

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»  
Кафедра металлургии цветных металлов и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
металлургии и  
материаловедения  
\_\_\_\_\_ А.А. Уманский  
подпись  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

18.04.01 «Химическая технология»  
(направленность (профиль): «Химическая технология неорганических  
веществ»)

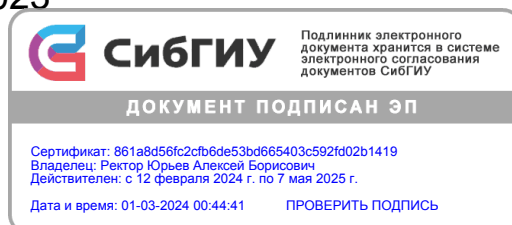
Квалификация выпускника  
Магистр

Форма обучения  
Очная форма

Срок обучения: 2 года

Год начала подготовки 2023

Новокузнецк  
2023



## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- общетеоретическая и практическая подготовка магистрантов, способных понимать механизм происходящих в массообменных аппаратах процессов, управлять техно-логическими процессами, осуществлять проектирование аппаратов.

Задачами учебной дисциплины являются:

- получение знаний о физико-химических закономерностях и кинетике наиболее важных массообменных процессов в системах с участием твердой фазы;
- владение методами расчета массообменных процессов в системах с участием твердой фазы и аппаратов, применяемых для их проведения;
- ознакомление с устройством массообменных аппаратов и принципиальными техно-логическими схемами проведения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 18.04.01 «Химическая технология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Аналитическое обеспечение химико-технологических процессов;
- Разработка и реализация проектов 1;
- Научно-исследовательская работа.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Оборудование химических производств (специальные главы);
- Электротермические процессы в химической технологии;
- Электротермия неорганических материалов;
- Научные и технические проблемы химической технологии;
- Прикладная термодинамика и кинетика.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### – **Общепрофессиональные компетенции**

Наименование категории	Код и наименование	Код и наименование индикатора	Планируемые результаты
------------------------	--------------------	-------------------------------	------------------------

<b>(группы) ОПК</b>	<b>ОПК</b>	<b>достижения ОПК</b>	<b>обучения</b>
Профессиональная методология	ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	ОПК-2.1 Применяет современные методы теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности	<p>– знать: методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>– уметь: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>– владеть: навыками применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности.</p>
		ОПК-2.3 Анализирует способы решения типовых профессиональных задач и интерпретирует профессиональный (физический) смысл полученного результата	<p>– знать: способы решения типовых профессиональных задач.</p> <p>– уметь: анализировать способы решения типовых профессиональных задач и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата.</p> <p>– владеть: навыками анализа способов</p>

			решения типовых профессиональных задач и интерпретации профессионального (физического) смысла полученного математического результата.
--	--	--	---

#### 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

#### Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>3 семестр</b>
Форма промежуточной аттестации			экзамен, зачет с оценкой по КР
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>180</b>	<b>180</b>
	<i>зачетных единиц</i>	<b>5</b>	<b>5</b>
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>8</b>	<b>8</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	<b>0</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		<b>24</b>	<b>24</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Курсовая работа, <i>академ. час.</i>		<b>36</b>	<b>36</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	<b>0</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>85</b>	<b>85</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>27</b>	<b>27</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>

#### Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Фильтрация и капиллярная пропитка (Фильтрация и капиллярная пропитка. Газообразное и жидкое состояние вещества.

Капиллярно-пористое строение твердого тела. Капиллярная пропитка. Суспензия. Теоретические основы фильтрации. Конструкции фильтров);

Раздел 2 Высокотемпературные массообменные процессы (Высокотемпературные массообменные процессы. Тепловое движение частиц твердого тела. Диффузия в твердых телах. Спекание. Рекристаллизация. Плавление. Гетерогенные равновесия. Возгонка. Основные типы превращения твердых веществ. Полиморфизм);

Раздел 3 Сушка (Общие положения. Периоды сушки. Скорость сушки. Лимитирующая стадия скорости сушки. Изменение объемных характеристик материала при сушке. Роль межфазной поверхности. Термодинамические основы сушки. I-d диаграмма. Миграция влаги и пара при осуществлении процесса сушки. Типы сушильных установок);

Раздел 4 Адсорбция (Кинетика процессов адсорбции. Обратимость процессов адсорбции. Конструкция адсорберов).

### 5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Фильтрация и капиллярная пропитка	2	
Раздел 2.	Высокотемпературные массообменные процессы	2	
Раздел 3.	Сушка	2	
Раздел 4.	Адсорбция	2	
<b>Итого:</b>		<b>8</b>	<b>0</b>

### 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Расчет фильтров	6	
Раздел 2.	Расчет равновесий в гетерогенных системах	6	
Раздел 3.	Расчеты по диаграмме Рамзина	6	
Раздел 4.	Кинетика процессов адсорбции	6	
<b>Итого:</b>		<b>24</b>	<b>0</b>

### 7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической

			<b>подготовки</b>
	<i>Отсутствуют</i>		
<b>Итого:</b>		<b>0</b>	<b>0</b>

### 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1; Раздел 3; Раздел 4.	Расчет фильтров, барабанных сушилок, расчет сушилок с кипящим слоем, расчет адсорбционных аппаратов	36	
<b>Итого:</b>		<b>36</b>	<b>0</b>

### 9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4.	1. Подготовка к практическому занятию.	42	
Раздел 1; Раздел 2; Раздел 3; Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала.	43	
<i>Курсовая работа</i>	<i>Выполнение курсовой работы</i>	36	0
<i>Контроль</i>	<i>Подготовка к экзамену</i>	27	
<b>Итого:</b>		<b>148</b>	<b>0</b>

### 10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

#### а) литература:

1 Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для вузов / под ред. А. А. Захаровой. – Москва : Академия, 2006. – 522 с.;

2 Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. – Ленинград : Химия, 1987. – 576 с.;

3 Власова, Г. В. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / Г. В. Власова, Д. А. Чудиевич, Н. А. Пивоварова.

- Москва : Инфра-Инженерия, 2022. - 188 с. - ISBN 978-5-9729-0863-9. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972908639.html> (дата обращения: 05.05.2023);

4 Полях, О. А. Процессы и аппараты химической технологии : конспект лекций : для обучающихся по направлению подготовки "Химическая технология". В 2 частях. Ч. 1 / О. А. Полях, И. В. Строкина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 158 с. : ил. – URL: <https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=32&lngEdition=10420&lngFile=10187&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles> (дата обращения: 05.05.2023);

5 Полях, О. А. Процессы и аппараты химической технологии : конспект лекций : для обучающихся по направлению подготовки "Химическая технология". В 2 частях. Ч. 2 / О. А. Полях, И. В. Строкина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 139 с. : ил. – URL: <https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=32&lngEdition=10421&lngFile=10188&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles> (дата обращения: 05.05.2023).

#### **б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Инженерно-технические науки»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

3 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа: по подписке;

4 Национальная электронная библиотека (НЭБ) : информационная система / ФГБУ «РГБ». – Москва, [2015 – ]. – URL: <http://rusneb.ru>. – Режим доступа: по подписке;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: <https://biblioclub.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: <http://www.biblioclub.ru>;

7 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: <https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>;

8 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: <https://umczdt.ru/books/>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://eivis.ru>. – Режим доступа: по подписке;

10 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: <http://libr.sibsiu.ru>. – URL: <https://libr.sibsiu.ru>.

**в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Kaspersky Endpoint Security.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## **11 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для выполнения курсовых работ;



- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 18.04.01 «Химическая технология».

Составитель(и):

доцент Полях Ольга Анатольевна (кафедра металлургии цветных металлов и химической технологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

## Приложение

### Аннотация

**рабочей программы дисциплины «Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы»**

**по направлению подготовки (специальности)**

**18.04.01 «Химическая технология»**

**(направленность (профиль): «Химическая технология неорганических веществ»)**

**форма обучения – Очная форма**

### **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями учебной дисциплины являются:

- общетеоретическая и практическая подготовка магистрантов, способных понимать механизм происходящих в массообменных аппаратах процессов, управлять техно-логическими процессами, осуществлять проектирование аппаратов.

Задачами учебной дисциплины являются:

- получение знаний о физико-химических закономерностях и кинетике наиболее важных массообменных процессов в системах с участием твердой фазы;
- владение методами расчета массообменных процессов в системах с участием твердой фазы и аппаратов, применяемых для их проведения;
- ознакомление с устройством массообменных аппаратов и принципиальными техно-логическими схемами проведения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы.

### **2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)**

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 18.04.01 «Химическая технология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Аналитическое обеспечение химико-технологических процессов;
- Разработка и реализация проектов 1;
- Научно-исследовательская работа.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Оборудование химических производств (специальные главы);
- Электротермические процессы в химической технологии;
- Электротермия неорганических материалов;
- Научные и технические проблемы химической технологии;

– Прикладная термодинамика и кинетика.

### 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### – Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Профессиональная методология	ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	ОПК-2.1 Применяет современные методы теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности	– знать: методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности. – уметь: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности. – владеть: навыками применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач профессиональной деятельности.
		ОПК-2.3 Анализирует способы решения типовых профессиональных задач и интерпретирует профессиональный (физический) смысл	– знать: способы решения типовых профессиональных задач. – уметь: анализировать способы решения типовых

		полученного результата	профессиональных задач и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата. – владеть: навыками анализа способов решения типовых профессиональных задач и интерпретации профессионального (физического) смысла полученного математического результата.
--	--	------------------------	---

#### 4 Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>3 семестр</b>
Форма промежуточной аттестации			экзамен, зачет с оценкой по КР
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>180</b>	180
	<i>зачетных единиц</i>	<b>5</b>	5
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>8</b>	8
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		<b>24</b>	24
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0
Курсовая работа, <i>академ. час.</i>		<b>36</b>	36
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>85</b>	85
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>27</b>	27
в форме практической подготовки		<b>0</b>	0

#### 5 Краткое содержание учебной дисциплины

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы):

Раздел 1 Фильтрация и капиллярная пропитка (Фильтрация и капиллярная пропитка. Газообразное и жидкое состояние вещества. Капиллярно-пористое строение твердого тела. Капиллярная пропитка. Суспензия. Теоретические основы фильтрации. Конструкции фильтров);

Раздел 2 Высокотемпературные массообменные процессы (Высокотемпературные массообменные процессы. Тепловое движение частиц твердого тела. Диффузия в твердых телах. Спекание.

Рекристаллизация. Плавление. Гетерогенные равновесия. Возгонка. Основные типы превращения твердых веществ. Полиморфизм);

Раздел 3 Сушка (Общие положения. Периоды сушки. Скорость сушки. Лимитирующая стадия скорости сушки. Изменение объемных характеристик материала при сушке. Роль межфазной поверхности. Термодинамические основы сушки. I-d диаграмма. Миграция влаги и пара при осуществлении процесса сушки. Типы сушильных установок);

Раздел 4 Адсорбция (Кинетика процессов адсорбции. Обратимость процессов адсорбции. Конструкция адсорберов).

### **6 Составитель(и):**

доцент Полях Ольга Анатольевна (кафедра металлургии цветных металлов и химической технологии).