

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.03**

Гидродинамика волокнистых суспензий

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b150302.07-3 24-14.plx

Кафедра: 17 Процессов и аппаратов химической технологии

Направление подготовки: \_\_\_\_\_  
(специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: \_\_\_\_\_  
(специализация) Машины и аппараты комплексной переработки возобновляемых ресурсов

Уровень образования: \_\_\_\_\_ бакалавриат

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                 | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоём-<br>кость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Лаб.<br>занятия |                |                   |                           |                                      |
| 6                         | УП  | 17                            | 34              | 92,75          | 0,25              | 4                         | Зачет                                |
|                           | РПД | 17                            | 34              | 92,75          | 0,25              | 4                         |                                      |
| Итого                     | УП  | 17                            | 34              | 92,75          | 0,25              | 4                         |                                      |
|                           | РПД | 17                            | 34              | 92,75          | 0,25              | 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 Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Тотухов Ю.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой процессов и аппаратов  
химической технологии

Никифоров А.О.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Тотухов Ю.А.

Методический отдел:

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** сформировать у обучаемых динамический набор знаний, умений, навыков в области гидродинамики неньютоновских сред, к которым относится волокнистая суспензия.

**1.2 Задачи дисциплины:**

освоение реологии неньютоновских сред, динамики структуры волокнистых суспензий, математических моделей и методов расчета гидродинамических процессов.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

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

Механика жидкости и газов

Высшая математика

Методологические основы научных исследований

## 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> реологию сплошных сред, динамику волокнистых суспензий, критерии оценки состояния структуры суспензии и методах воздействия на нее.                                                                 |
| <b>Уметь:</b> сопоставлять методы расчета потерь энергии потоков ньютоновской и неньютоновской сред для проектирования транспортирующей сети, рассчитывать параметры канала с учетом диспергирующего воздействия. |
| <b>Владеть:</b> умением практического использования результатов решения задач в области исследования гидродинамики волокнистых суспензий в производстве.                                                          |

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Семестр<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная<br>работа |                | СР<br>(часы) | Форма<br>текущего<br>контроля |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------|--------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              | Лек.<br>(часы)       | Лаб.<br>(часы) |              |                               |
| Раздел 1. Реология неньютоновских сред.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6                            |                      |                |              | Л                             |
| Тема 1. Представление о волокнистых суспензиях, как о специфических неньютоновских жидкостях. 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.           |                              | 2,9                  |                | 15,5         |                               |
| Тема 2. Экспериментальное исследование реологических характеристик волокнистых суспензий. Ротационный вискозиметр, АСНИ на базе вискозиметра. Прикладное значение реологической характеристики. Лабораторная работа № 1 - Экспериментальное получение значения коэффициента вязкости. Лабораторная работа № 2 - Реологическая характеристика волокнистой суспензии. |                              | 2,9                  | 17             | 15,5         | О,Л                           |
| Раздел 2. Гидродинамика трубопроводной системы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              |                      |                |              |                               |
| Тема 3. Режимы движения волокнистых суспензий. 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.                                                          |                              | 2,9                  |                | 15,5         |                               |
| Тема 4. Расчет потерь энергии при движении волокнистой суспензии. Потери энергии в прямых трубах. Потери энергии в гидравлических сопротивлениях. Лабораторная работа № 3 - Исследование гидравлических параметров простого трубопровода. Лабораторная работа № 4 - Исследование гидравлических параметров гидравлического сопротивления.                           |                              | 2,9                  | 17             | 15,5         | О                             |
| Раздел 3. Гидродинамика каналов машин и аппаратов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                              |                      |                |              |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                    |  |       |    |       |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|----|-------|--|
| Тема 5. Расчет проточных каналов напорного ящика. Расчет с целью обеспечения технологически необходимой структуры потока при подаче в зону формования. Расчет с целью обеспечения однородности потока суспензии по сечению канала. |  | 2,9   |    | 15,5  |  |
| Тема 6. Пульсации давления в массоподводящих системах бумагоделательных машин. Влияние пульсаций давления на качество продукции.                                                                                                   |  | 2,5   |    | 15,25 |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)                                                                                                                                                                                                |  | 17    | 34 | 92,75 |  |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)                                                                                                                                                                                    |  | 0,25  |    |       |  |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>                                                                                                                                                                                  |  | 51,25 |    | 92,75 |  |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

##### 5.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1            | 1. Обосновывает методики исследований динамики течения неньютоновских сред для оценки энергетики потока, состояния структуры.<br>2. Показывает способность планировать эксперимент, использовать его результаты при решении практических проблем производства. |

##### 5.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                   |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                  | Устное собеседование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Письменная работа |
| 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.                                                                                  |                   |

##### 5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

###### 5.3.1 Типовые контрольные вопросы

| № п/п     | Формулировки вопросов |
|-----------|-----------------------|
| Семестр 6 |                       |

|    |                                                                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Особенности движения волокнистых суспензий                                                                   |
| 2  | Силы, определяющие взаимодействие между волокнами в потоке бумажной массы, представления о флокуляции        |
| 3  | Вывод реологического уравнения волокнистой суспензии                                                         |
| 4  | Графическое отображение реологического уравнения волокнистых суспензий низких концентраций                   |
| 5  | Сравнительный анализ реологических уравнений воды и волокнистой суспензии                                    |
| 6  | Конструкция ротационного вискозиметра, методика измерения реологической характеристики волокнистой суспензии |
| 7  | Экспериментальное измерение вязкости волокнистой суспензии Экспериментальная установка АСНИ-вискозиметр      |
| 8  | Динамика изменения поля скоростей бумажной массы в канале постоянного сечения                                |
| 9  | Сравнительный анализ потерь энергии на трение для воды и волокнистой суспензии                               |
| 10 | Влияние концентрации на структуру потока волокнистой суспензии                                               |
| 11 | Влияние местных гидравлических сопротивлений на структуру потока бумажной массы                              |
| 12 | Особенности конструкций напорных ящиков турбулентного типа                                                   |
| 13 | Функции турбулизирующих элементов напорных ящиков, критерии их оценки                                        |
| 14 | Причины колебания массы одного метра квадратного бумажного полотна                                           |
| 15 | Основные источники низкочастотных пульсаций давления в массопроводящей системе, способы их уменьшения        |
| 16 | Характеристика массопроводящих систем бумагоделательных машин, влияние ее на качество продукции              |

### 5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

1. Определить величину подачи бумажной массы в зону формования при концентрации 0,95%, часовой производительности 1,111\*104 кг/ч, концентрации на накате 94% и концентрации регистровой воды 0,54%.

2. Определить площадь живого сечения турбулизатора при равенстве площадей сечений на входе и выходе. Ширина зоны формования 9600 мм, высота сечения напорного ящика гидродинамического типа 150 мм.

3. Рассчитать величину скорости, при которой волокнистая суспензия будет диспергироваться в каналах турбулизатора при диаметре отверстий 16 мм и величине критического градиента скорости сдвига суспензии в потоке равной 153 с-1.

## 5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

### 5.4.1 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»

### 5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

### 5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами, компьютером.

Время на подготовку ответа на зачете 30 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> |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                             |             |                                                                                                                           |
| Ю. А. Тотухов                            | ГИДРОДИНАМИКА ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ. Выполнение контрольной работы: методические указания для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 15.03.02 — Технологические машины и оборудование | 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 | 2023        | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1680233443.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1680233443.pdf</a> |

|                                                |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                            |      |                                                                                                                           |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ю.А.Тотухов, Б.Е. Борилкевич                   | Гидродинамика волокнистых суспензий : методические указания к лабораторным работам                                                             | -во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, | 2020 | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1623412605.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1623412605.pdf</a> |
| Арет, В. А., Руднев, С. Д.                     | Реология и физико-механические свойства пищевых продуктов                                                                                      | Санкт-Петербург: Интермедия                                                                                                                                | 2014 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/30213.html">http://www.iprbookshop.ru/30213.html</a>                                   |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b> |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                            |      |                                                                                                                           |
| Н.П. Мидуков, В.С. Куров                       | Гидродинамика волокнистых суспензий: учеб. пособие                                                                                             | М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД | 2020 | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1604025416.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1604025416.pdf</a> |
| Мидуков, Н. П., Куров, В. С.                   | Гидродинамика волокнистых суспензий                                                                                                            | Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна                                                         | 2020 | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/118372.html">https://www.iprbooks.hop.ru/118372.html</a>                             |
| А.В. Александров, Т.Н. Александрова            | Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги [Текст]. Часть I. Реология и гидродинамика волокнистых суспензий : учеб. пособие | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП                                                                                                    | 2015 | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/3.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/3.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/>  
 Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. <http://window.edu.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013  
 PTC Mathcad 15

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

| Аудитория            | Оснащение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Б-203                | Выпарная установка, установка для определения гидравлических сопротивлений; установка для исследования процесса разделения суспензии; установка для исследования кинетики фильтрования; установка по определению теплопередачи в теплообменнике; установка для определения параметров влажного воздуха; установка для процесса перемешивания. |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Б-209 | Напорная установка, установка гидравлических сопротивлений, ректификационная установка, установка роторно-пульсационная, установка для исследования процессов перемешивания в жидких средах, установка для исследования кинетики инфракрасной сушки. |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|