

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»**  
**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ  
 П.В.Луканин  
 « 28 » *Луканин* 20 18 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.21**

*(индекс дисциплины)*

**Процессы и аппараты ЦБП**

*(Наименование дисциплины)*

Кафедра: **17** **Процессов и аппаратов химической технологии**  
*Код* *(Наименование кафедры)*

Направление подготовки: **27.03.04 Управление в технических системах**

Профиль подготовки: **Системы и средства автоматизации технологических процессов**

Уровень образования: **бакалавриат**

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>144</b>		
	Аудиторные занятия	<b>54</b>		
	Лекции	18		
	Лабораторные занятия	36		
	Практические занятия			
	Самостоятельная работа	90		
	Промежуточная аттестация			
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	3		
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>4</b>		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная			<b>4</b>							
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах

На основании учебных планов № б270304-23

Кафедра-разработчик: Процессов и аппаратов химической технологии  
*(наименование кафедры)*

Заведующий кафедрой: Никифоров А.О.  
*(Ф.И.О. заведующего, подпись)*

### СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Информационно-измерительных технологий и систем управления  
*(наименование кафедры)*

Заведующий кафедрой: Сидельников В.И.  
*(Ф.И.О. заведующего, подпись)*

Методический отдел: Смирнова В.Г.  
*(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)*

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
 Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Ознакомить и, затем, сформулировать у студентов знания в области гидродинамических, тепловых и диффузионных процессов и их аппаратного оформления.  
 Синтезировать ранее полученные базовые знания из математики, физики и физической химии и использовать полученные результаты в исследованиях и практических разработках.  
 Формирование навыков самостоятельного инженерного мышления.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Использовать теорию подобия различных процессов, в зависимости от объекта исследования, для получения новых конструктивных результатов;
- Полученные данные аппроксимировать на дальнейшее технологическое и конструктивное оформление;
- Выполнять расчеты, а также блоки и устройства систем автоматического регулирования для проектирования систем управления в соответствии с техническим заданием.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-8	способность использовать нормативные документы в своей деятельности	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: Основные нормативные документы и области их использования в системах автоматического управления и программирования  Уметь: Применять полученные результаты для систематизации в условиях проектирования новых технологий  Владеть: Способности развивать новые навыки при использовании нормативных документов		
ПК- 6	способностью производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: Пути реализации расчетов и проектирование отдельных блоков и систем локальной автоматизации  Уметь: Выбирать системы автоматизации и управления и, также выбирать стандартные средства автоматизации, измерительной вычислительной техники  Владеть: Проектированием систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием		

**1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:**

материаловедение и технология конструкционных материалов (ОПК-8)

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Введение в дисциплину и основные определения</b>			
Тема 1. Классификация процессов и аппаратов. Движущие силы в соответствии с типом процесса. Скорость процесса. Аппаратурное оформление. Стационарные и непрерывные процессы. Периодические и непрерывные процессы.	6		
Тема 2. Теория подобия. Основные понятия и определения. Образец и модель. Взаимосвязь. Симплексы и комплексы. Обобщенные переменные. Аффинные преобразования.	8		
<b>Текущий контроль 1. Опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 2. . Гидромеханические процессы разделения, смешения и «кипящий слой»</b>			
Тема 3. Свойства жидкостей и газов. Закон вязкого трения Ньютона. Гидростатика. Основное уравнение. Практические приложения. Гидродинамика. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Потери давления по длине и на местные сопротивления. Расчет гидравлической сети.	20		
Тема 4. Отстаивание. Скорость «свободного» отстаивания. Расчет по методу Стокса и через критериальное уравнение Лященко. Расчет отстойника. Разделение в центробежном поле. Фактор разделения. Критерий Фруда. Циклоны и центрифуги. Устройство и работа.	20		
Тема 5. Перемешивание. Воронка и методы ее устранения. Критерий мощности и расчет энергии на перемешивание. Псевдооживление. Кривая псевдооживления и расчет скоростей начала «кипящего» слоя и скоростей уноса.	20		
<b>Текущий контроль 2. Опрос.</b>	1		
<b>Учебный модуль 3. Тепломассообменные процессы</b>			
Тема 6. Тепловые процессы. Законы Фурье и Ньютона. Теплоотдача. Критерии теплового подобия, определяющие и определяемы зависимости от критерия Рейнольдса.	20		
Тема 7. Массообменные процессы. Молекулярный и конвективный перенос массы. Законы Фика. Массоотдача. Закон Щукарева. Коэффициент массоотдачи и его расчет.	15		
Тема 8. Массопередача. Уравнения массопередачи. Условие равновесия.	14		
Тема 9. Сушка. Основные параметры влажного воздуха. Диаграмма Рамзина. Кинетика конвективной сушки. Влагопроводность и термовлагопроводность. Конструкции сушилок.	15		
<b>Текущий контроль 3. Опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине. Зачет</b>	3		
<b>ВСЕГО:</b>	<b>144</b>		

**3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

**3.1. Лекции**

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	3	2				
2	3	2				
3	3	2				

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
4	3	2				
5	3	2				
6	3	2				
7	3	2				
8	3	2				
9	3	2				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>18</b>				

### 3.2. Практические занятия

Не предусмотрено

### 3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Определение гидравлического сопротивления напорного трубопровода.	3	4				
3	Исследование работы центробежных машин на гидравлическую сеть.	3	4				
4	Определение площади осаждения промышленного отстойника непрерывного действия	3	4				
4	Исследование кинетики процесса фильтрования.	3	4				
5	Расход энергии на перемешивание в жидких средах	3	4				
6	Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике «труба в трубе».	3	4				
6	Определение основных параметров влажного воздуха и графоаналитический расчет процесса конвективной сушки	3	4				
9	Исследование кинетики конвективной сушки	3	4				
9	Исследование процесса дистилляции	3	4				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>36</b>					

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	Опрос	3	3				

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	3	57				
Подготовка к лабораторным занятиям	3	30				
Подготовка к зачету	3	3				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>90</b>				

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрено.

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Процессы и аппараты химической технологии: учебник/ Анштейн В.Г, Захаров М.К. и др. - БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.- 1759с. (ЭБС"IPRbooks": Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9103.>)
2. Мидуков, Н.П. Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н.П.Мидуков, В.С.Куров, А.О.Никифоров. –СПб.: СПбГТУРП, 2015. -125 с.(ЭБВШТЭ: Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/kafpriapxt.htm>)

#### б) дополнительная учебная литература

3. Процессы и аппараты: учебно-практическое пособие для выполнения лабораторных работ [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н.П.Мидуков, В.С.Куров, А.О.Никифоров. –СПб.: СПбГТУРП, 2016. -108 с.(ЭБВШТЭ: Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/kafpriapxt.htm>)

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

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.edu.ru> –Федеральный портал «Российское образование»
2. <http://www.openet.ru> – Российский портал открытого образования
3. <http://www.exponenta.ru> – Российский портал образования
4. [www.chemnet.ru](http://www.chemnet.ru)

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013
3. PTC Mathcad 15

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине:

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет.
3. Специализированная лабораторная аудитория

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные стенды: насосы, отстойники, фильтры, теплообменники, сушилки.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p>
Лабораторные занятия	<p>Предварительное изучение методических указаний по выполнению лабораторных работ.</p> <p>Лабораторные занятия способствуют развитию практических навыков владения изучаемыми методами, оборудованием и технологиями в процессе взаимодействия со специально разработанными модельными установками, предполагают проведение учебного эксперимента на лабораторной установке под руководством преподавателя.</p>
Самостоятельная работа	<p>Изучение научной, учебной, нормативной и др. литературы. Отбор необходимого материала; проведение практических исследований по теме, формулирование выводов и разработка конкретных рекомендаций по достижению поставленной цели и задач.</p> <p>При подготовке к зачету необходимо ознакомиться с перечнем вопросов, проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.</p>

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-8(2)	<p>Ориентироваться в методах составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов.</p> <p>Пользуется справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины.</p> <p>Демонстрирует результат использования методов технико-экономической оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования</p>	<p>Перечень вопросов для зачета (30 вопросов)</p>

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК- 6(2)	Способность производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления. Пользуется справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины. Демонстрирует умение выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием.	Практические задания	Практические типовые задания (30 задач)

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
Зачтено	Обучающийся демонстрирует высокий уровень эрудиции; хорошо разбирается в основных закономерностях, базовых для процессов и аппаратов; усвоил основную и, частично, дополнительную литературу. Точно отвечает на задаваемые преподавателем дополнительные вопросы. Способен к целеустремленному применению базовых знаний в профессиональной деятельности.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины; не владеет формулировками основных закономерностей процессов. Путается в понятиях и определениях. Не владеет основной литературой; при ответах допускает существенные и принципиальные ошибки и не в состоянии их устранить.

*\* Существенные ошибки – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).*

*\* Несущественные ошибки – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.*

### 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

#### 10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Классификация процессов и аппаратов. Движущие силы процессов.	1
2	Скорость процесса. Аппаратурное оформление.	1
3	Периодические и непрерывные процессы.	1
4	Теория подобия. Основные понятия и определения.	2
5	Симплексы и комплексы.	2
6	Свойства жидкостей и газов. Закон вязкого трения Ньютона.	3
7	Гидростатика. Основное уравнение.	3
8	Гидродинамика. Уравнение непрерывности.	3
9	Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей.	3
10	Потери давления по длине и на местные сопротивления. Расчет гидравлической сети.	3
11	Отстаивание. Скорость «свободного» отстаивания по методу Стокса и Лященко.	4
12	Расчет отстойника. Скорость «стесненного» отстаивания и порозность слоя.	4
13	Разделение в центробежном поле. Фактор разделения. Критерий Фруда.	4

14	Циклоны и гидроциклоны. Центрифуги. Устройство и работа.	4
15	Перемешивание. Гидродинамика перемешивания. Воронка и методы ее устранения.	5
16	Критерий мощности и расчет энергии на перемешивание.	5
17	Конструкции мешалок и их назначение в зависимости от свойств среды и фазы.	5
18	Псевдооживление. Кривая псевдооживления и формулы Тодеса.	5
19	Сушилки «кипящий» слой.	5
20	Тепловые процессы. Законы Фурье и Ньютона. Теплоотдача.	6
21	Критерии теплового подобия. Физический смысл критериев определяемых и определяющих. Зависимость их от Re.	6
22	Конструкции теплообменников.	6
23	Массообменные процессы. Молекулярный и конвективный перенос массы.	7
24	Законы Фика. Массоотдача.	7
25	Закон Шукарева. Коэффициент массоотдачи и его расчет.	7
26	Массопередача. Уравнение массопередачи. Условие равновесия.	8
27	Сушка. Основные параметры влажного воздуха.	9
28	Диаграмма Рамзина.	9
29	Кинетика конвективной сушки. Влажностепроводность и термовлажностепроводность	9
30	Конструкции сушилок.	9

**Вариант заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
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.	$2,88 \times 10^4$ Па
2	Привести формулу $\Delta p = 32 \times \frac{\omega \cdot \mu \cdot L}{d^2}$ к критериальному виду.	$Eu = \frac{32}{Re} \cdot \frac{z}{d}$
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.	Увеличится в 8 раз
4	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.	0,69
5	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.	Не более 2,2 м
6	Рассчитать плотность водной суспензии, содержащей 10% (масс.) твердой фазы. Относительная плотность твердой фазы 3	1070 кг/м <sup>3</sup>
7	Вывести формулу, по которой можно вычислить скорость центрифугирования твердых шарообразных частиц, исходя из закона Стокса. Частота вращения в об/сек.	$\omega_0 = \frac{d^2 \cdot (\rho_{cp} - \rho)}{18 \cdot \mu} \cdot \omega^2 \cdot r$
8	Лопастная мешалка с $d_1 = \frac{D}{3}$ заменена на меньшую с $d = \frac{D}{4}$ . Размешивание в обоих случаях производится в условиях ламинарного режима. Как изменится частота вращения при той же мощности электродвигателя?	Увеличится в 1,3 раза

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная\*

**10.3.3. Особенности проведения зачета**

Время на подготовку ответа 20-30 минут.  
Ответ 15 минут.