

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.04**

(индекс дисциплины)

**Гидродинамика волокнистых суспензий**

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **17** Процессы и аппараты химической технологии

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: **15.03.02 Технологические машины и оборудование**  
Машины и аппараты комплексной переработки возобновляемых

Профиль подготовки: **ресурсов**

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>108</b>		<b>108</b>
	Аудиторные занятия	<b>54</b>		<b>20</b>
	Лекции	18		8
	Лабораторные занятия	36		12
	Практические занятия			
	Самостоятельная работа	54		84
	Промежуточная аттестация			<b>4</b>
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	5		7
	Контрольная работа			7
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>3</b>		<b>3</b>

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

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование

На основании учебных планов № b150302-12\_20  
z150302-12\_20

Кафедра-разработчик: Процессы и аппараты химической технологии

Заведующий кафедрой: Никифоров А.О.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Машин автоматизированных систем

Заведующий кафедрой: Александров А.В.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 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

Сформировать компетенции обучающегося в области гидродинамики волокнистых суспензий

## 1.3. Задачи дисциплины

- Задачей дисциплины является: изучение реологии неньютоновских сред, динамики структуры волокнистых суспензий, математических моделей и методов расчета гидродинамических процессов.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ДПК-1	Способен к целенаправленному применению базовых знаний в области физико-математических и естественных наук в профессиональной деятельности	1,2,3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) Основные характеристики и оптимальные условия работы основных машин и аппаратов ЦБП, принципы расчета проточных каналов машин и аппаратов ЦБП, возможность оптимизации гидродинамических процессов при наличии волокнистой суспензии, протекающих в аппаратах ЦБП. Уметь: 1) создавать теоретическую модель реологической характеристики волокнистой суспензии и выполнять гидродинамические расчеты проточных частей машин и аппаратов ЦБП. Владеть: 1) методами исследования для получения реологических характеристик бумажной массы и методами расчета по уравнению движения бумажной массы в каналах разной конфигурации		
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	2, 3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: отечественные и иностранные источники информации в области гидродинамики волокнистых суспензий и целлюлозно-бумажного производства.  Уметь: использовать информацию для повышения профессионального уровня.  Владеть: современными методиками исследования в области гидродинамики и практического использования результатов в производстве.		

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

- Технический перевод иностранной литературы (ПК-1)
- Деловой разговорный иностранный язык в целлюлозно-бумажной промышленности (ПК-1)
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (ПК-1)

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание	Объем (часы)
---------------------------	--------------

учебных модулей, тем и форм контроля	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Реология неньютоновских сред</b>			
Тема 1. Представление о волокнистых суспензиях, как о специфических неньютоновских жидкостях.	11		18
Компоненты напряжения, возникающие в суспензии при малых скоростях ее движения. Вывод реологического уравнения волокнистой суспензии. Построение теоретической кривой течения волокнистой суспензии. Анализ реологического уравнения волокнистой суспензии.			
Тема 2. Экспериментальное исследование реологических характеристик волокнистых суспензий.	12		16
Ротационный вискозиметр, АСНИ на базе вискозиметра. Прикладное значение реологической характеристики.			
<b>Текущий контроль 1 Защита лабораторной работы</b>	2		
<b>Учебный модуль 2. Гидродинамика трубопроводной системы</b>			
Тема 3. Режимы движения волокнистых суспензий.	23		18
Структурированный, переходный и диспергированный режимы движения. Формирование структуры суспензией в установившемся потоке. Влияние концентрации, степени помола, вида волокна и местных гидравлических сопротивлений на формирование структуры суспензии.			
Тема 4. Расчет потерь энергии при движении волокнистой суспензии	31		20
Потери энергии в прямых трубах. Потери энергии в гидравлических сопротивлениях			
<b>Текущий контроль 2 Защита лабораторной работы</b>	4		
<b>Учебный модуль 3. Гидродинамика каналов машин и аппаратов ЦБП</b>			
Тема 5. Расчет проточных каналов напорного ящика.	12		16
Расчет с целью обеспечения технологически необходимой структуры потока при подаче в зону формования. Расчет с целью обеспечения однородности потока суспензии по сечению канала.			
Тема 6. Пульсации давления в массоподводящих системах бумагоделательных машин	8		16
Влияние пульсаций давления на качество продукции			
<b>Текущий контроль 3. Опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине зачет</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>108</b>		<b>108</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	5	3			7	1,0
2	5	2			7	1,0
3	5	4			7	2
4	5	4			7	2
5	5	3			7	1,5
6	5	2			7	0,5
<b>ВСЕГО:</b>		<b>18</b>				<b>8</b>

#### 3.2. Практические и семинарские занятия

Не предусмотрено

#### 3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых	Наименование	Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение

тем	лабораторных занятий	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Экспериментальное получение значения коэффициента вязкости	5	6				
3	Реологическая характеристика волокнистой суспензии	5	8			7	2
4	Исследование гидравлических параметров простого трубопровода	5	10			7	6
4	Исследование гидравлических параметров гидравлического сопротивления	5	12			7	4
<b>ВСЕГО:</b>			<b>36</b>				<b>12</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	Защита отчета по лабораторной работе	5	1				
1	Защита отчета по лабораторной работе	5	1			7	1
2	Защита отчета по лабораторной работе	5	1			7	1
2	Защита отчета по лабораторной работе	5	1			7	1

#### 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	5	20			7	38
Подготовка к лабораторной работе	5	6			7	6
Подготовка к лабораторной работе	5	6			7	6
Подготовка к лабораторной работе	5	8			7	8
Подготовка к лабораторной работе	5	10				
Подготовка к зачету	5	4			7	4
Выполнение контрольной работы					7	26
<b>ВСЕГО:</b>			<b>54</b>			<b>84+4</b>

#### 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

Не предусмотрены

##### 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. Мидуков, Н.П. Перемешивание в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст]: / Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров; СПб, СПбГТУРП, 2012. - 78с ЭБВШТЭ:Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/kafpriapxt.htm>

2. Арет В.А. Реология и физико-механические свойства пищевых продуктов [Электронный ресурс] учебное пособие/ В.А.Арет, С.Д.Руднев –Электрон. тестовые данные. -СПб.: Интермедия, 2014. -245 с.ЭБС IPRbooks:Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30213>

### б) дополнительная учебная литература

3. Куров В.С. Гидродинамика процессов массоподачи на бумагоделательную машину [Текст]: / В.С.Куров, Ю.А.Тихонов Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 264 с.

4. Процессы и оборудование волокнистых и пленочных матриалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.Н.Жмыхов [и др.]. – Электрон. тестовые данные. –Минск: Вышейшая школа, 2013. – 591 с. ЭБС IPRbooks:Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35531>

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

Не предусмотрено

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

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>

2. Материалы Информационно-образовательной среды заочной формы обучения СПбГУПТД [Электронный ресурс]. URL: [http://sutd.ru/studentam/extramural\\_student/](http://sutd.ru/studentam/extramural_student/)

## 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. Капиллярный вискозиметр ВПЖ-1
2. АСНИ «Ротационный вискозиметр РВ-1»
3. Гидродинамический стенд

## 8.6. Иные сведения и (или) материалы

компьютерные презентации

# 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	В конспекте лекций: кратко, схематично, последовательно отметить основные положения, выводы и формулировки; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
Лабораторные занятия	Следует предварительно изучить методические указания по выполнению лабораторных работ, рекомендованные источники информации, подготовить до выполнения работы следующие пункты отчета по работам: 1) Постановка задачи исследования; 2) Измерительная схема (схема установки) и методика эксперимента;
Самостоятельная работа	Предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации. При подготовке к зачету необходимо ознакомиться с перечнем вопросов, проработать конспекты лекций и отчеты по лабораторным работам, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.

# 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 формирования)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ДПК-1 (1,2,3)	<p>Ориентируется в основных характеристиках и оптимальных условиях работы основных машин и аппаратов ЦБП, принципах расчета проточных каналов машин и аппаратов ЦБП, возможностях оптимизации гидродинамических процессов при наличии волокнистой суспензии, протекающих в аппаратах ЦБП.</p> <p>Анализирует теоретические модели реологической характеристики волокнистой суспензии и выполнять гидродинамические расчеты проточных частей машин и аппаратов ЦБП.</p> <p>Демонстрирует методы исследования для получения реологических характеристик бумажной массы и методами расчета по уравнению движения бумажной массы в каналах разной конфигурации.</p>	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к зачету (16 вопросов)</p> <p>Практические типовые задания (8 задач)</p>
ПК-1 (2, 3)	<p>Ориентируется в научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки</p> <p>Анализирует информацию по гидродинамике волокнистых суспензий</p> <p>Демонстрирует знания научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки</p>	<p>Устное собеседование</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Перечень вопросов к зачету (16 вопросов)</p> <p>Практические типовые задания (8 задач)</p>

### 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 показывает всестороннее и глубокое знание законов реологии и гидродинамики, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных законов и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в использовании учебного материала.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.

### 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 к зачету, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Особенности движения волокнистых суспензии	1
2	Силы, определяющие взаимодействие между волокнами в потоке бумажной массы, представления о флокуляции	1
3	Вывод реологического уравнения волокнистой суспензии	1
4	Графическое отображение реологического уравнения волокнистых суспензий низких концентраций	1
5	Сравнительный анализ реологических уравнений воды и волокнистой суспензии	1
6	Конструкция ротационного вискозиметра, методика измерения реологической характеристики волокнистой суспензии	2
7	Экспериментальное измерение вязкости волокнистой суспензии Экспериментальная установка АСНИ-вискозиметр	2
8	Динамика изменения поля скоростей бумажной массы в канале постоянного сечения	3
9	Сравнительный анализ потерь энергии на трение для воды и волокнистой суспензии	4
10	Влияние концентрации на структуру потока волокнистой суспензии	3
11	Влияние местных гидравлических сопротивлений на структуру потока бумажной массы	3
12	Особенности конструкций напорных ящиков турбулентного типа	5
13	Функции турбулизирующих элементов напорных ящиков, критерии их оценки	5
14	Причины колебания массы одного метра квадратного бумажного полотна	6
15	Основные источники низкочастотных пульсаций давления в массопроводящей системе, способы их уменьшения	6
16	Характеристика массопроводящих систем бумагоделательных машин, влияние ее на качество продукции	6

**10.2.2. Перечень тем лабораторных работ, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Определить величину подачи бумажной массы в зону формования при концентрации $C=0,95\%$ , часовой производительности $Q_{\text{ЧАС.}}=1,111 \cdot 10^4$ кг/ч, концентрации на накате $C_H=94\%$ и концентрации регистровой воды $C_{\text{РЕГ.}}=0,54\%$ .	0,707 м <sup>3</sup> /с
2	Определить площадь живого сечения турбулизатора при равенстве площадей сечений на входе и выходе. Ширина зоны формования $B=9600$ мм, высота сечения напорного ящика гидродинамического типа $h=150$ мм.	0,013 м <sup>2</sup>
3	Рассчитать величину скорости, при которой волокнистая суспензия будет диспергироваться в каналах турбулизатора при диаметре отверстий $d_0=16$ мм и величине критического градиента скорости сдвига суспензии в потоке равной $\dot{\gamma}_{\text{кр.}}=153 \text{ с}^{-1}$ .	1,224 м/с

**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.**

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа 30 минут.