. $f_i - (R_i \cdot p_i) / D_i + \sum B_{i-j} (R_j \cdot p_j) / D_i - p_i = 0$
8.	Кривая эффективности классификатора, это:	1. Извлечение частиц той или иной крупности из питания в слив классификатора от крупности этих частиц 2. Извлечение крупных частиц из питания в слив классификатора 3. Извлечение частиц средней крупности из питания в слив классификатора 4. Извлечение частиц промежуточной крупности из питания в слив классификатора
9.	Кривая истинной эффективности гидроциклона:	1. Параллельна оси абсцисс 2. Параллельна оси ординат. 3. Не пересекается ни с одной из осей. 4. Пересекает ось ординат
10.	Скорректированная кривая эффективности:	1. Не проходит через начало координат 2. Проходит через начало координат 3. Пересекает ось ординат 4. Пересекает ось абсцисс
11.	Приведенная кривая эффек-	1. $x = \max; y = \max$

№	Вопросы	Варианты ответов
	тивности проходит через точку с координатами:	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>x = 0,5; y = 50\%</math></li> <li><math>x = 0,75; y = 50\%</math></li> <li><math>x = 1,0; y = 50\%</math></li> </ol>
12.	Границей разделения в классификаторе называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>Размер частиц, половина которых извлекается в слив, а половина – в пески</li> <li>Крупность частиц, 25% которых извлекается в слив, а 75% - в пески</li> <li>Крупность частиц, 75% которых извлекается в слив, а 25% - в пески</li> <li>Крупность частиц, 45% которых извлекается в слив, а 55% - в пески</li> </ol>
13.	Для оценки качества работы гидроциклона используется	<ol style="list-style-type: none"> <li>Истинная кривая эффективности</li> <li>Скорректированная кривая эффективности</li> <li>Приведенная кривая эффективности</li> <li>Отношение истинной кривой эффективности к приведенной</li> </ol>
14.	Истинная кривая эффективности есть:	<ol style="list-style-type: none"> <li>Парабола</li> <li>Экспонента</li> <li>Прямая линия</li> <li>Эвольвента</li> </ol>
15.	Параметр $K_1$ в функции классификации для модели дробилки определяется из уравнения регрессии, включающего следующие параметры (укажите лишний)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Мощность привода дробилки</li> <li>Разгрузочное отверстие на закрытой сторон.</li> <li>Скорость подачи руды в дробилк.</li> <li>Крупность <math>d_{80}</math> в питании дробилки</li> </ol>
16.	Параметр $K_2$ в функции классификации для модели дробилки определяется из уравнения регрессии, включающего следующие параметры (укажите лишний)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ход эксцентрика дробилки</li> <li>Мощность привода дробилки</li> <li>Срок службы футеровки</li> <li>Скорость подачи руды в дробилк.</li> </ol>
17.	Параметр $K_3$ в функции классификации для модели дробилки	<ol style="list-style-type: none"> <li>Зависит от скорости подачи руды в дробилку</li> <li>Зависит от крупности <math>d_{80}</math> в питании дробилки</li> <li>Зависит от ширины разгрузочной щели дробилки</li> <li>Является константой</li> </ol>
18.	Это технологическая схема: 	<ol style="list-style-type: none"> <li>с использованием мельницы полусамозмельчения в “стандартном” цикле</li> <li>с использованием мельницы шарового измельчения в “стандартном” цикле</li> <li>с использованием мельницы стержневого измельчения в “стандартном” цикле</li> <li>с использованием измельчающих валков высокого давления в “стандартном” цикле</li> </ol>
19.	В JKSimMet это модель : 	<ol style="list-style-type: none"> <li>Дробилки крупного дробления</li> <li>Дробилки мелкого дробления</li> <li>Дробилки среднего дробления</li> <li>Щековой дробилки</li> </ol>

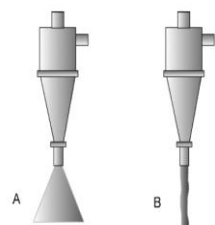
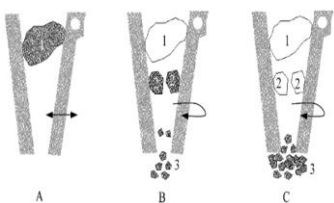
№	Вопросы	Варианты ответов
20.	<p>В JKSimMet это модель:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дробилки крупного дробления</li> <li>2. Дробилки мелкого дробления</li> <li>3. Дробилки среднего дробления</li> <li>4. Щековой дробилки</li> </ol>

### Вариант 3

№	Вопросы	Варианты ответов
1	Запас материала в мельнице $M$ определяется по следующей формуле:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>M = (\pi D^2/4) \cdot L \cdot \varphi \cdot P \cdot T \cdot \rho_s</math></li> <li>2. <math>M = (\pi D^2/4) \cdot \varphi \cdot P \cdot T \cdot \rho_s</math></li> <li>3. <math>M = (\pi D^2/4) \cdot L \cdot P \cdot T \cdot \rho_s</math></li> <li>4. <math>M = (\pi D/4) \cdot L \cdot \varphi \cdot P \cdot T \cdot \rho_s</math></li> </ol>
2	Модель мельницы идеального перемешивания определяется одним из следующих уравнений:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>(I_i + \sum b_{i-j} m_j \tau) - (k_i m_i \tau + O_i) = 0</math></li> <li>2. <math>(I_i + \sum k_j m_j \tau) - (k_i m_i \tau + O_i) = 0</math></li> <li>3. <math>(I_i + \sum b_{i-j} k_j m_j \tau) - (k_i m_i \tau + O_i) = 0</math></li> <li>4. <math>(I_i + \sum b_{i-j} k_j \tau) - (k_i m_i \tau + O_i) = 0</math></li> </ol>
3	Функция разрушения, представленная рядом чисел 0,410; 0,200; 0,114; 0,081; 0,057; 0,040; 0,029; 0,021; 0,015; 0,010 и т.д. относится к характеристикам крупности, определяемым на наборе сит с модулем:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2</li> <li>2. <math>\sqrt{2}</math></li> <li>3. <math>^{10}\sqrt{10}</math></li> <li>4. <math>^{20}\sqrt{10}</math></li> </ol>
4	Скорость разрушения частиц можно определить по:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кривой истинной эффективности</li> <li>2. Кривой приведенной эффективности</li> <li>3. Кривой кинетики измельчения</li> <li>4. Скорректированной кривой эффективности</li> </ol>
5	Функция классификации в модели дробилки описывается:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Константами <math>K_1, K_2</math></li> <li>2. Константами <math>K_1, K_2, K_3, K_4</math></li> <li>3. Константами <math>K_1, K_2, K_3</math></li> <li>4. Экспонентой</li> </ol>
6	Константа $M_c$ в модели стержневой мельницы равняется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>M_c = F^2 v^3</math></li> <li>2. <math>M_c = F v^2</math></li> <li>3. <math>M_c = F^2 v</math></li> <li>4. <math>M_c = F (v)^{1,5}</math></li> </ol>
7	Функция отбора в модели стержневой мельницы аппроксимируется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прямой линией</li> <li>2. Параболой</li> <li>3. Экспонентой</li> <li>4. Гиперболой</li> </ol>
8	Кривая истинной эффективности гидроциклона:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Начинается в точке, равной извлечению воды в пески</li> <li>2. Начинается в начале координат и заканчивается в <math>+\infty</math></li> <li>3. Начинается в начале координат и заканчивается в точке, равной 100 %</li> <li>4. Проходит от <math>+\infty</math> до <math>-\infty</math></li> </ol>
9	Скорректированная кривая эффективности:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Начинается в точке, равной извлечению воды в пески</li> <li>2. Начинается в начале координат и заканчивается в</li> </ol>



№	Вопросы	Варианты ответов
		$+\infty$ 3. Начинается в начале координат и заканчивается в точке, равной 100 % 4. Проходит от $+\infty$ до $-\infty$
10	В основе модели вибрационного грохота лежит:	1. Скорректированная кривая эффективности 2. Приведенная кривая эффективности 3. Истинная кривая эффективности 4. Функция разгрузки
11	Кривая эффективности в модели вибрационного грохота может быть описана выражением:	1. $E(x) = \exp[-TRN \cdot (1 - x/d)]$ 2. $E(x) = \exp[-TRN \cdot f_o \cdot (1 - x/d)]$ 3. $E(x) = \exp[-f_o \cdot (1 - x/d)^k]$ 4. $E(x) = \exp[-TRN \cdot f_o \cdot (1 - x/d)^k]$
12	В модели гидроциклона производительность $Q$ есть функция:	1. $Q = f(D_c; D_o; D_i; \theta; L_c; P; \rho_n)$ 2. $Q = f(D_c; D_i; \theta; L_c; P; \rho_n)$ 3. $Q = f(D_c; D_o; \theta; L_c; P; \rho_n)$ 4. $Q = f(D_c; D_o; D_i; L_c; P; \rho_n)$
13	В модели гидроциклона крупность разделения $d_{50c}$ связана следующей зависимостью с параметрами работы гидроциклона:	1. $d_{50c}/D_c = f(D_c; D_o; D_u; P; \rho_n)$ 2. $d_{50c}/D_c = f(D_c; D_o; D_i; P; \rho_n)$ 3. $d_{50c}/D_c = f(D_c; D_o; D_u; D_i; P; \rho_n)$ 4. $d_{50c}/D_c = f(D_c; D_o; D_u; D_i; \rho_n)$
14	Производительность гидроциклона пропорциональна:	1. его диаметру, размерам входного и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна углу конусности и плотности слива 2. размерам входного и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна углу конусности и плотности слива 3. его диаметру, размерам входного и выходных отверстий, длине цилиндрической части и обратно пропорциональна углу конусности и плотности слива 4. его диаметру, размерам входного и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна углу конусности
15	Крупность разделения гидроциклона $d_{50c}$ пропорциональна:	1. его диаметру, размерам входного и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна плотности слива 2. Длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна углу конусности и плотности слив. 3. Длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна углу конусности и плотности слив. 4. Его диаметру, размерам входного и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе

№	Вопросы	Варианты ответов																												
16	В модели гидроциклона извлечение воды в пески следует уравнению:	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>R_f = f(D_c; D_o; D_i; \theta; L_c; P; \rho_{п})</math></li> <li><math>R_f = f(D_c; D_o; D_i; L_c; P; \rho_{п})</math></li> <li><math>R_f = f(D_c; D_o; D_i; \theta; L_c; \rho_{п})</math></li> <li><math>R_f = f(D_c; D_o; D_i; D_u; \theta; L_c; P; \rho_{п})</math></li> </ol>																												
17	Извлечение воды в пески гидроциклона $R_f$ пропорционально:	<ol style="list-style-type: none"> <li>его диаметру, размерам входной и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна углу конусности и плотности слива</li> <li>его диаметру, размерам входной и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна плотности слива</li> <li>размерам входной и выходных отверстий, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна плотности слива</li> <li>его диаметру, длине цилиндрической части, давлению на входе и обратно пропорциональна плотности слива</li> </ol>																												
18	<p>Это:</p>  <p>Hydrocyclone discharge. A - Normal spray discharge, B - rope discharge</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>зонтичная разгрузка песков гидроциклона</li> <li>верёвкообразная разгрузка песков гидроциклона</li> <li>два вида разгрузки песков гидроциклона</li> <li>два вида разгрузки слива гидроциклона</li> </ol>																												
19	<p>Это:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>пример разрушения материала при моделировании процесса дробления в конусной дробилке</li> <li>пример разрушения материала при моделировании процесса дробления в щековой дробилке</li> <li>пример разрушения материала при моделировании процесса дробления в валковой дробилке</li> <li>пример разрушения материала при моделировании процесса дробления в дробилке ударного действия</li> </ol>																												
20	<p>Это:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Size</th> <th>Feed</th> <th>Selection function</th> <th>Mass of particles broken</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td><math>F_1</math></td> <td><math>S_1</math> 0 0 0 ... 0</td> <td><math>F_1 S_1</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><math>F_2</math></td> <td>0 <math>S_2</math> 0 0 ... 0</td> <td><math>F_2 S_2</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td><math>F_3</math></td> <td>0 0 <math>S_3</math> 0 ... 0</td> <td><math>F_3 S_3</math></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td><math>F_4</math></td> <td>0 0 0 <math>S_4</math> ... 0</td> <td><math>F_4 S_4</math></td> </tr> <tr> <td>⋮</td> <td>⋮</td> <td>⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮</td> <td>⋮</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td><math>F_N</math></td> <td>0 0 0 0 ... <math>S_N</math></td> <td><math>F_N S_N</math></td> </tr> </tbody> </table>	Size	Feed	Selection function	Mass of particles broken	1	$F_1$	$S_1$ 0 0 0 ... 0	$F_1 S_1$	2	$F_2$	0 $S_2$ 0 0 ... 0	$F_2 S_2$	3	$F_3$	0 0 $S_3$ 0 ... 0	$F_3 S_3$	4	$F_4$	0 0 0 $S_4$ ... 0	$F_4 S_4$	⋮	⋮	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮	⋮	N	$F_N$	0 0 0 0 ... $S_N$	$F_N S_N$	<ol style="list-style-type: none"> <li>матричная модель разрушения</li> <li>кинетическая модель разрушения</li> <li>функция отбора</li> <li>функция классификации</li> </ol>
Size	Feed	Selection function	Mass of particles broken																											
1	$F_1$	$S_1$ 0 0 0 ... 0	$F_1 S_1$																											
2	$F_2$	0 $S_2$ 0 0 ... 0	$F_2 S_2$																											
3	$F_3$	0 0 $S_3$ 0 ... 0	$F_3 S_3$																											
4	$F_4$	0 0 0 $S_4$ ... 0	$F_4 S_4$																											
⋮	⋮	⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮	⋮																											
N	$F_N$	0 0 0 0 ... $S_N$	$F_N S_N$																											

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает	Студент	Студент хорошо	Студент в полном

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)</b>	<b>Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)</b>	<b>Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)</b>
значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	объёме 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, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные 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>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**6.3.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)**

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
<b>Зачтено</b>	Посещение более 50 % лекционных и лабораторных 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 лабораторных 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:*

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

**6.3.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсового проекта**

Студент выполняет курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовой проект в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовой проект с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовой проект с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовой проект полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1.1. Основная литература

1. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2009. - 240 с. – режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=4360401>.
2. Моделирование и автоматизация обогатительных процессов: методы автоматизированного управления технологическими процессами обогащения : учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Морозов, Т.С. Николаев. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2016. — 66 с. – режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93639>

### 7.1.2. Дополнительная литература

3. Кармазин, В. В. Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых : учеб. пособие / В.В.Кармазин, И.К.Младецкий, П.И.Пилов. - М. : Изд-во МГГУ, 2006. - 221 с.
4. Боев, В.Д. Компьютерное моделирование: курс / В.Д. Боев, Р.П. Сыпченко. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2010. - 455 с. – режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233705>

### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Моделирование процессов обогащения [Текст] : метод. указания по курс. проектированию для студ. спец. 21.05.04 / сост. В. В. Львов ; науч. ред. Т.Н. Александрова. - СПб. : С.-Петербург. горный университет, 2016. - 38 с. – режим доступа:
2. [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set\\_static\\_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%90%2089304%2F%D0%9C%2074%2D718028655<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2089304%2F%D0%9C%2074%2D718028655<.>)
3. Моделирование процессов обогащения [Текст] : метод. указания к практическим занятиям для студентов спец. 21.05.04 / сост. В. В. Львов ; науч. ред. Т. Н. Александрова. - СПб.: С.- Петерб. горный университет, 2016. - 39 с. – режим доступа: [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set\\_static\\_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%90%2089281%2F%D0%9C%2074%2D047273068<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2089281%2F%D0%9C%2074%2D047273068<.>)

4. Моделирование процессов обогащения [Электронный ресурс]: Методические указания к самостоятельной работе/ Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: В.В. Львов. СПб, 2018. 15 с. – режим доступа:  
[http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs\\_1544092304.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1544092304.pdf)

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

1. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
2. ЭБС издательского центра «Лань». <http://e.lanbook.com/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com <http://znanium.com/>
4. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор» (ЭБС IPRbooks) <http://www.bibliocomplectator.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
7. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопт». <http://rucont.ru/>
8. ООО Научная электронная библиотека. Интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования. (Включает РИНЦ- библиографическая база данных публикаций российских авторов и SCIENCE INDEX- информационно - аналитическая система, позволяющая проводить аналитические и статистические исследования публикационной активности российских ученых и научных организаций). <http://elibrary.ru/>
9. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).
10. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://school-collection.edu.ru/>).
11. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>).

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

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

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе.

44 посадочных места

Стол учебный Canvaro ASSMANN (Тип 1) – 11;

Стол аудиторный для студентов (Тип 1) Canvaro ASSMANN столешница светло-бежевого цвета с текстурой клена -1;

Компьютерное кресло 7873 A2S Оранжевое – 1;

Стул 7874 A2S Оранжевый - 44;

Тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN (Тип 1) – 1

Доска белая Magnetoplan C 2000x1000мм – 1; тематические плакаты – 5 шт.;

Мобильный интерактивный комплекс.

Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409

Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет

Продукт Office 2007 Suites

Родительская программа 6569421995700814ZZE1709

Организация Saint Petersburg State Mining Institute  
Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

20 посадочных мест

Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол Стол учебный Canvaro ASSMANN (Тип 1) – 5;  
Стол аудиторный для студентов (Тип 1) Canvaro ASSMANN столешница светло-бежевого цвета с текстурой клена – 1;

Компьютерное кресло – 21; Тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN (Тип 1) 1,6м×0,027м×0,375м – 1; Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8" FHD DDR4 16 ГБ – 21; Лазерный принтер Xerox Phaser 3610DN - 1

Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409

Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет

Продукт Office 2007 Suites

Родительская программа 6569421995700814ZZE1709

Организация Saint Petersburg State Mining Institute

Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional

Лицензия ПО JKSimMetJKTech Pty Ltd

ГК 761-08/13 от 26.08.2013г.

Программа для моделирования и симуляции процессов дробления, измельчения, грохочения и классификации минерального сырья (образовательная) обучение

Лицензия ПО JKSimFloatJKTech Pty Ltd

ГК 762-08/13 от 26.08.2013г.

Программа для моделирования и симуляции процессов флотационного обогащения минерального сырья Kaspersky antivirus 6.0.4.142

## **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: Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409 Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет Продукт Office 2007 Suites; Родительская программа 6569421995700814ZZE1709 Организация Saint Petersburg State Mining Institute Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional, Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409 Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет Продукт Office 2007 Suites; Родительская программа 6569421995700814ZZE1709 Организация Saint Petersburg State Mining Institute Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional, Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409 Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет Продукт Office 2007 Suites; Родительская программа 6569421995700814ZZE1709 Организация Saint Petersburg State Mining Institute Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional, Kaspersky antivirus 6.0.4.142; Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### **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: Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409 Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет Продукт Office 2007 Suites; Родительская программа 6569421995700814ZZE1709 Организация Saint Petersburg State Mining Institute Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional, Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409 Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет Продукт Office 2007 Suites; Родительская программа 6569421995700814ZZE1709 Организация Saint Petersburg State Mining Institute Продукт Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional, Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

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

Родительская программа 60898860 90904244ZZE1409 Организация Санкт-Петербургский государственный горный университет Продукт Office 2007 Suites; Родительская программа 6569421995700814ZZE1709 Организация Saint Petersburg State Mining Institute Продукт



Windows 10 Pro / Windows 10 Pro for Workstations - Windows 10 Professional, Kaspersky antivirus 6.0.4.142.