

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шевчик Андрей Павлович
Должность: Врио ректора
Дата подписания: 23.06.2021 14:49:50
Уникальный программный ключ:
e1e4bb0d4ab042490a99c40e31641575580ad1a202c444b0f04635f200db7603



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В. Пекаревский
«_____» _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины
ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
(Начало подготовки – 2017 год)

Специальность
18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация:
№ 01 Химическая технология материалов ядерного топливного цикла (ЯТЦ)

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **технологии редких элементов и наноматериалов на их основе**

Санкт-Петербург

2017

Б1.В.ДВ.04.01

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

| Разработчик должность | Подпись | Ученое звание, фамилия, инициалы |
|--------------------------|---------|-------------------------------------|
| доцент | | доцент Мурашкин Ю.В. |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы | 4 |
| 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы | 6 |
| 3. Объем дисциплины | 6 |
| 4. Содержание дисциплины | |
| 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий | 7 |
| 4.2. Занятия лекционного типа | 8 |
| 4.3. Занятия семинарского типа | 11 |
| 4.4. Самостоятельная работа | 13 |
| 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине | 13 |
| 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации | 14 |
| 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины | 14 |
| 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | 15 |
| 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины | 16 |
| 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине | |
| 11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине | 16 |
| 12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья | 17 |
| Приложение | 18 |

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

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине: «Оборудование производств редких элементов»

| <i>Коды компетенции</i> | Результаты освоения ООП (содержание компетенций) | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|-------------------------|--|--|
| ПК-1 | ПК-1 способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; - устройство и назначение аппаратуры; - типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов в гидromеталлургии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – составить технологическую схему проектируемого производства; – правильно выбрать конструкции аппаратов и материалы для их изготовления; – рассчитать количество и основные характеристики аппаратов, обеспечивающих заданную производительность; – выбрать правильное компоновочное решение проектируемого производства; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками оценки эффективности и качества технологического процесса; - методами проведения химического анализа и метрологической оценки его результатов; - методами анализа технологического процесса; - расчетом удельной производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и назначений процесса. |
| ПК-2 | ПК-2 способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы расчета основных технологических процессов технологии редких элементов; - принципиальную технологическую схему процесса; - методы расчета материальных балансов основных технологических операций. |

| Коды компетенции | Результаты освоения ООП (содержание компетенций) | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|------------------|---|--|
| ПСК-1.1 | <p>контроля технологического процесса</p> <p>ПСК-1.1 способностью к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов;</p> | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – рассчитать материальный баланс операции выщелачивания, промывки осадков и пульп, фильтрования, ионообменного извлечения, экстракции и других гидрометаллургических процессов; – составить технологическую схему производства редких радиоактивных элементов; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> -методами расчета технологического процесса, удельной производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и назначений параметров процесса. -навыками оценки эффективности и качества технологического процесса; -методами поиска информации и ее обработки, работы с научно-технической и патентной литературой, нормативными материалами; <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; - принцип действия аппарата; – устройство и назначение аппаратуры -методы оценки эффективности производства; – общие закономерности химических процессов в технологии редких и радиоактивных элементов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильно выбрать конструкции аппаратов и конструкционные материалы для их изготовления; – выбрать правильное компоновочное решение основного технологического оборудования, обеспечивающего безопасное проведение технологических процессов в процессе производства редких и радиоактивных элементов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками оценки эффективности и качества управления технологическими процессами в производстве редких и |

| <i>Коды компетенции</i> | <i>Результаты освоения ООП (содержание компетенций)</i> | <i>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</i> |
|-------------------------|---|--|
| | | радиоактивных материалов. -методами расчета технологического процесса, производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и вида процесса. |

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.04.01) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Общая и неорганическая химия».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Оборудование производств редких элементов» знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении курсового проекта, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы (государственной итоговой аттестации) и в дальнейшей трудовой деятельности.

3. Объем дисциплины

| Вид учебной работы | Всего, академических часов |
|--|-----------------------------|
| | Очная форма обучения |
| Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов) | 5/180 |
| Контактная работа с преподавателем: | 48 |
| занятия лекционного типа | 32 |
| занятия семинарского типа, в т.ч. | |
| семинары, практические занятия | 16 |
| лабораторные работы | |
| курсовое проектирование (КР или КП) | |
| КСР | нет |
| другие виды контактной работы (КОНТРОЛЬ) | 45 |
| Самостоятельная работа | 87 |
| Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе) | Кр, расчетная работа, тесты |
| Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен) | 45 Экзамен |

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Занятия лекционного типа, акад. часы | Занятия семинарского типа, акад. часы | | Самостоятельная работа, акад. часы | Формируемые компетенции |
|-------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | | | Семинары и/или практические занятия | Лабораторные работы | | |
| 1 | Введение. Роль оборудования в технологии редких элементов | 2 | | | | |
| 2 | Расчет оборудования для гидromеталлургического вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов. | 6 | 8 | | 16 | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| 3 | Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз, расчет оборудования и его выбор. Расчет процесса промывки осадков и пульп. | 6 | 4 | | 12 | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| 4 | Расчет оборудования для ионообменной технологии. Основные типы ионообменных колонн. | 6 | 2 | | 16 | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| 5 | Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов. | 6 | 2 | | 15 | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| 6 | Основные конструкции и расчет аппаратов для получения оксидов редких и радиоактивных металлов | 2 | | | 14 | ПСК-1.1 |
| 7 | Коррозионная стойкость материалов аппаратуры | 2 | | | 8 | ПК-1 |
| 8 | Общие вопросы промышленного проектирования | 2 | | | 6 | ПК-1 |
| | ИТОГО: | 32 | 16 | | 87 | |

4.2. Занятия лекционного типа

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 1 | <p><u>Введение.</u> Структура дисциплины, ее объем, форма отчетности студентов. Значение дисциплины для подготовки специалистов (инженеров - химиков – технологов). Роль и место оборудования в производстве редких элементов в системе производства материалов современной энергетики</p> | 2 | |
| 2 | <p><u>Расчет оборудования для гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов.</u> Определение процесса выщелачивания, основные факторы, влияющие на кинетику гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, исходные данные для расчета процесса выщелачивания, порядок расчета процесса выщелачивания; оксидный и минералогический состав руды, методика расчета минералогического состава на основании количественного оксидного и качественного минералогического составов, расчет вскрываемости руды, исходя из минералогического состава сырья; цель составления материального баланса, исходные данные для составления материального баланса операции выщелачивания и технологический расчет процесса, расчет расхода реагентов и количества продуктов реакций по уравнениям химических реакций с учетом вскрываемости отдельных минералов; формы записи таблиц материального баланса: по потокам и по соединениям; составление материального баланса процесса с учетом оборотных растворов; тепловой баланс операции выщелачивания; основные параметры пульпы, Т:Ж, плотность; расчет аппаратов выщелачивания периодического действия; специфика движения материала в каскаде аппаратов непрерывного действия, расчет объема аппарата и числа аппаратов в каскаде аппаратов выщелачивания непрерывного действия по уравнению и с помощью номограмм; схемы прямоточного и противоточного процессов выщелачивания, их преимущества и недостатки; характеристика и типы перемешивающих устройств, характеристика аппаратов выщелачивания; выбор аппаратуры по ГОСТам и каталогам, примеры компоновочных решений отделения выщелачивания.</p> | 6 | Слайды-презентация |

| № раздела дисципли ны | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Иннова ционная форма |
|--------------------------------|--|----------------------|----------------------------|
| 3 | <p><u>Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз, расчет оборудования и его выбор. Расчет процесса промывки осадков и пульп.</u></p> <p>Характеристика гидromеталлургических осадков и пульп, промывка гидromеталлургических осадков и пульп, задачи промывки, классификация процессов; обобщенный метод расчета противоточной промывки осадков и пульп, вывод основных уравнений, расчет промывки в случае использования чистого растворителя, расчет процесса промывки при условии равенства влажности осадков до и после промывки, номограммы для расчета противоточной промывки осадков, Последовательная промывка осадков и пульп; аппаратные схемы многоступенчатой промывки; промывка осадков на фильтре методом вытеснения; схема процесса, методика расчета промывки осадков на фильтре; расчет аппаратуры для разделения твердого и жидкого, расчет основных параметров сгустителей, технические характеристики одноярусных сгустителей, классификация и техническая характеристика фильтров, обоснование выбора аппаратуры для фильтрования; аппаратные схемы операции фильтрования для различных типов фильтров; закономерности центрифугирования, расчет центрифуг и выбор по каталогам; основные параметры гидроциклонов; объемно - планировочные решения отделения разделения твердого и жидкого.</p> | 6 | Слайды-презентация |
| 4 | <p><u>Расчет оборудования для ионообменной технологии.</u></p> <p><u>Основные типы ионообменных колонн.</u> Задачи ионного обмена, классификация методов ионообменного выделения и разделения элементов; основные стадии работы сорбционной колонны, расчет ионообменной установки с неподвижным слоем сорбента, схема сорбции и элюирования при работе колонны с неподвижным слоем сорбента; формирование фронта равных концентраций; составление материального баланса процессов сорбции и десорбции; расчет габаритов сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, составление графика работы колонн; устройство и принцип действия пульсационных сорбционных колонн; расчет процесса на основе теории массообменных процессов, расчет диаметра и высоты сорбционных колонн различных конструкций; объемно - планировочное решение отделения ионообменного извлечения и разделения редкоземельных элементов.</p> | 6 | Слайды-презентация |

| № раздела дисципли ны | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Иннова ционная форма |
|--------------------------------|--|----------------------|----------------------------|
| 5 | <p><u>Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов.</u> Периодическая экстракция, экстракция с перекрестным током экстрагента, противоточная экстракция, схемы процесса, основные понятия; расчет необходимого числа ступеней контактирования противоточной экстракции, материальный баланс ступеней и каскада экстракции; вывод формулы Кремсера, зависимость числа ступеней контактирования от коэффициента экстракции; основные задачи и схема процесса экстракционного разделения элементов; определение оптимального соотношения потоков и расчет числа ступеней экстракционной и промывной частей каскада по методике Левина, анализ результатов расчета; графический метод расчета экстракционных каскадов; аппаратура для экстракции: расчет аппаратов типа смеситель - отстойник ящичного типа, основные параметры колонных аппаратов для экстракции; компоновочные решения отделения экстракции.</p> | 6 | Слайды-презентация |
| 6 | <p><u>Основные конструкции аппаратов для получения оксидов редких и радиоактивных металлов.</u> Ядерно-безопасное сушильное и прокалочное оборудование для получения оксидов обогащенного урана, плутония и трансурановых элементов. Основные конструкции сушилок. Вращающиеся трубчатые и шнековые аппараты. аппараты с виброкипящим слоем. распылительные сушильно-прокалочные аппараты. Аппараты для термического синтеза оксидов. Смесительное оборудование, оборудование для формирования и спекания керамики. Расчет трубчатых и шнековых аппаратов.</p> | 2 | Слайды-презентация |
| 7 | <p><u>Коррозионная стойкость материалов аппаратуры.</u> Виды и источники коррозии, десятибалльная шкала коррозионной устойчивости металлических конструкционных материалов, коррозионная стойкость важнейших материалов в растворах кислот, щелочей и солей.</p> | 2 | |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 8 | Общие вопросы промышленного проектирования. Понятие проекта, задачи промышленного проектирования; части проекта: технологическая, строительная, санитарно - техническая, электротехническая, теплотехническая, КИП и автоматика, генеральный план, сметная, проект организации работ; порядок выполнения проекта, стадии проектирования, исходные данные для проектирования; основные задачи размещения оборудования и планировки производственных помещений, проект установки аппарата, габариты аппаратов, характер транспортных связей, обслуживание аппаратов, схемы установки аппаратов; условные графические обозначения аппаратов на технологических схемах. | 2 | |

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 2 | Расчет оборудования для гидromеталлургического вскрытия руд и концентратов. Методика расчета минералогического состава на основании количественного оксидного и качественного минералогического составов, | 2 | - |
| 2 | Расчет операции выщелачивания и технологический расчет процесса, расчет расхода реагентов и количества продуктов реакций по уравнениям химических реакций с учетом вскрываемости отдельных минералов; формы записи таблиц материального баланса: по потокам и по соединениям; | 2 | - |
| 2 | Расчет материального баланса процесса с учетом оборотных растворов; | 2 | - |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Иновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|--|
| 2 | Схемы прямоточного и противоточного процессов выщелачивания, их преимущества и недостатки; методика расчета материального баланса противоточного процесса выщелачивания; характеристика и типы перемешивающих устройств, характеристика аппаратов выщелачивания; выбор аппаратуры | 2 | - |
| 3 | Расчет аппаратуры для разделения твердого и жидкого, расчет основных параметров сгустителей, технические характеристики одноярусных сгустителей, классификация и техническая характеристика фильтров, обоснование выбора аппаратуры для фильтрования; аппаратные схемы операции фильтрования для различных типов фильтров; | 2 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |
| 3 | <u>Расчет процесса промывки осадков и пульп.</u> обобщенный метод расчета противоточной промывки осадков и пульп, вывод основных уравнений, расчет промывки в случае использования чистого растворителя, расчет процесса промывки при условии равенства влажности осадков до и после промывки, номограммы для расчета противоточной промывки осадков, Последовательная промывка осадков и пульп; аппаратные схемы многоступенчатой промывки; промывка осадков на фильтре методом вытеснения; схема процесса, методика расчета промывки осадков на фильтре; | 2 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |
| 4 | <u>Расчет оборудования для ионообменной технологии. Основные типы ионообменных колонн.</u> Расчет габаритов сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, составление графика работы колонн, расчет материального баланса сорбционной колонны; | 2 | |
| 5 | <u>Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов.</u> Расчет материального баланса экстракционного каскада; аппаратура для экстракции: расчет аппаратов типа смеситель - отстойник ящичного типа. Компоновка оборудования в помещении цеха | 2 | |

4.4. Самостоятельная работа обучающихся (87 час.)

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|---|-------------------|----------------------------------|
| 2 | Расчет материального баланса гидromеталлургического вскрытия руд и концентратов. Расчет и выбор оборудования для вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов. | 16 | Отчет по индивидуальному заданию |
| 3 | Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз. Расчет процесса промывки и оборудования и его выбор. | 12 | Отчет по индивидуальному заданию |
| 4 | Расчет матбаланса ионообменного процесса и расчет ионообменной колонны. Основные типы ионообменных колонн. | 16 | Отчет по индивидуальному заданию |
| 5 | Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов. | 15 | Отчет по индивидуальному заданию |
| 6 | Основные конструкции и расчет аппаратов для получения оксидов редких и радиоактивных металлов | 14 | Устный опрос |
| 7 | Коррозионная стойкость материалов аппаратуры | 8 | Устный опрос |
| 8 | Общие вопросы промышленного проектирования | 6 | Устный опрос |
| | ИТОГО | 87 | |

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего

контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Исходные данные для расчета процесса выщелачивания. Порядок расчета процесса выщелачивания.
2. Характеристика, принцип действия и применение фильтр-прессов рамных, камерных: РОР5,6-630/45У; РОМ40-820/45К; КМПм32У.
3. Составить аппаратурно-технологическую схему прямоточного и многостадийного противоточного выщелачивания, ее достоинства и недостатки.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень основной, дополнительной и вспомогательной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и оборудования для выщелачивания руд и концентратов: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин.– СПб.: СПбГТИ(ТУ). 2013.-51 с. (ЭБ)
2. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и основных параметров ионообменной установки по извлечению редких элементов из водных растворов. Аппаратурное оформление: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.-68 с. (ЭБ)
3. Правдин, Н.Н. Основы проектирования и оборудование: методические указания к выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения по специальности «Химическая технология неорганических веществ»/ Н.Н. Правдин, А.К. Хомич, М.А. Шапкин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ). 2010.-112 с. (ЭБ)
4. Правдин, Н.Н. Основы проектирования и оборудование. Базовый курс: учебное пособие/ Н.Н. Правдин, А.К. Хомич, М.А. Шапкин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ). 2010.-104 с. (ЭБ)

б) дополнительная литература:

Зиминов, А.В. Расчет тепловых балансов производств тонкого органического синтеза: методические указания/ А.В. Зиминов, С.М. Рамш.- СПб.: СПбГТИ(ТУ). 2013.-57 с. (ЭБ)

в) вспомогательная литература:

1. Вольдман, Г.М. Теория гидрометаллургических процессов/ Г.М. Вольдман, А.Н. Зеликман – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. - 464 с.
2. Жиганов, А.Н. Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива: учебное пособие/ А.Н. Жиганов, В.В. Гузеев, Г.Г. Андреев. – Томск .: STT, 2002.- 328 с.
3. Карпачева, С.М. Пульсационная аппаратура в химической технологии/ С.М. Карпачева, Б.Е. Рябчиков. – М.: Химия, 1983. 223 с.
- 4.Блохин, А.А. Технология молибдена и вольфрама: текст лекций/ А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 93 с.
5. Зеликман, А.Н. Metallургия редких металлов/ А.Н. Зеликман, Б.Г. Коршунов. – М.: Metallургия, 1991. - 432 с.
6. Болотников, Л.Е. Технологическое проектирование производств редких металлов/ Л.Е. Болотников. – М.: Metallургия, 1973. - 470 с
7. Судариков, В.Н. Процессы и аппараты урановых производств/ В.Н. Судариков, Э.Г. Раков. – М.: Машиностроение , 1969. – 383 с.
8. Михайличенко, А.И. Редкоземельные металлы/ А.И. Михайличенко, Е.В. Михлин, Ю.Б. Патрикеев. – М.: Metallургия, 1987. - 231 с.
9. Хуснутдинов, В.А. Оборудование производств неорганических веществ/ В.А. Хуснутдинов, Р.С. Сайфуллин, И.Г. Хабибуллин. – Л.: Химия, 1987. -247 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

1. Кузнецова, И.М. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС. [Электронный ресурс] / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампики, В.Г. Иванов, Э.В. Чиркунов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/45973>.
2. Смирнов, Н.Н. Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов). [Электронный ресурс] / Н.Н. Смирнов, В.М. Барабаш, К.А. Карпов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 84 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91283>.
3. Елкин, В.А. Оборудование гидролизных и микробиологических производств. Разделение жидких неоднородных систем и расчет отстойника непрерывного действия: учебное пособие по курсовому проектированию. [Электронный ресурс] / В.А. Елкин, А.В. Бахтиярова, Г.Д. Денисенко. — Электрон. дан. — СПб. : СПбГЛТУ, 2015. — 48 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71878>.
4. Натареев, С.В. Сушка и обжиг в кипящем слое. [Электронный ресурс] / С.В. Натареев, Н.Л. Овчинников, Л.Н. Овчинников. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2009. — 106 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4512>.
5. Нифталиев, С.И. Технология подготовки сырья для неорганических производств. [Электронный ресурс] / С.И. Нифталиев, Ю.С. Перегудов. — Электрон. дан. — Воронеж : ВГУИТ, 2014. — 87 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72919>.

6. Нифталиев, С.И. Теория и практика очистки неорганических веществ. [Электронный ресурс] / С.И. Нифталиев, С.Е. Плотникова, А.В. Астапов. — Электрон. дан. — Воронеж : ВГУИТ, 2014. — 63 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72914>.
7. Прокофьев, В.Ю. Оборудование производств неорганических веществ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2015. — 115 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/69971>.
8. Прокофьев, В.Ю. Основы проектирования производств неорганических веществ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2015. — 131 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/69972>.
9. Тананаев, И.Г. Уран: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2011. — 92 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75976>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Оборудование производств редких элементов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel);

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения лекционных и практических занятий используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных и практических занятий используются видеоматериалы и учебные фильмы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Оборудование производств редких элементов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

| Компетенции | | |
|--------------------|--|--------------------------|
| Индекс | Формулировка | Этап формирования |
| ПК-1 | способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции | промежуточный |
| ПК-2 | способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса | промежуточный |
| ПСК-1.1 | способностью к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов; | промежуточный |

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|---|---|--|-------------------------|
| Введение. Роль оборудования в технологии редких элементов | Знание области задач изучаемой дисциплины, их актуальности. Понимание роли оборудования для решения производственных задач. Умение формулировать цели и задачи использования оборудования для конкретных процессов. | Правильные ответы на вопросы №1 к экзамену | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|---|---|--|-------------------------|
| Освоение раздела № 2. Расчет оборудования для гидromеталлургического вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает устройство и назначение аппаратуры; Знает типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов выщелачивания в производстве основных функциональных материалов ЯТЦ; Знает методы расчета норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов. Знает методы оценки эффективности производства; | Правильные ответы на вопросы №2-16 к экзамену | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| Освоение раздела №3. Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз, расчет оборудования и его выбор. Расчет процесса промывки осадков и пульп. | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает устройство и назначение аппаратуры; Знает типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов разделения твердого и жидкого в производстве основных функциональных материалов ЯТЦ; Знает методы расчета оборудования для разделения твердого и жидкого. Знает методы оценки эффективности производства | Правильные ответы на вопросы №17-33 к экзамену | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|---|--|--|-------------------------|
| Освоение раздела № 4. Расчет оборудования для ионообменной технологии. Основные типы ионообменных колонн. | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает устройство и назначение аппаратуры для ионообменной технологии; Знает типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов ионного обмена в производстве основных функциональных материалов ЯТЦ; Знает методы расчета производительности ионообменных колонн. | Правильные ответы на вопросы №34-42 к экзамену | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| Освоение раздела №5. Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает устройство и назначение аппаратуры; Знает типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ; Знает методы расчета норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов. Знает методы оценки эффективности производства | Правильные ответы на вопросы №43-54 к экзамену | ПК-1 ПК-2 ПСК-1.1 |
| Освоение раздела № 6. Основные конструкции и расчет аппаратов для получения оксидов редких и радиоактивных металлов | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает принцип действия аппарата; Знает устройство и назначение аппаратуры; Знает основные критерии при выборе оборудования для проведения технологических процессов при производстве редких и радиоактивных элементов; | Правильные ответы на вопросы №55-58 к экзамену | ПСК-1.1 |

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|--|---|--|-------------|
| Освоение раздела № 7. Коррозионная стойкость материалов аппаратуры | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает основные конструкционные материалы, стойкие в различных агрессивных средах; | Правильные ответы на вопросы №59-60 к экзамену | ПК-1 |
| Освоение раздела № 8. Общие вопросы промышленного проектирования | Знает основные параметры, технические характеристики технологического оборудования; Знает требования к компоновке оборудования; Знает исходные данные для составления проектного задания; | Правильные ответы на вопросы №61-66 к экзамену | ПК-1 |

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, результат оценивания экзамена – балльный.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1, ПК-2, ПСК-1.1:

1. Роль и место оборудования в производстве редких элементов в системе производства материалов современной энергетики.
2. Определение процесса выщелачивания, основные факторы, влияющие на кинетику гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов.
3. Исходные данные для расчета процесса выщелачивания.
4. Порядок расчета процесса выщелачивания.
5. Коэффициент часовой производительности проектируемого объекта.
6. Оксидный и минералогический состав руды, методика расчета минералогического состава на основании количественного оксидного и качественного минералогического составов.
7. Цель составления материального баланса, исходные данные для составления материального баланса операции выщелачивания.
8. Расчет расхода реагентов и количества продуктов реакций по уравнениям химических реакций с учетом вскрываемости отдельных минералов
9. Формы записи таблиц материального баланса: по потокам и по соединениям.
10. Основные параметры пульпы, Т:Ж, плотность.
11. Расчет аппаратов выщелачивания периодического действия.
12. Специфика движения материала в каскаде аппаратов непрерывного действия.
13. Схемы прямоточного и многостадийного противоточного выщелачивания, их достоинства и недостатки.
14. Расчет объема аппарата и числа аппаратов в каскаде аппаратов выщелачивания непрерывного действия по уравнению и с помощью номограмм

15. Характеристика и типы перемешивающих устройств, характеристика аппаратов выщелачивания.
16. Выбор аппаратуры по ГОСТам, каталогам и на сайтах предприятий.
17. Примеры компоновочных решений отделения выщелачивания.
18. Характеристика гидromеталлургических осадков и пульп.
19. Промывка гидromеталлургических осадков и пульп, задачи промывки, классификация процессов.
20. Противоточная промывка осадков и пульп, уравнение материального баланса жидкости и извлекаемого компонента.
21. Промывка противоточная и прямоточная при условии равенства влажности осадков до и после промывки.
22. Номограммы для расчета противоточной промывки осадков, последовательная промывка осадков и пульп.
23. Аппаратурные схемы многоступенчатой промывки.
24. Промывка осадков на фильтре методом вытеснения.
25. Расчет аппаратуры для разделения твердого и жидкого
26. Расчет основных параметров сгустителей, технические характеристики одноярусных сгустителей.
27. Классификация и техническая характеристика фильтров.
28. Обоснование выбора аппаратуры для фильтрования.
29. Характеристика барабанных фильтров: БОН 10-2,6-1(У,К); БОП 10-2,5-1(У,К).
30. Характеристика карусельных и ленточных фильтров: К 100-15Р; ЛМН 10-1,4 К.
31. Характеристика дисковых фильтров ДОО 16-2,5-1У; ДОО 100-2,5-5К.
32. Характеристика фильтр-прессов рамных, камерных: РОР5,6-630/45У; РОМ40-820/45К; КМПм32У.
33. Центрифугирование, основные типы центрифуг, фактор разделения.
34. Объемно - планировочные решения отделения разделения твердого и жидкого.
35. Задачи ионного обмена, классификация методов ионообменного выделения и разделения элементов.
36. Основные стадии работы сорбционной колонны.
37. Расчет ионообменной установки с неподвижным слоем сорбента, уравнение Шилова.
38. Формирование фронта равных концентраций; составление материального баланса процессов сорбции и десорбции.
39. Расчет габаритов сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, устройство и принцип действия пульсационных сорбционных колонн
40. Расчет процесса на основе теории массообменных процессов.
41. Расчет диаметра и высоты сорбционных колонн различных конструкций.
42. Основные типы сорбционного оборудования, применяемого в технологии.
43. Объемно - планировочное решение отделения ионообменного извлечения и разделения редкоземельных элементов.
44. Экстракция с перекрестным током экстрагента. Материальный баланс ступеней и каскада экстракции.
45. Противоточная экстракция, схемы процесса, материальный баланс ступеней и каскада экстракции.
46. Расчет необходимого числа ступеней контактирования противоточной экстракции, материальный баланс ступеней и каскада экстракции; вывод формулы Кремсера.
47. Зависимость числа ступеней контактирования от коэффициента экстракции.
48. Основные задачи и схемы процессов экстракционного разделения элементов.
49. Периодическая экстракция, экстракция с перекрестным током экстрагента.
50. Схема противоточного экстракционного каскада.

51. Каскад экстракционного разделения элементов с обменной экстракцией и обменной промывкой, схема каскада и принцип его работы.
52. Экстракционное оборудование.
53. Расчет аппаратов типа смеситель - отстойник ящичного типа.
54. Основные параметры колонных аппаратов для экстракции.
55. Компонентные решения отделения экстракции.
56. Ядерно-безопасное сушильное и прокалочное оборудование для получения оксидов обогащенного урана, плутония и трансураниевых элементов.
57. Основные конструкции сушилок.
58. Вращающиеся трубчатые и шнековые аппараты. аппараты с виброкипящим слоем. распылительные сушильно-прокалочные аппараты.
59. Аппараты для термического синтеза оксидов. Смесительное оборудование, оборудование для формирования и спекания керамики
60. Виды и источники коррозии, десятибалльная шкала коррозионной устойчивости металлических конструкционных материалов.
61. Коррозионная стойкость важнейших материалов в растворах кислот, щелочей и солей.
62. Понятие проекта, задачи промышленного проектирования
63. Части проекта: технологическая, строительная, санитарно - техническая, электротехническая, теплотехническая, КИП и автоматика, генеральный план, проект организации работ
64. Порядок выполнения проекта, стадии проектирования, исходные данные для проектирования
65. Основные задачи размещения оборудования и планировки производственных помещений, проект установки аппарата, габариты аппаратов, характер транспортных связей
66. Обслуживание аппаратов, схемы установки аппаратов; условные графические обозначения аппаратов на технологических схемах

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Тесты для проведения текущего контроля.

1. Зависит ли коэффициент часовой производительности от выбранной единицы массы для расчета материального баланса?
 - да;
 - нет.
2. Оксидный состав руды – это качественная или количественная характеристика?
 - качественная;
 - количественная.
3. Минералогический состав руды – это качественная или количественная характеристика?
 - качественная;
 - количественная.
4. Цель составления материального баланса операции выщелачивания?
 - качественная оценка состава реагентов и продуктов реакции;
 - качественная и количественная оценка состава реагентов и продуктов реакции.
5. Параметр пульпы Т:Ж.
 - выражает массовые отношения твердого и жидкого в пульпе;
 - выражает объемные отношения твердого и жидкого в пульпе.
6. Число аппаратов непрерывного действия в каскаде.
 - менее двух;
 - более двух.
7. Модуль промывки это:
 - отношение массы промывной жидкости к массе влаги промываемого осадка;
 - отношение массы промывной жидкости к массе промываемого осадка.
8. Наиболее эффективная промывка осадка (с точки зрения расхода промывной жидкости)?
 - прямоточная;
 - противоточная.
9. Величина модуля промывка осадков на фильтре методом вытеснения?
 - менее 2-х;
 - более 2-х.
10. Сгущение пульп происходит в сгустителях под действием:
 - центробежной силы Земли;
 - силы тяжести.
11. Барабанные вакуум-фильтры применяются:
 - для фильтрования осадков;
 - для сгущения пульп.
12. Промывка осадков на поверхности барабанного вакуум-фильтра:
 - однократная возможна;
 - однократная не возможна.
13. Дисковый вакуум-фильтр применяются:
 - для фильтрования осадков;
 - для сгущения пульп.

14. Промывка осадков на поверхности дискового вакуум-фильтра:
- однократная возможна;
 - однократная не возможна.
15. Патронные и листовые вакуум-фильтры применяются:
- для фильтрования осадков;
 - для сгущения пульп.
16. Промывка осадков на поверхности патронного и листового вакуум-фильтров:
- однократная возможна;
 - однократная не возможна.
17. Карусельный вакуум-фильтр применяется:
- для фильтрования осадков;
 - для сгущения пульп.
16. Промывка осадков на поверхности карусельного вакуум-фильтра:
- возможна противоточная многократная;
 - не возможна.
17. Каково соотношение ПДОЕ и ДОЕ при работе колонны в режиме сорбции?
- ПДОЕ > ДОЕ;
 - ПДОЕ < ДОЕ.
18. При работе в режиме сорбции двух колонн, соединенных последовательно, первая и вторая колонны соответственно работают:
- первая в режиме «до проскока», вторая в режиме «до насыщения»;
 - первая в режиме «до насыщения», вторая в режиме «до проскока».
19. Режим работы сорбционной колонны «до насыщения» характеризуется:
- появлением в растворе на выходе из сорбционной колонны сорбируемого компонента;
 - выравниванием в растворе концентраций сорбируемого компонента на входе и на выходе сорбционной колонны.
20. Режим работы сорбционной колонны «до проскока» характеризуется:
- появлением в растворе на выходе сорбционной колонны сорбируемого компонента;
 - выравниванием в растворе концентраций сорбируемого компонента на входе и на выходе сорбционной колонны.
21. Изотерма сорбции это:
- зависимость равновесной концентрации сорбируемого компонента в фазе раствора от температуры;
 - зависимость равновесных концентраций сорбируемого компонента в фазе сорбента в фазе раствора.
22. Противоточный экстракционный каскад применяется в случае:
- только для извлечения и концентрирования компонентов;
 - для извлечения, концентрирования и разделения компонентов.
23. Изотерма экстракции это:
- зависимость равновесной концентрации экстрагируемого компонента в водной фазе от температуры;
 - зависимость равновесных концентраций экстрагируемого компонента в водной и органической фазах.
24. Является ли противоточная экстракция более эффективной по сравнению с экстракцией с перекрестным током водной и органической фаз?
- да;
 - нет.
25. В чем состоит принципиальное различие процессов экстракции и реэкстракции?
- в направлении процесса массообмена;
 - в аппаратном оформлении.

Примеры индивидуальных расчетных заданий по разделам дисциплины

Пример 1

Составить материальный баланс операции гидрометаллургического вскрытия уран-фосфатного концентрата следующего состава:

| | | |
|--------------------|--|---------|
| Фторапатит | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{F}$ | 57,7 % |
| Лермонтовит | $\text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 0,39 % |
| Остальные минералы | | 42,11 % |

Условия проведения процесса выщелачивания следующие: Т:Ж исходного концентрата обогащения - 1:2. Степень вскрываемости фторапатита и лермонтовита – 97 %. Остальные минералы, чтобы не загромождать данный пример расчета, условно считаем невскрываемыми.

Согласно литературным данным, с целью получения удобрений при комплексной переработке фосфатного сырья, разложение можно проводить смесью азотной и серной кислот. Установлено, что 60 % фторапатита вскрывается 47 %-ным раствором азотной кислоты и образовавшийся кальций(II) осаждается 38 %-ным раствором сульфата аммония, а 40% фторапатита вскрывается 92 %-ным раствором H_2SO_4 . Количество HNO_3 и H_2SO_4 берут с избытком в количестве 102 % от стехиометрии. Образовавшийся фосфогипс отфильтровывают, полученный осадок с Т:Ж = 1:1 промывают методом вытеснения на фильтре количеством воды, равным массе влаги осадка. Полученный в результате промывки второй фильтрат направляют в оборот в реактор разложения.

Пример 2

Осадок карбоната лития поступает на промывку:

В маточном растворе, а следовательно, и во влаге промываемого осадка содержится 160 г/л сульфата натрия (плотность раствора влаги осадка – 1060 кг/м^3).

Относительная влажность осадка до и после промывки – 40 %.

Промывка производится водой. Считаем, что карбонат лития в процессе промывки практически не растворяется.

Производится противоточная 3-х ступенчатая репульсионная промывка при модуле промывки равном 2.

Определить степень извлечение сульфата натрия и составить материальный баланс промывки осадка исходя из 1000 кг влажного осадка.

Пример 3

Рассчитать минералогический состав руды по ее оксидному составу.

Таблица 1 – Оксидный состав руды

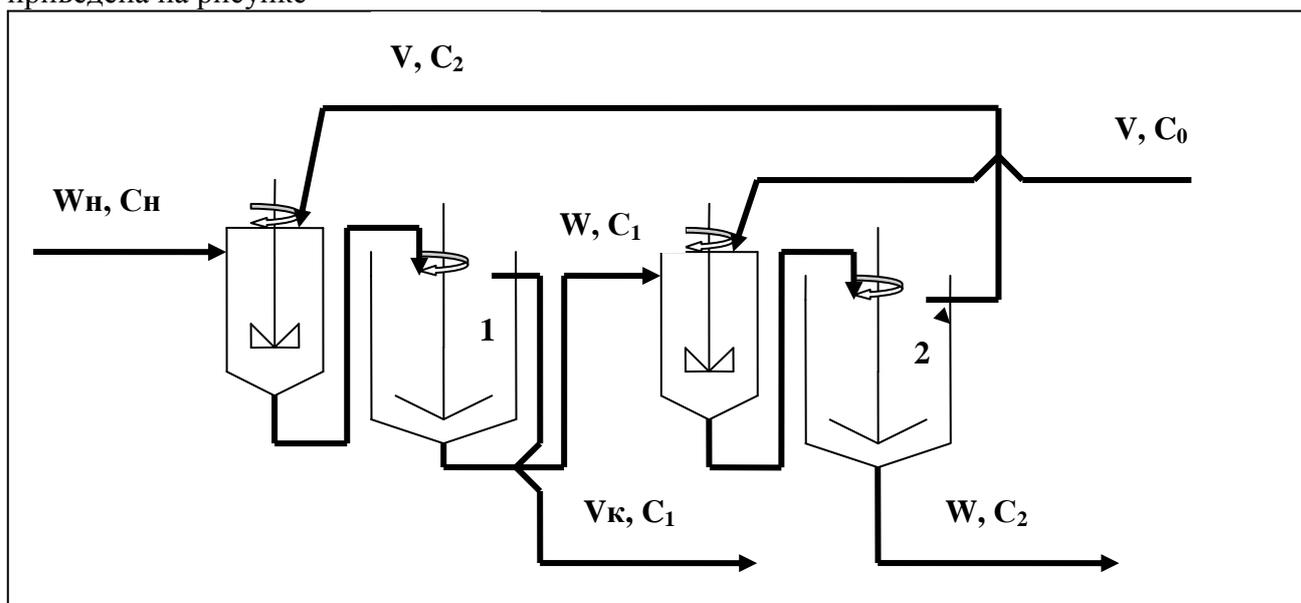
| № оксида (j) | Оксид | Мол. масса (m_j) | Содержание оксида (A_j), % |
|--------------|-----------|----------------------|--------------------------------|
| 1 | K_2O | 94 | 0,94 |
| 2 | Ln_2O_3 | 336 | 1,10 |
| 3 | UO_3 | 286 | 0,17 |
| 4 | P_2O_5 | 142 | 26,52 |
| 5 | CaF_2 | 78 | 4,76 |
| 6 | CaO | 56 | 30,87 |
| 7 | FeS_2 | 120 | 21,00 |
| 8 | Na_2O | 62 | 1,87 |
| 9 | Al_2O_3 | 102 | 4,10 |
| 10 | SiO_2 | 60 | 7,93 |
| 11 | H_2O | 18 | 0,74 |

Таблица 2 - Минеральный состав исходного рудного концентрата

| Порядковый номер минерала (j) | Минерал | Формула минерала | Мол.масса минерала (M_j) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 | Лермонтовит 1 | $Ln_2O_3 P_2O_5 12H_2O$ | 694 |
| | Лермонтовит 2 | $3UO_3 P_2O_5 6H_2O$ | 1108 |
| 2 | фторапатит | $CaF_2 9CaO 3P_2O_5$ | 1008 |
| 3 | нефелин | $3Na_2O K_2O 4Al_2O_3 9SiO_2$ | 1228 |
| 4 | пирит | FeS | 120 |
| 5 | кварц | SiO_2 | 60 |

Пример 4

Дать характеристику процесса промывки, аппаратурно-технологическая схема которого приведена на рисунке



На рисунке приведена схема

Осадок, поступающий на промывку, имеет параметры: W_n, C_n ;

Исходная промывная жидкость имеет параметры: V, C_0 ;

Каскад работает при условии: $W_n \neq W, C_0 \neq 0$.

Составить уравнения материального баланса по отмываемому веществу:

-для первой ступени:

-для второй ступени:

-для всего каскада:

Составить уравнения материального баланса по жидкой фазе:

-для первой ступени:

-для второй ступени:

-для всего каскада:

Дать определение процессу промывки. Промывка это

Охарактеризовать барабанный вакуум-фильтр: БОП 10-1,8-1 (У,К), перечислить стадии его работы