

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.ДВ.02.02 Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги

Учебный план: _____ ФГОС3++m150402-12_23-12.plx

Кафедра: Машин автоматизированных систем

Направление подготовки:
(специальность) 15.04.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Технологические процессы и оборудование целлюлозно-бумажного производства
(специализация)

Уровень образования: магистратура

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					
3	УП	17	34	57	36	4	Экзамен
	РПД	17	34	57	36	4	
Итого	УП	17	34	57	36	4	
	РПД	17	34	57	36	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1026

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Кандидат технических наук, доцент

Александрова Т.Н.

Тотухов Ю.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой машин автоматизированных систем

Тотухов Ю.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Тотухов Ю.А.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области теории и конструкции оборудования, являющегося предметом разработки и исследования обучающегося.

1.2 Задачи дисциплины:

Углубленное изучение теории процесса и особенностей конструкции оборудования отрасли

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Комплексные исследования и диагностика оборудования

Компьютерные технологии в машиностроении

Цифровые ресурсы в научных исследованиях

Использование информационных технологий в построении современных систем управления технологическими процессами

Теория и конструкция бумагоделательных машин. Дополнительные главы

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-5: Способен выбирать и обосновывать состав параметров для мониторинга и диагностики параметров оборудования технологических комплексов целлюлозно-бумажного производства средней сложности и для управления
Знать: методики разработки физических и математических моделей исследуемых машин
Уметь: разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин; разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
Владеть: разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин; разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК-6: Способен разрабатывать выбор и обоснование параметров оборудования технологических комплексов целлюлозно-бумажного производства и управления ими
Знать: основные параметры работы оборудования, характеристики используемого сырья и выпускаемой продукции
Уметь: основные параметры работы оборудования, характеристики используемого сырья и выпускаемой продукции
Владеть: методикой расчета гидродинамических моделей

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. Реология и гидродинамика волокнистых суспензий	3					,0
Тема 1. Основные характеристики растительных волокон и образованных ими суспензий. Влияние физико-механических свойств волокон на внутреннюю структуру потока волокнистой суспензии. Влияние реологических свойств на структурообразование		1	2	5	ИЛ	
Тема 2. Основные характеристики растительных волокон и образованных ими суспензий. Влияние физико-механических свойств волокон на внутреннюю структуру потока волокнистой суспензии массы на формирование внутренней структуры потока. Измерение осредненных и пульсационных скоростей в потоке бумажной массы. Измерение локальных концентраций волокон в потоке бумажной массы. Измерение неравномерности просвета волокнистых структур		1	2	5		
Тема 3. Экспериментально-теоретические исследования в области реологии бумажной массы. Способы определения реологических параметров, Ротационный вискозиметр ЛТИ ЦБП		1	2	5		
Тема 4. Реологическое уравнение бумажных масс. Анализ реологического уравнения. Методика построения теоретической кривой течения суспензии. Релаксационные и упругие свойства бумажных масс. Применение наследственной теории вязкоупругости Больцмана к расчету реологических характеристик волокнистых суспензий		1	2	5		

<p>Тема 5. Уравнение движения бумажных масс в общем виде. Уравнение движения в прямоугольной системе координат. Вывод модифицированного уравнения Навье-Стокса с учетом реологии бумажной массы. Реологические особенности реологических характеристик волокнистых суспензий повышенной концентрации.</p>	1	2	5		
<p>Тема 6. Использование реологических характеристик бумажных масс в прикладных целях. Расчет массонапускных систем бумагоделательных машин в прикладных целях. Требования, предъявляемые к напорным ящикам, классификация и основные конструктивные элементы. Влияние потокораспределительных и массоподводящих систем на организацию потока в напорных ящиках. Влияние проточных частей напорных ящиков на структуру потока.</p>	1	2	4		
<p>Раздел 2. Гидродинамика процессов формования бумаги</p>					
<p>Тема 7. Современные представления о процессах отлива и формования бумажного полотна. Назначение процессов отлива и формования полотна бумаги. Образование связей в процессе формования бумажного полотна</p>	2	2	4		
<p>Тема 8. Исследование механизма диспергирования бумажной массы на сеточном столе БДМ. Взаимодействие обезвоживающих элементов со слоем подсеточной воды. Исследование процесса возникновения вертикальных смещений формирующей сетки под воздействием обезвоживающих элементов сеточного стола.</p>	2	4	4	ИЛ	,О
<p>Тема 9. Аналитическое исследование установившихся вертикальных смещений сетки с размещенным на ней слоем переменной массы. Численное исследование скоростей сдвига в слое бумажной массы, прилежащем к сетке</p>	2	2	4		

Тема 10. Аналитическое исследование вертикальных колебаний формующей сетки под действием виброактивации. Численное исследование распределения скоростей сдвига в потоке, прилежащем к формующей сетке, под действием виброактивации	2	2	4		
Раздел 3. Моделирование процессов производства бумаги					
Тема 11. Влияние условий отлива и формования на структуру потока и качество вырабатываемой бумаги. Влияние конструктивных элементов формующих устройств на интенсивность турбулентности, структуру потока и качество бумаги	1	4	4	ИЛ	
Тема 12. Влияние виброактивации бумажной массы в зоне отлива и формования БДМ на структуру потока и качество вырабатываемой бумаги. Анализ перспективных конструкций виброактиваторов, устанавливаемых в начальной зоне формования, и обоснование режимов их работы	1	4	4		,0
Тема 13. Влияние виброактивации бумажной массы в зоне отлива и формования БДМ на структуру потока и качество вырабатываемой бумаги. Анализ перспективных конструкций виброактиваторов, устанавливаемых в начальной зоне формования, и обоснование режимов их работы	1	4	4		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	34	57		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5	33,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		53,5	90,5		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

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-5	Правильно выбирает методики разработки физических и математических моделей исследуемых машин Анализирует и разрабатывает физические и математические модели исследуемых машин; выбирает и адаптирует методики и организывает проведение экспериментов с анализом их	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

	результатов Демонстрирует владение расчетами физических и математических моделей исследуемых машин; осуществляет проведение экспериментов, рассчитывает заданные параметры	
ПК-6	Правильно выбирает основные параметры работы оборудования, характеристики используемого сырья и выпускаемой продукции Анализирует и оптимизирует основные параметры работы оборудования, характеристики используемого сырья и выпускаемой продукции Демонстрирует владение методикой расчета гидродинамических моделей	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

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	
4 (хорошо)	Стандартный ответ, лишенный индивидуальности. Допускает незначительные погрешности при ответе на вопросы	
3 (удовлетворительно)	Показывает знания учебного материала в минимальном объеме. Допускает большое количество принципиальных ошибок. Может устранить их с помощью преподавателя	
2 (неудовлетворительно)	Не может ответить на вопрос без помощи преподавателя. Многочисленные грубые ошибки Непонимание заданного вопроса. Использование запрещенных технических средств	

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 3	
1	Моделирование процессов формования и обезвоживания бумажного полотна с целью оптимизации компоновки обезвоживающих элементов начальной зоны формования БДМ
2	Анализ перспективных конструкций виброактиваторов начальной зоны формования и обоснование оптимальных режимов их работы
3	Влияние обезвоживающих элементов формирующих устройств на интенсивность турбулентности, структуру бумажной массы и качество бумажного полотна
4	Виброактивация бумажной массы в зоне формования БДМ. Аналитическое исследование вертикальных колебаний сетки под действием виброактивации
5	Численное исследование скоростей сдвига в слое бумажной массы, прилежащем к сетке
6	Причины возникновения вертикальных смещений формирующей сетки под воздействием обезвоживающих элементов
7	Анализ условий диспергирования бумажной массы на сеточном столе на примере работы регистровых валов и гидропланок
8	Механизм диспергирования бумажной массы на сеточном столе БДМ
9	Формование бумаги на сеточном столе БДМ
10	Определение основных размеров массонапускных систем с учетом режима течения волокнистой суспензии
11	Определение давления воздушной подушки в массонапускных системах открытого (закрытого) типов для достижения требуемой скорости напуска массы на сеточный стол
12	Расчет коллектора потокораспределителя массонапускной системы

13	Оценка диспергирующей способности массонапускных систем
14	Функции, выполняемые массонапускными системами БДМ. Классификация массонапускных систем
15	Актуальность аналитических способов расчета и проектирования нового оборудования и модернизации существующих машин и аппаратов ЦБП
16	Уравнение движения бумажных масс в прямоугольной системе координат
17	В какое известное уравнение трансформируется уравнение движения бумажных масс для случая диспергированного потока бумажной массы
18	Уравнение движения бумажных масс в общем виде
19	Реологическое уравнение бумажных масс
20	Реологическая модель бумажной массы
21	Сравнительная характеристика потерь напора для бумажной массы и воды
22	Стадии внутреннего структурообразования в процессе развития движения волокнистой суспензии (начиная от состояния покоя)
23	Анализ кривых течения волокнистой суспензии различной концентрации
24	Реологические характеристики волокнистых суспензий повышенной концентрации
25	Экспериментальные исследования реологических характеристик волокнистых суспензий. Их анализ и прикладное использование
26	Измерение локальных концентраций волокон в потоке бумажной массы
27	Измерение осредненных и пульсационных скоростей в потоке бумажной массы
28	Современные представления о процессе структурообразования в потоках волокнистой суспензии
29	Влияние физико-механических свойств волокон на внутреннюю структуру потока волокнистой суспензии

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Оценить диспергирующую способность каналов напорного ящика, если диаметр отверстий турбулизатора $d=16$ мм, критический градиент скорости сдвига бумажной массы $\gamma_{кр}=125$ с-1, расход массы в канале турбулизатора $Q=1,608 \cdot 10^{-3}$ м³/с.

2. Расчет потерь напора в напускной щели напорного ящика:

Вычислить величину потерянного напора струей массы при истечении из выпускной щели напорного ящика при скорости струи $V=3,33$ м/с и коэффициенте расхода $\mu=0,83$.

3. Расчет длины канала напорного ящика с учетом времени релаксации структуры бумажной массы:

Рассчитать длину канала турбулизатора с учетом релаксации напряжений в структуре потока бумажной массы при времени релаксации $t=0,21$ с, живом сечении турбулизатора

$F=0,04$ м², расходе напорного ящика $Q=0,108$ м³/с.

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

45 минут на подготовку

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
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	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_10_03_01.pdf

Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] : учеб.пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2015	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
О.А. Кокушкин [и др.]	Процессы и аппараты химической технологии. [Текст]. Ч.1. Гидромеханические процессы: Методические указания к лабораторным работам	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2007	http://nizrp.narod.ru/gidromex1.htm 17-30

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