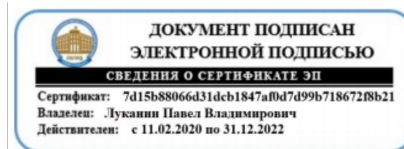


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.09** Оборудование для процессов экстракции и перекристаллизации

Учебный план: ФГОС3++z150302.22-1\_22-15.plx

Кафедра: 22 Материаловедения и технологии машиностроения

Направление подготовки:  
(специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Оборудование химических производств  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
5	УП	6	10	124	4	Зачет, Курсовая работа
	РПД	6	10	124	4	
Итого	УП	6	10	124	4	
	РПД	6	10	124	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

Кандидат химических наук, доцент

Евдокимов А.Н.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой материаловедения и  
технологии машиностроения

Евдокимов А.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Евдокимов А.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области классификации и применения оборудования, используемого в процессах экстракции и перекристаллизации химических веществ, а также способности выполнять работы по расчету, конструированию и основам эксплуатации данного типа оборудования.

**1.2 Задачи дисциплины:**

Изучение основ теории и конструкции оборудования для процессов экстракции и кристаллизации неорганических и органических веществ

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Машины и аппараты химических производств

Общая химическая технология

Сырьевые источники химической промышленности

Химические реакторы

Технологические процессы и аппараты в химической отрасли

Материаловедение

Инженерная графика

Учебная практика, ознакомительная практика

Химия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-1: Способен организовать выполнение научно-исследовательских работ по проблемам, предусмотренным тематическим планом сектора (лаборатории)</b>
<b>Знать:</b> теоретические основы массообменных процессов
<b>Уметь:</b> проводить исследования по определению оптимальных условий процессов экстракции и перекристаллизации
<b>Владеть:</b> современными методами проведения исследований по созданию оборудования для процессов экстракции и перекристаллизации
<b>ПК-5: Способен разрабатывать рабочую, проектную и техническую документацию, принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей, узлов и другого химического оборудования в соответствии с техническими заданиями</b>
<b>Знать:</b> особенности расчета и проектирования основного оборудования для процессов экстракции и перекристаллизации
<b>Уметь:</b> рассчитывать и проектировать оборудование для процессов экстракции и перекристаллизации
<b>Владеть:</b> методиками расчета и проектирования основного оборудования для процессов экстракции и перекристаллизации

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Процессы экстракции и кристаллизации химических веществ	5				
Тема 1. Физико-химические основы процесса экстракции. Методы расчета процесса экстракции. Виды экстрагирования жидких и твердых веществ.		1		10	
Тема 2. Физико-химические основы процесса кристаллизации. Методы и виды кристаллизации			1	9	
Тема 3. Материалы для производства экстракторов и кристаллизаторов		0,5		9	ИЛ
Раздел 2. Конструкционные материалы для изготовления массообменного химического					
Тема 4. Углеродистые стали. Чугуны. Качественные углеродистые, низко- и высоколегированные стали в производстве оборудования для процессов экстракции и перекристаллизации. Коррозионная устойчивость материалов.			1	10	
Тема 5. Цветные металлы и сплавы в производстве оборудования для процессов экстракции и перекристаллизации.		1		9	
Тема 6. Полимерные и стеклянные материалы для производства экстракторов и кристаллизаторов.			1	9	ИЛ
Раздел 3. Кристаллизаторы					

Тема 7. Кристаллизаторы изогидрической кристаллизации периодического и непрерывного действия. Каскады кристаллизаторов. Кристаллизаторы с вертикальной и шнековой мешалкой. Барабанные кристаллизаторы с воздушным охлаждением. Вальцовые кристаллизаторы. Кристаллизаторы охлаждающими змеевиками и водяной рубашкой. Качающиеся кристаллизаторы. Башенные кристаллизаторы.	0,5		9	
Тема 8. Вакуум-кристаллизаторы, основные типы. Многокорпусные (многоступенчатые) кристаллизаторы. Циркуляционные вакуум-кристаллизаторы.		2	9	
Тема 9. Кристаллизаторы изотермической кристаллизации (выпарные аппараты). Кристаллизаторы с псевдооживленным слоем.	1		9	
Тема 10. Расчет и выбор типа кристаллизатора. Оптимальное число ступеней, режим работы, вспомогательное оборудование. Применение в технологии неорганических и органических веществ, достоинства и недостатки.		1	10	ИЛ
Раздел 4. Экстракторы				
Тема 11. Экстракторы для твердых веществ: шнековый, цепной, гребковый, барабанный.	1		10	
Тема 12. Экстракторы для жидкостей: ротационный, колонный (насадочный, инжекторный, смесительно-отстойный и пульсационный).		2	11	
Тема 13. Расчет и выбор типа экстрактора. Режим работы, вспомогательное оборудование. Применение в технологии органических веществ.	1	2	10	ИЛ
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	6	10	124	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет, Курсовая работа)	0,25			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	16,25		124	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Целью курсовой работы является углубленное изучение одного из видов оборудования для органического и неорганического синтеза.

Задачами курсовой работы являются обоснование выбора конструкции проектируемого вида оборудования – экстрактора или кристаллизатора, определение его технологических и конструктивных параметров путем расчета по заданной производительности, а также расчета на прочность некоторых элементов конструкции.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** 1. Расчет экстрактора заданной производительности для извлечения жидкого органического вещества из его водного раствора органическим экстрагентом

2. Расчет экстрактора периодического действия заданной производительности для экстрагирования органического вещества из смеси твердых веществ

3. Расчет кристаллизатора периодического или непрерывного действия (различного типа) для получения твердой неорганической соли из ее водного раствора заданной концентрации

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Курсовая работа выполняется по теме «Выбор и расчет экстрактора (или кристаллизатора) производительностью кг/ч».

Курсовая работа носит характер индивидуального задания по основным видам массообменного оборудования химической технологии.

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

###### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Имеет представление о физико-химических основах процессов экстракции и кристаллизации. Формулирует основные задачи оптимизации массообменных процессов в системах жидкость-жидкость и жидкость-твердое тело. Демонстрирует знания о современном состоянии технологии массообменного химического оборудования для процессов экстракции и кристаллизации.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа
ПК-5	Перечисляет стадии проектирования оборудования для процессов экстракции и кристаллизации. Объясняет выбор методов расчета оборудования для процессов экстракции и перекристаллизации. Демонстрирует владение методиками проектирования основного оборудования для процессов экстракции и кристаллизации.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

###### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный исчерпывающий ответ, показывающий понимание предмета. Ориентируется в основных терминах, знаком с дополнительной литературой, правильно отвечает на дополнительные вопросы	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Стандартный ответ, лишенный индивидуальности. Допускает незначительные погрешности при ответе на вопросы	Работа выполнена в необходимом объеме, при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями профессиональной области. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место

		несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.
3 (удовлетворительно)	Показывает знания учебного материала в минимальном объеме. Допускает большое количество непринципиальных ошибок. Может устранить их с помощью преподавателя	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество предоставления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Не может ответить на вопрос без помощи преподавателя. Многочисленные грубые ошибки. Непонимание заданного вопроса. Использование запрещенных технических средств	Содержание работы полностью не соответствует заданию. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков предоставления работы.
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных методов расчета, ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях.	Правильно решает задачи, проводит все необходимые вычисления, грамотно интерпретирует полученный результат.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины; не может сформулировать основные принципы дисциплины; плохо ориентируется в основных понятиях; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Не смог корректно решить задачу, не может воспользоваться формулами, не в состоянии устранить ошибки даже под руководством преподавателя

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 5	
1	Экстракция. Равновесие в системах жидкость – жидкость и жидкость – твёрдое тело.
2	Экстрагенты: избирательность и растворяющая способность.
3	Типы процессов экстрагирования, стадии экстрагирования.
4	Кристаллизация как вид массообменного процесса. Физико-химические основы процесса.
5	Материалы для производства экстракторов и кристаллизаторов: металлические, полимерные, стеклянные.
6	Коррозионная устойчивость материалов для производства экстракторов и кристаллизаторов.
7	Шнековые экстракторы для твердых веществ: основные виды, расчет и выбор для процессов органического синтеза.
8	Кристаллизаторы изогидрической кристаллизации периодического и непрерывного действия.
9	Каскады кристаллизаторов изогидрической кристаллизации.
10	Кристаллизаторы с вертикальной и шнековой мешалкой.
11	Барабанные кристаллизаторы с воздушным охлаждением.
12	Вальцовые кристаллизаторы.
13	Кристаллизаторы охлаждающими змеевиками и водяной рубашкой.
14	Качающиеся кристаллизаторы.
15	Башенные кристаллизаторы.
16	Вакуум-кристаллизаторы.
17	Многокорпусные (многоступенчатые) кристаллизаторы.
18	Циркуляционные вакуум-кристаллизаторы.
19	Кристаллизаторы изотермической кристаллизации (выпарные аппараты).
20	Кристаллизаторы с псевдоожиженным слоем.

21	Расчет и выбор типа кристаллизатора в технологии неорганических и органических веществ.
22	Классификация экстракторов по способу смешения фаз: аппараты ступенчатого и колонного типов
23	Классификация экстракторов по способу разделения фаз: аппараты отстойного типа и центробежные аппараты.
24	Ротационные экстракторы для жидкостей
25	Колонные насадочные экстракторы для жидкостей
26	Колонные инжекторные экстракторы для жидкостей
27	Колонные смесительно-отстойные экстракторы для жидкостей
28	Колонные пульсационные экстракторы для жидкостей
29	Цепные экстракторы для твердых веществ: основные виды, расчет и выбор для процессов органического синтеза.
30	Гребковые экстракторы для твердых веществ: основные виды, расчет и выбор для процессов органического синтеза.
31	Барабанные экстракторы для твердых веществ: основные виды, расчет и выбор для процессов органического синтеза
32	Расчет и выбор типа экстрактора в технологии органических веществ.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Рассчитать экстрактор для процесса экстрагирования уксусной кислоты из водного раствора, содержащего 15% (масс.) при 25°C. Масса исходной смеси 1200 кг. Экстракция проводится диэтиловым эфиром в перекрестном токе. Процесс идет в две ступени при соотношении массы растворителя к массе обрабатываемой смеси 1:1,5.

2. Рассчитать экстрактор для процесса экстрагирования уксусной кислоты из водного раствора, содержащего 20% (масс.) при 25°C диэтиловым эфиром. Определить необходимое количество эфира на 1000 кг/ч исходной смеси и число теоретических ступеней экстрагирования, если экстракт должен содержать 60% (масс.), а рафинат – не более 2% (масс.) кислоты (после отгонки растворителя).

3. Рассчитать экстрактор для процесса экстрагирования бензойной кислоты из водного раствора (концентрация кислоты 1,5 кг в 1 м<sup>3</sup>) последовательной промывкой бензолом, содержащим 0,2 кг кислоты в 1 м<sup>3</sup>, при соотношении объемов воды и бензола 4:1. Определить, сколько понадобится промывок, если конечное содержание бензола в воде 0,2 кг/м<sup>3</sup>.

4. Рассчитать противоточный экстрактор для процесса экстрагирования 1,4-диоксана из 25%-го водного раствора бензолом, содержащим 0,5% (масс.) диоксана. Конечное содержание диоксана в воде 2% (масс.). Определить минимальное количество растворителя на 100 кг исходной смеси, а также необходимое число теоретических ступеней экстрагирования.

5. Рассчитать непрерывно действующий шнековый кристаллизатор с водяным охлаждением для процесса кристаллизации 24%-го водного раствора NaCl, охлаждаемого от 30°C до 150C. Выпадающая соль имеет состав NaCl\*2H<sub>2</sub>O. Производительность аппарата по соли 0,139 кг/с (500 кг/ч). Следует определить необходимую поверхность F и расход охлаждающей воды Gв, если общий коэффициент теплопередачи K = 150 Вт/(м<sup>2</sup> \*град).

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  + Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться конспектом, справочными таблицами, калькулятором.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				



Леонтьева, А. И.	Оборудование химических производств. Часть 1	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2012	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/64134.html">https://www.iprbooks.hop.ru/64134.html</a>
Фролов, В. Ф.	Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2020	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/97816.html">http://www.iprbooks.hop.ru/97816.html</a>
Фролов, В. Ф.	Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2020	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/97816.html">https://www.iprbooks.hop.ru/97816.html</a>
Леонтьева, А. И.	Оборудование химических производств. Часть 1	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2012	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/64134.html">http://www.iprbooks.hop.ru/64134.html</a>
Леонтьева, А. И.	Оборудование химических производств. Часть 2	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2012	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/64133.html">http://www.iprbooks.hop.ru/64133.html</a>
Леонтьева, А. И.	Оборудование химических производств. Часть 2	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2012	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/64133.html">https://www.iprbooks.hop.ru/64133.html</a>

### 6.1.2 Дополнительная учебная литература

М.В.Колосова, А.О.Никифоров	Процессы и аппараты химической технологии. Контрольная работа: методические указания для студентов заочной форм обучения	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. — Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2021	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1636919802.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1636919802.pdf</a>
Бикбулатов, А. Ш., Бронская, В. В., Еникеева, Н. И., Минибаева, Л. Р., Сосновская, Н. Б.	Процессы и аппараты химической технологии	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2014	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/62571.html">http://www.iprbooks.hop.ru/62571.html</a>
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, Никифоров А.О.	Сборник кейсов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» [Текст ] :учебно-практическое пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_10_03_01.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_10_03_01.pdf</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска

Учебная аудитория

Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска