

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 25.04.2023 15:11:58

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Обезвоживание и обратное водоснабжение

Закреплена за подразделением Кафедра обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Технология минерального сырья

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

84

часов на контроль

45

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 3 (2.1) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | УП      | РП  |       |     |
| Неделя                                    | 18      |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Лабораторные                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Итого ауд.                                | 51      | 51  | 51    | 51  |
| Контактная работа                         | 51      | 51  | 51    | 51  |
| Сам. работа                               | 84      | 84  | 84    | 84  |
| Часы на контроль                          | 45      | 45  | 45    | 45  |
| Итого                                     | 180     | 180 | 180   | 180 |

Программу составил(и):

*ктн, доц., Николаев А.А.; ктн, зав.каф., Юшина Т.И.; дтн, проф., Игнаткина В.А.*

Рабочая программа

**Обезвоживание и обратное водоснабжение**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия, 22.04.02-ММТ-22-1.plx Технология минерального сырья, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Технология минерального сырья, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья**

Протокол от 05.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Юшина Т.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Сформировать у студентов знания, умения и навыки по обезвоживанию продуктов обогащения минерального сырья и оборотному водоснабжению обогатительных фабрик |
|-----|--|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| Блок ОП:   |   | Б1.В.ДВ.05 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |            |
| 2.1.1      | Научно-исследовательская практика   |            |
| 2.1.2      | Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения   |            |
| 2.1.3      | Физические и физико-химические основы флотации  |            |
| 2.1.4      | Физические основы магнитных и электрических методов обогащения  |            |
| 2.1.5      | Исследование руд на обогатимость  |            |
| 2.1.6      | Основы обогащения руд цветных металлов  |            |
| 2.1.7      | Рудоподготовка  |            |
| 2.1.8      | Теория разделения минеральных комплексов  |            |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |            |
| 2.2.1      | Научно-исследовательская практика   |            |
| 2.2.2      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |            |
| 2.2.3      | Управление минеральными ресурсами   |            |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|   |  |
|---|--|
| <b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>  |  |
| <b>Знать:</b>   |  |
| ПК-1-34 схемы обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья   |  |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>                                  |  |
| <b>Знать:</b>   |  |
| ОПК-4-33 классификацию и основные характеристики реагентов для обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья  |  |
| ОПК-4-32 основы конструкции и принцип работы оборудования для обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья   |  |
| <b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>  |  |
| <b>Знать:</b>   |  |
| ПК-1-31 методы и оборудование для обезвоживания минерального сырья и продуктов его обогащения   |  |
| ПК-1-32 технологические показатели обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья  |  |
| ПК-1-33 режимы обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья  |  |
| <b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b> |  |
| <b>Знать:</b>   |  |
| УК-3-31 задачи и теоретические основы процессов обезвоживания минерального сырья и продуктов его обогащения   |  |
| УК-3-32 типовые методы и технические (технологические) решения для обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья, очистки сточных вод   |  |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>                                  |  |
| <b>Знать:</b>   |  |

|   |
|---|
| ОПК-4-31 основные определения, классификации в сфере обезвоживания минерального сырья и продуктов его обогащения  |
| <b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>  |
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-1-У2 выбирать режимы и схемы обезвоживания минерального сырья и продуктов его обогащения   |
| ПК-1-У1 выбирать методы обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья   |
| ПК-1-У3 рассчитывать показатели обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья   |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>                                  |
| <b>Уметь:</b>   |
| ОПК-4-У1 находить информацию о характеристиках реагентов для обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья  |
| <b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b> |
| <b>Уметь:</b>   |
| УК-3-У2 демонстрировать связь между физическими и физико-химическими характеристиками минеральных суспензий (продуктов обогащения и обезвоживания) и технологическими (экономическими) показателями их обезвоживания, очистки сточных вод   |
| УК-3-У1 решать практические, задачи, в том числе в команде, по обезвоживанию продуктов обогащения минерального сырья и очистки сточных вод  |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>                                  |
| <b>Уметь:</b>   |
| ОПК-4-У3 находить информацию о технологических схемах и режимах обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья   |
| <b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b> |
| <b>Уметь:</b>   |
| УК-3-У3 формулировать выводы по результатам решенных практических задач или проведенных исследований  |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>                                  |
| <b>Уметь:</b>   |
| ОПК-4-У2 находить информацию об оборудовании для обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья  |
| <b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>  |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-1-В2 методами выбора и расчета оборудования для обезвоживания продуктов обогащения минерального сырья  |
| ПК-1-В3 методами разработки технологических схем обезвоживания и оборотного водоснабжения   |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>                                  |
| <b>Владеть:</b>   |
| ОПК-4-В1 навыками математической обработки результатов исследований   |
| <b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>  |
| <b>Владеть:</b>   |

ПК-1-В1 методами проведения лабораторных исследований по обезвоживанию минерального сырья и продуктов его обогащения

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/   | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций               | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ      | Выполняемые работы |
|-------------|---|----------------|-------|--|--------------------------|------------|---------|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Физические и физико-химические основы процессы обезвоживания. Классификация и основные свойства твердой и жидкой фаз. Взаимосвязь вещественного состава с выбором оборудования</b>   |                |       |  |                          |            |         |                    |
| 1.1         | Физические и физико-химические основы процессов обезвоживания. Классификация и основные свойства твердой и жидкой фаз. Виды влаги. Способы обезвоживания руд и продуктов их обогащения. Взаимосвязь вещественного состава с выбором оборудования. /Лек/ | 3              | 1     | ОПК-4-31 УК-3-31                                 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5         |            |         |                    |
| 1.2         | Расчет технологических показателей обезвоживания /Пр/   | 3              | 1     | ОПК-4-31 ПК-1-32 УК-3-32 УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5         |            | КМ1     |                    |
| 1.3         | Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям /Ср/   | 3              | 3     | ОПК-4-31 УК-3-31 УК-3-32 УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5<br>Э1   |            | КМ4,КМ1 |                    |
|             | <b>Раздел 2. Обезвоживание в гравитационном и центробежном поле. Физические основы процессов. Физико-химические основы интенсификации процесса сгущения. Взаимосвязь вещественного состава с выбором оборудования.</b>                                  |                |       |  |                          |            |         |                    |
| 2.1         | Обезвоживание в центробежном поле. Физические основы процессов гидроциклонирования и центрифугирования /Лек/  | 3              | 2     | ОПК-4-31<br>ОПК-4-32                             | Л1.1Л2.3<br>Л2.5         |            |         |                    |
| 2.2         | Обезвоживание в гравитационном поле. Физические основы процесса. Физико-химия интенсификации процессов сгущения (теория агрегирования). /Лек/   | 3              | 2     | ОПК-4-31 ПК-1-32                                 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5         |            |         |                    |

|      |   |   |    |  |                        |  |             |    |
|------|---|---|----|--|------------------------|--|-------------|----|
| 2.3  | Обезвоживание в гравитационном поле. Обезвоживание дренированием Физические основы процессов. Обоснование применения сгущения и дренирования /Пр/ | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-32   | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  |             | P1 |
| 2.4  | Интенсификация процесса сгущения в гравитационном поле. Физико-химические основы коагуляции и флокуляции /Пр/                                     | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-33<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-33 ПК-1-У2                 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ2         | P1 |
| 2.5  | Сгустители разных типов. Обезвоживание в центробежном поле. Конструктивные особенности аппаратов /Пр/   | 3 | 1  | ОПК-4-32<br>ОПК-4-У2 ПК-1-31 ПК-1-В2   | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ2         | P1 |
| 2.6  | Исследование скорости расслоения при различной плотности пульпы /Лаб/   | 3 | 3  | ОПК-4-В1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3                         | Л1.1Л2.3<br>Л2.5Л3.1   |  |             |    |
| 2.7  | Исследование скорости расслоения пульпы при применении флокулянтов и коагулянтов /Лаб/  | 3 | 6  | ОПК-4-В1 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3                                 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5Л3.1   |  |             |    |
| 2.8  | Определение оптимальных условий сгущения /Лаб/  | 3 | 2  | ОПК-4-В1 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3                                 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5Л3.1   |  |             |    |
| 2.9  | Исследование условий расслоения в центрифуге /Лаб/  | 3 | 2  | ОПК-4-В1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3                         | Л1.1Л2.3<br>Л2.5Л3.1   |  |             |    |
| 2.10 | Проработка лекционного материала, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение домашнего задания /Ср/                            | 3 | 24 | ОПК-4-32<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5<br>Э1 |  | КМ2,К<br>М4 | P1 |
|      | <b>Раздел 3. Обезвоживание фильтрованием. Физические основы процессов. Выбор оборудования</b>   |   |    |  |                        |  |             |    |
| 3.1  | Обезвоживание фильтрованием. Физические основы. Классификация фильтрования. /Лек/   | 3 | 2  | ОПК-4-31 ПК-1-32 УК-3-31   | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  |             |    |

|     |  |   |    |  |                        |  |         |    |
|-----|--|---|----|--|------------------------|--|---------|----|
| 3.2 | Обезвоживание фильтрованием.<br>Графическое определение параметров фильтрования /Пр/                                   | 3 | 2  | ОПК-4-33<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-34 ПК-1-У3 УК-3-32<br>УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3   | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ2     | Р1 |
| 3.3 | Обезвоживание фильтрованием под разрежением. Выбор и расчет вакуум-фильтров /Пр/                                       | 3 | 1  | ОПК-4-32<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32<br>ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В2<br>УК-3-32 УК-3-У1 УК-3-У2<br>УК-3-У3  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ2     | Р1 |
| 3.4 | Обезвоживание фильтрованием при повышенном давлении. Выбор и расчет пресс-фильтров /Пр/                                | 3 | 1  | ОПК-4-32<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32<br>ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В2  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ3     |    |
| 3.5 | Изучение влияния различных факторов на скорость фильрования /Лаб/  | 3 | 4  | ОПК-4-В1 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-34 ПК-1-У1 ПК-1-У2<br>ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2<br>УК-3-У1 УК-3-У3  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5Л3.1   |  |         |    |
| 3.6 | Проработка лекционного материала, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение домашнего задания /Ср/ | 3 | 17 | ОПК-4-32<br>ОПК-4-33<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32<br>ПК-1-33 ПК-1-34 ПК-1-У1<br>ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В2<br>ПК-1-В3 УК-3-31 УК-3-32<br>УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5<br>Э1 |  | КМ2,КМ3 | Р1 |
|     | <b>Раздел 4. Сушка. Выбор оборудования</b>   |   |    |  |                        |  |         |    |
| 4.1 | Сушка. Кинетика сушки. Параметры сушильного агента. Материальный и тепловой балансы сушки. /Лек/                       | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-33 ПК-1-32 ПК-1-33<br>УК-3-31 УК-3-32  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  |         |    |
| 4.2 | Конвективная сушка. Материальный баланс процесса сушки. Выбор и расчет барабанных сушилок /Пр/                         | 3 | 1  | ОПК-4-32<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32<br>ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-В2<br>УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3   | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ3     | Р1 |

|  |  |   |    |  |                        |  |                         |    |
|--|--|---|----|--|------------------------|--|-------------------------|----|
| 4.3  | Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям /Ср/  | 3 | 12 | ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-32 ПК-1-У1<br>ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В2<br>ПК-1-В3 УК-3-31 УК-3-32<br>УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3                        | Л1.1Л2.3<br>Л2.5<br>Э1 |  | КМ3,К<br>М2             | Р1 |
| <b>Раздел 5. Технология обезвоживания</b>  |  |   |    |  |                        |  |                         |    |
| 5.1  | Технология обезвоживания. Принципы разработки /Лек/  | 3 | 2  | ОПК-4-31 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-34 УК-3-32  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  |                         |    |
| 5.2  | Технология обезвоживания разных типов минерального сырья /Лек/   | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-32 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-34 УК-3-32  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  |                         |    |
| 5.3  | Технология обезвоживания гравитационных и флотационных концентратов. Расчет принципиальных водно-шламовых схем /Пр/                        | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-У3 ПК-1-33 ПК-1-34<br>ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В3<br>УК-3-32 УК-3-У1 УК-3-У2<br>УК-3-У3  | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ2,К<br>М3,КМ<br>1     | Р1 |
| 5.4  | Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение домашнего задания и реферата /Ср/                         | 3 | 18 | ОПК-4-31<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-32 ПК-1-33<br>ПК-1-34 ПК-1-У1 ПК-1-У2<br>ПК-1-У3 ПК-1-В3 УК-3-31<br>УК-3-32 УК-3-У1 УК-3-У2<br>УК-3-У3 | Л1.1Л2.3<br>Л2.5       |  | КМ4,К<br>М3,КМ<br>1,КМ2 | Р1 |
| <b>Раздел 6. Организация оборотного водоснабжения на обогатительных фабриках</b> |  |   |    |  |                        |  |                         |    |
| 6.1  | Организация оборотного водоснабжения на обогатительных фабриках. Принципы организации /Лек/  | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-32<br>ОПК-4-33 ПК-1-33 ПК-1-34<br>УК-3-32  | Л1.1Л2.3<br>Л2.4 Л2.5  |  |                         |    |
| 6.2  | Организация оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях и обогатительных фабриках, использующие разные процессы обогащения /Лек/ | 3 | 2  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-32<br>ОПК-4-33 ПК-1-33 ПК-1-34<br>УК-3-32  | Л1.1Л2.3<br>Л2.4 Л2.5  |  |                         |    |



|     |   |   |    |   |  |  |         |  |
|-----|---|---|----|---|--|--|---------|--|
| 6.3 | Основные процессы очистки сточных вод обогатительных фабрик. Характеристика загрязняющих компонентов обогатительных фабрик /Пр/   | 3 | 1  | ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-33 ПК-1-У1<br>ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В2<br>ПК-1-В3 УК-3-32 УК-3-У1<br>УК-3-У2 УК-3-У3                                 | Л1.1Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4 Л2.5       |  | КМ2     |  |
| 6.4 | Хвостовое хозяйство обогатительных фабрик /Пр/  | 3 | 1  | ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-У2 ПК-1-В2<br>ПК-1-В3 УК-3-32 УК-3-У1<br>УК-3-У2 УК-3-У3  | Л1.1Л2.3<br>Л2.4 Л2.5                    |  | КМ2     |  |
| 6.5 | Организация водоснабжения обогатительных фабрик ГОК и ГМК (прямоточное, повторное и обратное). Принципы водооборота (локальный, цикловой, комбинированный). Балансовая схема водопотребления /Пр/ | 3 | 2  | ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3 ПК-1-У2 ПК-1-У3<br>ПК-1-В2 ПК-1-В3 УК-3-32<br>УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3  | Л1.1Л2.3<br>Л2.4 Л2.5                    |  |         |  |
| 6.6 | Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям /Ср/   | 3 | 10 | ОПК-4-31<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-У2<br>ОПК-4-У3<br>ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-32<br>ПК-1-34 ПК-1-У1 ПК-1-У2<br>ПК-1-В2 ПК-1-В3 УК-3-32<br>УК-3-У1 УК-3-У2 УК-3-У3 | Л1.1Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4 Л2.5<br>Э1 |  | КМ2,КМ3 |  |

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки  |
|--------|-------------------------|------------------------------------|---|
| КМ1    | Контрольная работа 1    | УК-3-31;УК-3-У1;УК-3-У2;УК-3-У3    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные показатели, характеризующие содержание влаги в рудах и продуктах их обогащения.</li> <li>2. Как рассчитать разжижение продукта обогащения зная отношение твердого к жидкому?</li> <li>3. Что называют внутренней влагой?</li> <li>4. Что называют гравитационной влагой?</li> <li>5. Обезвоживание материала какой крупности проводят дренированием?</li> <li>6. Назовите способы и нарисуйте принципиальную схему обезвоживания флотационного концентрата.</li> <li>7. Назовите способы и нарисуйте принципиальную схему обезвоживания гравитационного концентрата.</li> <li>8. Как рассчитать содержание твердого в пульпе, если известно ее разжижение?</li> </ol> |

|     |                      |  |   |
|-----|----------------------|--|---|
| КМ2 | Контрольная работа 2 | УК-3-32;УК-3-У1;ОПК-4-32;ОПК-4-33;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-34        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите и кратко опишите конструкцию и принцип работы цилиндрического радиального сгустителя.</li> <li>2. Приведите классификацию сгустителей.</li> <li>3. Что называют кривой осаждения суспензии, как ее построить и что по ней можно определить?</li> <li>4. Приведите классификацию и кратко опишите основные способы интенсификации скорости сгущения.</li> <li>5. В чем отличие "гидрофобной" и "мостиковой" флокуляции суспензий?</li> <li>6. Нарисуйте и кратко опишите строение двойного электрического слоя?</li> <li>7. В чем заключается механизм действия реагентов-коагулянтов и флокулянтов?</li> <li>8. В чем отличие радиального сгустителя с центральным приводом от пластинчатого сгустителя?</li> <li>9. Каково примерное содержание твердого в песках сгущения?</li> <li>10. Приведите пример и опишите принцип действия высокомолекулярных флокулянтов.</li> </ol>   |
| КМ3 | Контрольная работа 3 | УК-3-32;УК-3-У1;ОПК-4-32;ПК-1-33;ПК-1-34;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В2 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие факторы влияют на скорость фильтрования продуктов обогащения?</li> <li>2. Какова влажность флотационного медного концентрата после фильтрования?</li> <li>3. В чем отличие дискового вакуум-фильтра от барабанного?</li> <li>4. Опишите достоинства и недостатки керамических дисковых вакуум-фильтров.</li> <li>5. Что называют циклом фильтрования, какова его продолжительность при обезвоживании песков сгущения цинковых флотационных концентратов?</li> <li>6. Как выбрать необходимое количество вакуум-фильтров?</li> <li>7. Какие реагенты могут быть использованы для очистки сточных вод от мышьяка?</li> <li>8. Перечислите основные способы организации складирования отходов обогащения.</li> <li>9. Выделите основные элементы в составе хвостового хозяйства</li> <li>10. Назовите факторы, влияющие на выбор способа строительства хвостохранилища.</li> <li>11. Что называют пастовым сгущением. Какие продукты обогащения обезвоживают в пастовых сгустителях?</li> <li>12. Предложите рациональную организацию оборотного водоснабжения обогатительной фабрики по переработке железистых кварцитов.</li> <li>13. Опишите конструкцию и принцип работы барабанной сушилки?</li> <li>14. Запишите уравнения материального и теплового баланса сушилки.</li> </ol> |

|     |         |  |   |
|-----|---------|--|---|
| КМ4 | Экзамен | УК-3-31;УК-3-32;УК-3-У1;УК-3-У2;УК-3-У3;ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-33;ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-У3;ОПК-4-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-34;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение процессов обезвоживания. Какие процессы входят в обезвоживание? Как изменяется содержание твердого между процессами обезвоживания?</li> <li>2. Виды влаги в продуктах обогащения. Классификация продуктов обогащения по содержанию влаги.</li> <li>3. Дайте определение и приведите формулы для расчета влажности, разжижения и процента твердого. Приведите классификацию продуктов обогащения по содержанию в них влаги.</li> <li>4. Влагоудерживающая способность продуктов обогащения, факторы влияющие на нее.</li> <li>5. Опишите режимы течения жидкости. Параметр Рейнольдса.</li> <li>6. Дренирование. Описание процесса, особенности применения, оборудование.</li> <li>7. Какого размера частицы относятся к коллоидным? С чем связаны трудности осаждения коллоидных частиц в водной среде?</li> <li>8. Чем вызвана необходимость в агрегировании минеральных суспензий? Опишите механизмы агрегирования суспензий.</li> <li>9. Скорость осаждения частиц твердой фазы в свободных и стесненных условиях.</li> <li>10. Механизмы соударения зерен в жидкой фазе пульпы.</li> <li>11. Коагуляция. Что называют порогом коагуляции? От чего зависит коагулирующее действие электролита?</li> <li>12. Реагенты-коагулянты: назначение, классификация, способ дозирования, примеры.</li> <li>13. Флокуляция. В чем отличие «мостиковой флокуляции» от флокуляции гидрофобными реагентами? Приведите примеры флокулянтов.</li> <li>14. Реагенты флокулянты: назначение, классификация, особенности использования, примеры.</li> <li>15. Что понимают под критическим временем сгущения минеральной суспензии?</li> <li>16. Удельная поверхность сгущения, способ ее расчета.</li> <li>17. Приведите принципиальную схему цилиндрического радиального сгустителя с периферическим приводом, опишите принцип его работы.</li> <li>18. Приведите принципиальную схему цилиндрического радиального сгустителя с центральным приводом, опишите принцип его работы.</li> <li>19. Приведите принципиальную схему пластинчатого сгустителя, опишите принцип его работы.</li> <li>20. От каких факторов зависит сопротивление осадка и фильтровальной перегородки? Каким путем можно добиться их снижения?</li> <li>21. Фильтрование. Классификация процессов фильтрования.</li> <li>22. Основное уравнение фильтрования. Перечислите факторы, влияющие на процесс фильтрования.</li> <li>23. Требования, предъявляемые к фильтровальным перегородкам.</li> <li>24. Опишите принцип действия дискового вакуум-фильтра, нарисуйте его схему с указанием зон фильтра?</li> <li>25. Опишите достоинства керамических вакуум-фильтров, перечислите способы регенерации фильтровальных элементов.</li> <li>26. Приведите схему и опишите принцип работы барабанного вакуум-фильтра. Какие достоинства и недостатки барабанного вакуум-фильтра по сравнению с дисковым?</li> <li>27. Ленточный вакуум-фильтр. Принцип работы, область применения?</li> </ol> |
|-----|---------|--|---|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>28. В чем процесс пресс-фильтрация отличается от вакуум-фильтрации? Сравните достоинства и недостатки пресс-фильтра и дискового вакуум-фильтра.</p> <p>29. Вспомогательные вещества при фильтрации. Назначение и приведите примеры.</p> <p>30. Конструкция нутч-фильтра, опишите принцип его работы, достоинства и недостатки?</p> <p>31. Виды сушки. Какой вид сушки применяют для обезвоживания концентратов, получаемых на обогатительных фабриках при переработке полезного ископаемого?</p> <p>32. Водно-шламовая схема обогащения, баланс воды, основные показатели.</p> <p>33. Приведите схему центрифуги, опишите ее конструкцию, назначение и область применения. Классификация центрифуг.</p> <p>34. Приведите классификацию и кратко опишите мокрые пылеуловители, используемые на обогатительной фабрике.</p> <p>35. Приведите классификацию и кратко опишите схемы пылеулавливания на обогатительной фабрике. Предложите схему пылеулавливания на асбестообогащительной фабрике.</p> <p>36. Что понимают под материальным балансом сушки? Приведите основные параметры влажного воздуха.</p> <p>37. Опишите и дайте краткую характеристику процессам обеспыливания и пылеулавливания.</p> <p>38. Материальный и тепловой баланс сушки. Назначение, основные уравнения.</p> <p>39. Назовите важнейшие характеристики влажного воздуха и дайте им определение. Что понимают под внутренним балансом сушилки?</p> <p>40. Виды сушки продуктов обогащения. Приведите схему и опишите принцип работы сушилки барабанного типа.</p> <p>41. Приведите схему барабанной сушилки, опишите принцип ее работы и особенности эксплуатации</p> <p>42. Какие факторы учитывают при составлении теплового баланса сушки? От чего зависит удельный расход тепла?</p> <p>43. Что представляет собой труба-сушилка? Когда применяют сушку в таких аппаратах?</p> <p>44. Что поднимают под теоретической сушилкой? Какую сушилку можно использовать для материала, содержащего 50-60% твердого? Объясните, как она работает.</p> <p>45. Что представляет диаграмма влажного воздуха и что по ней можно определить?</p> <p>46. Как можно определить объем сушилки и удельный расход сушильного агента?</p> <p>47. Чем отличается процесс сушки топочными газами от процесса сушки воздухом с частичной рециркуляцией? В каких случаях применяют первый и второй способ?</p> <p>48. Характеристики пыли. Кратко опишите методы обеспыливания на обогатительной фабрике.</p> <p>49. Приведите классификацию и кратко опишите оборудование для обеспыливания. Как оценить эффективность работы оборудования для обеспыливания.</p> <p>50. Опишите методы и оборудование для улавливания пыли под действием силы тяжести.</p> <p>51. В каких случаях используют электрическую очистку газов? Приведите принципиальную схему электрофильтра и перечислите факторы, влияющие на</p> |
|--|--|--|---|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>эффективность его работы.</p> <p>52. Приведите классификацию и опишите аппараты для улавливания пыли фильтрованием.</p> <p>53. Источники водоснабжения и схема водоснабжения обогатительной фабрики.</p> <p>54. Хвостовое хозяйство обогатительной фабрики.</p> <p>55. Методы очистки сточных вод обогатительной фабрики.</p> <p>56. Обратное водоснабжение. Методы кондиционирования оборотных вод.</p> <p>57. Суть процесса сгущения в поле гравитационных сил. Режим течения воды при отстаивании; направление движения воды в радиальных сгустителях. Назовите условия применения закона Стокса для определения скорости движения частиц твердого.</p> <p>58. Процессы агрегирования. Поверхностные силы. Суть расклинивающего давления.</p> <p>59. Назначение процесса фильтрования при обезвоживании. Классификация фильтрования. Выявите взаимосвязь между сжимаемостью осадков и величиной давления при фильтровании. Приведите влажность кеков при применении разных аппаратов фильтрования.</p> <p>60. Назначение сушилки. Материальный и тепловой баланс сушилки. Внутренний баланс сушильной камеры. Приведите пример изображения действительной сушилки (процесс нагревания сушильного агента и процесс сушки) на диаграмме Рамзина.</p> <p>61. Задача. На сгущение поступает медный концентрат в количестве 25 т/ч; удельная производительность сгущения по концентрату составляет <math>q=1,2 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})</math>. Определите требуемую площадь осаждения.</p> <p>62. Назначение процессов обезвоживания. Технологические параметры обезвоживания. Материальный баланс при обезвоживании.</p> <p>63. Назовите движущие силы процессов разделения твердой и жидкой фаз сгущением (отстаивание, разделение в центробежном поле) и дренированием. Достижимые показатели содержания влаги (твердого) в обезвоженных продуктах.</p> <p>64. Раскройте суть процесса коагуляции. Назначение процесса коагуляции при обезвоживании. Примеры коагулянтов. Правило Шульца-Гардена.</p> <p>65. Назначение процесса фильтрования при обезвоживании. Классификация процесса фильтрования. Движущая сила фильтрования. Экспериментальное решение уравнения фильтрования.</p> <p>66. Назначение хвостохранилищ. Структура хвостового хозяйства. Способы защиты поверхностных и подземных вод от сточных вод хвостохранища.</p> <p>67. Задача. Определить производительность по сливу сгустителя диаметром 30 м, если скорость по удаляемому сливу составляет <math>v=0,01 \text{ м}/\text{мин}</math>.</p> <p>68. Назначение процессов обезвоживания. Классификация минеральных суспензий по крупности. Вязкость суспензий.</p> <p>69. Выявите методические различия между методом Коу и Клевенжера и методом Кинша в определении удельной площади сгущения (аналитические выражения удельной площади сгущения). Приведите пример экспериментальной кривой сгущения, укажите основные показатели, которые определяются на кривой при разных методах.</p> <p>70. Раскройте сущность процессов агрегирования. Назначение процессов агрегирования. Поверхностные силы. Роль Ван-дер-Ваальсовых сил в процессах флокуляции.</p> <p>71. Назначение процесса фильтрования при обезвоживании. Классификация фильтрования. Свойства осадков. Классификация аппаратов при обезвоживании фильтрованием.</p> <p>72. Основные загрязняющие вещества сточных вод флотационных обогатительных фабрик. Основные процессы, используемые для очистки от загрязняющих веществ. Изобразите принципиальную схему цепи аппаратов для компоновки реагентных процессов очистки на обогатительных фабриках</p> <p>73. Задача. На сгущение поступает медный концентрат в</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | количестве 50 т/сут; удельная производительность сгущения медного концентрата составляет $q=0,06$ т/(м <sup>2</sup> •ч). Определите требуемую площадь сгущения. |
|--|--|--|---|

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

| Код работы | Название работы  | Проверяемые индикаторы компетенций   | Содержание работы  |
|------------|------------------|--|--|
| P1         | Домашнее задание | УК-3-У1;УК-3-32;УК-3-У2;УК-3-У3;ОПК-4-32;ОПК-4-33;ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-У3;ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-34;ПК-1-32;ПК-1-У2;ПК-1-У1 | Домашнее задание:<br>Выбор и обоснования технологической схемы и оборудования для обезвоживания концентрата, получаемого на обогатительной фабрике по переработке руды (в соответствии с вариантом задания). Рассчитать водно-шламовую схему обезвоживания. Провести выбор и расчет оборудования для обезвоживания концентрата.<br><br>Вариант.<br>Руда: Учалинская медно-цинковая: 4,5 т/м <sup>3</sup> .<br>Производительность по концентрату: 65 т/ч. |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме. Экзаменационный билет состоит из четырех вопросов и задачи. Каждый вопрос и задача оцениваются по одному баллу. Комплект экзаменационных билетов хранится на кафедре ОПИ.

Пример экзаменационного билета:

1. Назначение процессов обезвоживания. Какие процессы входят в обезвоживание? Как изменяется содержание твердого между процессами обезвоживания?
2. Раскройте суть процесса коагуляции. Назначение процесса коагуляции при обезвоживании. Примеры коагулянтов. Правило Шульца-Гардена.
3. Основные загрязняющие вещества сточных вод флотационных обогатительных фабрик. Основные процессы, используемые для очистки от загрязняющих веществ. Изобразите принципиальную схему цепи аппаратов для компоновки реагентных процессов очистки на обогатительных фабриках.
4. Назначение процесса фильтрования при обезвоживании. Классификация фильтрования. Выявите взаимосвязь между сжимаемостью осадков и величиной давления при фильтровании. Приведите влажность кеков при применении разных аппаратов фильтрования.
5. На сгущение поступает медный концентрат в количестве 50 т/сут; удельная производительность сгущения медного концентрата составляет  $q=0,06$  т/(м<sup>2</sup>•ч). Определите требуемую площадь сгущения.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Дисциплина считается освоенной при выполнении следующих условий:

- текущий лекционный контроль имеет положительные оценки ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- выполнены и защищены все практические и лабораторные работы, домашнее задание и реферат;
- по результатам контрольных работ имеются положительные оценки ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- экзамен по учебной дисциплине сдан на положительную оценку ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично").

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители               | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|-----------------------------------|--|------------------------|------------------------|
| Л1.1 | Самыгин В. Д.,<br>Игнаткина В. А. | Процессы и аппараты очистки сточных вод: учеб. пособие | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2009 |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год                      |
|------|--|--|------------------------|--|
| Л2.1 | Гудков А. Г.   | Механическая очистка сточных вод: учебное пособие  | Электронная библиотека | Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019 |
| Л2.2 | Яковлев С. В.,<br>Карелин Я. А.,<br>Ласков Ю. М.,<br>Калицун В. И. | Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. 'Водоснабжение и водоотведение' | Библиотека МИСиС       | М.: Стройиздат, 1996                   |

|      | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека       | Издательство, год |
|------|--|--|------------------|-------------------|
| Л2.3 | Чуянов Г. Г.   | Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды: учебник для вузов                          | Библиотека МИСиС | М.: Недра, 1987   |
| Л2.4 | Бересневич П. В.,<br>Кузьменко П. К.,<br>Неженцева Н. Г.                       | Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ  | Библиотека МИСиС | М.: Недра, 1993   |
| Л2.5 | Авершин И. Н.,<br>Батищева Т. А.,<br>Берман Ю. А., др.,<br>Богданов О. С., др. | Справочник по обогащению руд: Спец. и вспом. процессы, испытания обогатимости, контроль и автоматика | Библиотека МИСиС | М.: Недра, 1983   |

### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители             | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год |
|------|---------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| Л3.1 | Самыгин В. Д.,<br>Коржова Р. В. | Вспомогательные процессы: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Обогащение полезных ископаемых' и напр. 'Горное дело' | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2004   |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |  |   |
|----|--|---|
| Э1 | Единое окно доступа к образовательным ресурсам | <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a> |
|----|--|---|

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |                  |
|-----|------------------|
| П.1 | MS Teams         |
| П.2 | Microsoft Office |
| П.3 | Garant.ru        |
| П.4 | Консультант Плюс |

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

|     |  |
|-----|--|
| И.1 | 1. АО "МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД ТРУД" <a href="https://zavodtrud.ru">https://zavodtrud.ru</a>                                    |
| И.2 | 2. OUTOTEC: <a href="https://www.outotec.ru">https://www.outotec.ru</a>  |
| И.3 | 3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a> |
| И.4 | 4. ГИАБ: <a href="https://www.giab-online.ru">https://www.giab-online.ru</a>   |

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                              | Назначение   | Оснащение  |
|-----------------------------------|--|--|
| Читальный зал №4 (Б)              |  | комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета  |
| Любой корпус<br>Мультимедийная    | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus  |
| Любой корпус<br>Учебная аудитория | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест   |
| Л-132                             | Учебная лаборатория гравитационных методов обогащения:   | столы концентрационные СКЛ-2 - 3 шт., столы сухого трения - 2 шт., сепаратор винтовой лабораторный, машина отсадочная лабораторная ОМЛ, макет колесного тяжелосредного сепаратора, трубка Монро, насос-воронки лабораторные с комплектами гидроциклонов - 2 шт., экран, стойка под проектор с компьютером, комплект учебной мебели на 12 посадочных мест |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

