

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.02**

Процессы и аппараты технологии упаковочных производств

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b290303-1\_22-14.plx

Кафедра:  Процессов и аппаратов химической технологии

Направление подготовки:  
 (специальность) 29.03.03 Технология полиграфического и упаковочного производства

Профиль подготовки: Технология композиционных материалов  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
4	УП	34	34	40	36	4	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	34	34	40	36	4	
Итого	УП	34	34	40	36	4	
	РПД	34	34	40	36	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 29.03.03 Технология полиграфического и упаковочного производства, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.09.2017 г. № 960

Составитель (и):

кандидат технических наук, Заведующий кафедрой

Никифоров А.О.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии

Никифоров А.О.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Аким Э.Л.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Ознакомление студентов с современными процессами химической технологии и их инженерным воплощением.

Формирование навыков самостоятельности и развитие научно-исследовательского мышления в области перспективных направлений.

Разработка инженерных решений в области наиболее важных для народного хозяйства.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Освоение современных методов решения инженерных задач с позиций прикладной физики и математики.

Дать точное представление об инструментальных методах исследования процессов химической технологии.

Научить студентов пользоваться научной, нормативной и методической литературой.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Химия

Введение в технологию полиграфического и упаковочного производства

Прикладная механика

Информационные технологии

Инженерная графика

Экология

Аналитическая химия и ФХМА

Метрология, стандартизация и сертификация

Основы технологии печатных и отделочных процессов

Математика

Физика

Органическая химия

Электротехника и электроника

Основы полиграфических и упаковочных производств

Поиск научной информации

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-6: Способен владеть навыками эксплуатации технологического полиграфического и упаковочного оборудования</b>
---

<b>Знать:</b> Новейшие методы технологии и пути их развития на базе современной прикладной физики и физико-химических процессов.
--

<b>Уметь:</b> Использовать и прогнозировать свойства различных материалов и их композитов, применяемых в производстве печатной продукции, упаковки и других отраслях на основе полиграфических технологий.
--

<b>Владеть:</b> Расчетами современного аппаратурного оформления и его оценкой с экономической точки зрения.
---

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Основные сведения по механике жидкости и газа и гидравлическим процессам.	4					О
Тема 1. Классификация процессов. Движущие силы. Скорость процессов и сопротивления, возникающие при их реализации.		2			ИЛ	
Тема 2. Гидравлика чистой жидкости и ее свойства, их измерения. Закон Бернулли в современном изложении.		2	2			
Раздел 2. Гидравлические процессы в многофазных системах, теория и практика обобщенных переменных, критерии.						О
Тема 3. Процессы разделения многофазных систем отстаивание и осаждение, циклоны, гидроциклоны, и центрифуги- Фактор разделения.		3	6	6		
Тема 4. Основы теории подобия. Вывод и физический смысл основных критериев гидродинамического подобия.		3	4	6		
Тема 5. Процессы вседооживления и перемешивания. Способы перемешивания. Механические мешалки и области их применения в зависимости от гидродинамики. Критерий мощности.		3	4	6		
Раздел 3. Тепловые процессы. Выпаривание. Инженерное оформление.						О
Тема 6. Элементарные механизмы переноса тепла. Закон Фурье. Закон охлаждения Ньютона. Теплоотдача. Теплопередача. Выпаривание. Теоретические основы. Конструкции выпарных аппаратов. Схемы выпарных многокорпусных установок.	4	6	6			

Раздел 4. Массообменные процессы: молекулярный и конвективный перенос массы. Законы Фика и Жукарева. Конструкции массообменных колонн и сушильных аппаратов.					
Тема 7. Конвективная и молекулярная диффузия. Уравнение массопередачи. Конвективные и контактная сушка. Конструкции сушилок.	8	6	6		0
Тема 8. Абсорбция и ректификация. Движущие силы. Влияние температуры и давления на эти процессы. Конструкции массообменных колонн и гидродинамические режимы их работы: насадочные, тарельчатые, колпачковые.	9	6	10		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	34	40		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)	2,5		33,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	70,5		73,5		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Обучение студентов методике расчета и проектирования аппаратов. Это позволяет закрепить теоретические знания студентов по курсу процессов и аппаратов, привить практические навыки проектирования, а также использование вычислительной техники и подготовить студента к курсовому проектированию по специальным дисциплинам и, в конечном итоге, к дипломному проектированию.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** 1. Расчет теплообменных аппаратов.  
2. Расчет многокорпусных выпарных установок прямоточного, противоточного и смешанного типов.

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**  
Работа выполняется индивидуально, с использованием методик, разработанных на кафедре. Расчет ведется с помощью оригинальных компьютерных программ. При этом также используется пособие по курсовому проектированию и справочные данные, имеющиеся на кафедре.

Результаты представляются в виде отчета, объемом 25-30 страниц печатного текста, содержащего следующие обязательные элементы: схемы установок и чертежи аппарата на формате А4.

#### 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-6	Излагает основные сведения по механике жидкости и газа, процессам разделения в многофазных системах, тепловым и массообменным процессам. Демонстрирует использование справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины. Использует расчеты современного аппаратного оформления и его оценкой с экономической точки зрения.	1. Вопросы устного собеседования. 2. Практико-ориентированные задания. 3. Курсовая работа.

###### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всесторонние знания в области процессов и аппаратного их оформления. Владеет основными	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов

	понятиями и терминологией во время ответов. Хорошо знаком с основной и дополнительной литературой. Целеустремленно использует и применяет базовые знания в области физико-математических наук. Проявляет эрудицию при работе с учебным материалом.	проекта соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний по основам теории процессов. В целом разбирается в терминологии. Усвоил основную литературу; допускает некоторые погрешности и несущественные ошибки в ответах на вопросы экзаменационного билета и в ответах на дополнительные вопросы преподавателя.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место от правил оформления работы или нарушены сроки предоставления проекта к защите
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала из лекций и основной литературы. В целом показывает знания базовых законов по гидравлическим, тепловым и массообменным процессам. Допускает существенные ошибки в ответах, но может их устранить под руководством преподавателя.	Задание выполнено полностью, но в работе есть существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлен с опозданием
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины. Путается в понятиях, терминологии и формулировках. Плохо знает литературу. Допускает существенные и принципиальные ошибки и не может их устранить даже с помощью преподавателя. Списывание, попытка использования неразрешенных	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 представления

## 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
Семестр 4	
1	Контактная сушка. Механизм и кинетика.
2	Конструкции конвективных сушилок: пневматическая, барабанная, распылительная.
3	Кинетика конвективной сушки. Тепло и массообмен между воздухом и материалом.
4	Теплофизические свойства влажного воздуха и диаграммы состояния влажного воздуха.
5	Сушка и методы сушки. Виды связи влаги с материалом.
6	Гидравлика в массообменных процессах.
7	Критерии диффузионного подобия и их физический смысл.
8	Механизмы переноса массы – молекулярный и конвективный. Закон Фика.
9	Направление процессов массопереноса, их обратимость. Кинетика массообменных процессов.
10	Классификация массообменных процессов. Общие закономерности переноса вещества и энергии.
11	Использование выпарных аппаратов, их выбор и сравнительная характеристика. Подбор аппаратов по каталогам и ГОСТам.
12	Выпарные аппараты и их классификация.
13	Особенности теплопередачи в выпарных аппаратах. Скрытая теплота конденсации
14	Общая и полезная разности температур. Температурные потери.
15	Материальный и тепловой балансы многокорпусных выпарных установок.
16	Многokратное выпаривание и схемы многокорпусных выпарных установок.
17	Однократное выпаривания. Материальный и тепловой балансы.
18	Выпаривание. Методы выпаривания. Выпарка под вакуумом.

19	Основы расчета теплообменников.
20	Рекуперативные теплообменники: кожухотрубные, спиральные и пластинчатые.
21	Теплообменные аппараты, классификация и выбор по ГОСТам.
22	Интенсификация теплообменных процессов.
23	Тепловое подобие. Основные критерии теплового подобия. Определяющие и определяемый критерии.
24	Конвекция и теплоотдача. Физический смысл.
25	Элементарные и сложные механизмы переноса тепла.
26	Теплопередача. Опытное уравнение. Коэффициент теплопередачи.
27	Интенсификация процессов перемешивания.
28	Расчет мощности, потребляемой мешалкой.
29	Перемешивание, движущая сила. Эффективность и интенсивность перемешивания.
30	Расчет скорости псевдоожижения и уноса.
31	Кривая псевдоожижения.
32	Псевдоожижение и его гидродинамика.
33	Аппараты для мокрой очистки газа.
34	Очистка газов в поле центробежных сил.
35	Пути повышения производительности фильтрующих аппаратов.
36	Конструкции фильтров и их сравнительный анализ.
37	Определение констант фильтрования.
38	Фильтрование и скорость процесса фильтрования, фильтрующие перегородки.
39	Конструкции отстойников и их расчет.
40	Расчет скорости свободного осаждения частиц. Скорость стесненного осаждения.
41	Осаждение в поле сил тяжести.
42	Классификации и методы разделения неоднородных систем.
43	Перемещение и сжатие газов. Индикаторная диаграмма.
44	Работа насоса на сеть, рабочая точка.
45	Основное уравнения центробежных машин Эйлера.
46	Центробежные насосы: устройства и принцип действия.
47	Поршневые и плунжерные насосы простого и двойного действия.
48	Высота всасывания насоса.
49	Напор и производительность насосов. Мощность и коэффициент полезного действия.
50	Классификация насосов.
51	Критерий гидродинамического подобия и их физический смысл
52	Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.
53	Потери напора по длине и на местные сопротивления.
54	Уравнение Бернулли для идеальных жидкостей.
55	Расход жидкости и газа.
56	Режимы движения жидкостей. Число Рейнольдса.
57	Вязкость жидкостей. Закон вязкого трения Ньютона.
58	Гидростатика. Основное уравнение гидростатики и его практическое использование.
59	Жидкости. Понятия идеальной и реальной жидкостей.
60	Движущая сила процессов и процессы переноса.
61	Материальный и тепловой балансы процессов.
62	Классификация процессов.
63	Основные понятия и определения в процессах и аппаратах.

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

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

1. Определить потерю давления на трение при протекании воды по латунной трубе диаметром 19x2 мм длиной 10. Скорость воды 2 м/с. Температура 55° С. Шероховатость  $\epsilon = 0,005$  мм.
2. Определить КПД насосной установки. Насос подает 380 л/мин мазута относительной плотности 0,9. Полный напор 30,8 м. Потребляемая мощность двигателя 2,5 кВт.
3. Определить КПД насосной установки. Насос подает 380 л/мин мазута относительной плотности 0,9. Полный напор 30,8 м. Потребляемая мощность двигателя 2,5 кВт.
4. Центробежный насос, делающий 1800 об/мин должен перекачивать 140 м<sup>3</sup>/час воды, с температурой 30°С. Среднее атмосферное давление в месте установки насоса 745 мм рт. ст. Полная потеря напора во всасывающей линии 4,2 м. Определить теоретически допустимую высоту всасывания.
5. Рассчитать плотность водной суспензии, содержащей 10% (масс.) твердой фазы. Относительная плотность твердой фазы 3.
6. Вывести формулу, по которой можно вычислить скорость центрифугирования твердых шарообразных частиц, исходя из закона Стокса. Частота вращения в об/сек.
7. Лопастная мешалка с  $d_1=D/3$  заменена на меньшую с  $d=D/4$ . Размешивание в обоих случаях производится в условиях ламинарного режима. Как изменится частота вращения при той же мощности электродвигателя?

## 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

Время на подготовку ответа по билету 30 минут.

Ответ по билету 15 минут.

Защита курсовой работы 20 минут.

## 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>				
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, Никифоров	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>
Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М.	Массообменные процессы химической технологии	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2017	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/67361.html">http://www.iprbooks.hop.ru/67361.html</a>
Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи)	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2017	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/67350.html">http://www.iprbooks.hop.ru/67350.html</a>
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, Никифоров	Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] : учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГУТРП. – СПб.: СПбГУТРП	2015	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2.pdf</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Г.Ю. Бутко, А.О. Никифоров	Механика жидкости и газа [Текст]: учебное Пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_05_26_01_v2.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_05_26_01_v2.pdf</a>



Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учебно-практическое пособие для самостоятельной работы студентов	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/4.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/4.pdf</a>
Г.Ю. Бутко, А.О. Никифоров	Расчет трехкорпусной выпарной установки [Текст] : учебно-практическое пособие для курсового проектирования	М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2019_07_12_01.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2019_07_12_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>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 PTC Mathcad 15  
 AutoCADDesign

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду