

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09	Сушильные теплотехнологические установки		
(Индекс дисциплины)	(Наименование дисциплины)		
Кафедра:	24	Промышленной теплоэнергетики	
	Код	Наименование кафедры	
Направление подготовки: <u>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</u>			
Профиль подготовки: <u>Энергетика теплотехнологий</u>			
Уровень образования: <u>Бакалавриат</u>			

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	144		
	Аудиторные занятия	70		
	Лекции	28		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	42		
	Самостоятельная работа	38		
	Промежуточная аттестация	36		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	8		
	Зачет			
	Контрольная работа			
	КП			
	Курсовая работа	8		
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		

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

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № б130301-3_20

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

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:

Подготовка специалистов для проектирования и эксплуатации разнообразных промышленных сушильных установок, способных осуществлять их непрерывное совершенствование на основе современной теории и принципов управления с использованием ЭВМ.

1.3. Задачи дисциплины:

Освоение конструктивных особенностей тепломассообменных (сушильных) установок, овладение теорией и современными инженерными методами расчета процессов сушки и тепломассообменных (сушильных) установок при их проектировании или модернизации.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК- 10	Готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	3

Планируемые результаты обучения

Знать:

принципиальные промышленные технологические схемы производства целлюлозы, бумаги и картона; основные принципы, обеспечивающие энергосбережение и экологическую безопасность производства; вопросы интенсификации тепломассообмена в процессах сушки;

Уметь:

анализировать информацию о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники, технические данные, показатели и результаты работы, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии;

Владеть:

навыками расчетов сушильных установок с определением расходов теплоты, пара, потерь теплоты в окружающую среду и определением габаритов установок.

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

- Низкотемпературные технологические процессы и установки (ПК-10)
- Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (ПК-10).
- Производственная практика (технологическая практика) (ПК-10)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1 Термодинамический анализ процессов сушки			
Тема 1. Классификация сушильных установок. Назначение и применение процессов сушки. Роль процессов сушки в различных отраслях промышленности. Изменение физических свойств материалов в процессе сушки. Классификация сушильных установок по способу подвода теплоты. Организация процесса сушки различных материалов и выбор типа сушильной установки. Физические свойства влажного воздуха. Насыщенный и перегретый	6		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
пар. Связь между параметрами влажного воздуха.			
Тема 2. Термодинамический анализ процессов сушки в теоретических сушильных установках. I-d диаграмма влажного воздуха. Построение процессов на I-d диаграмме. Схема установки с разомкнутым циклом. Особенности этой схемы при неадиабатическом процессе. Схема установки с комбинированным и ступенчатым нагревом воздуха. Схема с рециркуляцией воздуха. Тепловой баланс камеры смешения.	6		
Тема 3. Тепловой баланс теоретической и действительной сушильных установок. Определение углового коэффициента для реального процесса. Повышение эффективности использования теплоты в сушильных установках за счёт применения теплоуловителей.	6		
Текущий контроль 1. Интерактивный опрос	1		
Учебный модуль 2 Кинетика сушки влажных материалов			
Тема 4. Классификация форм связи влаги с материалом. Классификация влажных материалов. Различные виды связи влаги с материалом. Определение влажности твёрдых тел. Изотермы сорбции и десорбции. Гигроскопическое и равновесное состояние капиллярно-пористых тел. Капиллярное всасывание.	6		
Тема 5. Кривые кинетики сушки при постоянных параметрах источника теплоты. Отдельные стадии процесса: прогрев, период постоянной скорости сушки, период падающей скорости сушки. Аналитическое описание процесса сушки, термограммы материала.	6		
Тема 6. Тепломассообмен и тепломассообмен в процессах сушки. Внутренняя теплопроводность в процессах сушки. Определение полей влагосодержания и температуры в сечении материала. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности. Физическая сущность тепломассообмена в процессах сушки. Молекулярный и молярный перенос. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Критериальные уравнения.	6		
Текущий контроль 2. Интерактивный опрос	1		
Учебный модуль 3. Сушильные установки различного назначения			
Тема 7. Сушка влажных материалов топочными газами. Топки для сушильных установок. Использование дымовых газов в качестве сушильного агента. Расчёт параметров дымовых газов на входе в сушилку. Анализ процесса сушки в установке, использующей смесь воздуха и продуктов сгорания. Сушильная установка с рециркуляцией дымовых газов. Особенности конструкции топков для сушильных установок.	6		
Тема 8. Конвективные установки для сушки ленточных и листовых материалов. Тепловой баланс камерной сушильной установки. Методика расчёта установки для сушки ленточных материалов. Конструкция и расчёт конвективной установки с сопловым обдувом. Сушильная установка для сушки мелкокусковых материалов.	6		
Тема 9. Пневматические сушильные установки. Скорость витания и объёмный коэффициент теплообмена. Аэродинамика запылённого потока. Конструкция аэрофонтанной сушильной установки. Порозность и насыпная плотность материала. Методика расчёта сушильных установок с кипящим слоем.	6		
Тема 10. Барабанные сушильные установки. Конструкция установок. Тепломассообмен во вращающемся барабане. Вспомогательное оборудование: циклон, дымосос. Выбор тягодутьевого оборудования.	6		
Тема 11. Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки (БДМ). Конструкции и режимы работы сушильной части БДМ. Схемы сушильной части БДМ. Тепломассообмен на сушильных цилиндрах при контактно-конвективной сушке материалов. Кинетика сушки бумаги на цилиндре и на участке свободного хода. Методика расчёта теплоты и пара, затрачиваемых на сушку бумаги.	6		
Тема 12. Пароконденсатные системы БДМ. Схемы пароконденсатной системы БДМ. Подвод пара и отвод пароконденсатной смеси от сушильных цилиндров. Термопанки. Конденсатоотводчики. Методика расчёта диаметров паро- и конденсатопроводов, водоотделителя, холодильника, дросселирующей шайбы,	6		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
вакуум-насоса. Стабилизация теплового и гидравлического режимов сушильных цилиндров.			
Тема 13. Технологическая вентиляция БДМ. Технологическая вентиляция многоцилиндровых контактно-конвективных сушильных установок. Анализ изменения термодинамического состояния воздуха технологической вентиляции на I-d диаграмме: 1. При подготовке воздуха к процессу сушки; 2. В процессе сушки; 3. В теплоуловителях и скрубберах теплорекуперационных агрегатов. Тепловой баланс БДМ. Методика расчёта теплоуловителей системы технологической вентиляции.	6		
Тема 14. Радиационно-конвективные сушильные установки. Теория радиационной сушки влажных материалов. Коэффициенты облучённости и взаимные излучающие поверхности. Конструкции и методика расчёта радиационно-конвективных сушильных установок для сушки ленточных и дисперсных материалов.	7		
Текущий контроль 3. Интерактивный опрос	1		
Промежуточная аттестация по дисциплине (Курсовая работа)	20		
Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)	36		
	144		

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	8	2				
2	8	2				
3	8	2				
4	8	2				
5	8	2				
6	8	2				
7	8	2				
8	8	2				
9	8	2				
10	8	2				
11	8	2				
12	8	2				
13	8	2				
14	8	2				
ВСЕГО:		28				

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Изменение физических свойств материалов в процессе сушки. Физические свойства влажного воздуха	8	4				
2	I-d диаграмма влажного воздуха. Построение	8	4				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	процессов на I-d диаграмме						
3	Уравнения теплового баланса теоретической и действительной сушильных установок	8	4				
4	Определение влажности твёрдых тел. Изотермы сорбции и десорбции	8	4				
5	Аналитическое описание процесса сушки, термограммы материала	8	4				
6	Определение полей влагосодержания и температуры в сечении материала. Физическая сущность теплообмена в процессах сушки	8	4				
7	Расчёт параметров дымовых газов на входе в сушилку. Анализ процесса сушки в установке, использующей смесь воздуха и продуктов сгорания	8	2				
8	Тепловой баланс камерной сушильной установки. Методика расчёта установки для сушки ленточных материалов	8	2				
9	Методика расчёта сушильных установок с кипящим слоем	8	2				
10	Теплообмен во вращающемся барабане	8	2				
11	Кинетика сушки бумаги на цилиндре и на участке свободного хода. Методика расчёта теплоты и пара, затрачиваемых на сушку бумаги	8	4				
12	Методика расчёта диаметров паро- и конденсаторов, водоотделителя, холодильника, дроселирующей шайбы, вакуум-насоса	8	2				
13	Тепловой баланс БДМ. Методика расчёта теплоуловителей системы технологической вентиляции	8	2				
14	Конструкции и методика расчёта радиационно-конвективных сушильных установок для сушки ленточных и дисперсных материалов	8	2				
ВСЕГО:			42				

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1. Цели и задачи курсовой работы

Цели:

Научиться:

- составлять материальный и тепловой балансы сушильной установки;
- определять параметры сушильного агента;
- выполнять конструктивный расчет барабана;
- выбирать необходимое вспомогательное оборудование;

Задачи:

овладеть навыками расчета сушильных установок различного назначения

4.2. Тематика курсовой работы

1. Расчет барабанной сушильной установки

4.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы

Работа выполняется индивидуально с использованием методических указаний по курсовому проектированию Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н. Расчет и проектирование барабанной сушильной установки: учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта/ СПбГТУ РП. СПб., 2012, основной и дополнительной учебной литературы.

Расчётно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

- назначение и конструкция установки;
- тепломассообменные расчёты;
- аэродинамические расчёты;
- расчёт и выбор вспомогательного оборудования;

В процессе выполнения курсового проекта студенты закрепляют знания и приобретают навыки самостоятельной инженерной работы. Объём заданий (25-30 страниц текста); графическая часть (объём 1 лист формата А1) содержит схемы, чертежи общего вида установки, наиболее важные узлы и детали.

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	Интерактивный опрос	8	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	8	10				
Подготовка к практическим занятиям	8	8				
Выполнение курсовой работы	8	20				
Подготовка к экзамену	8	36				
	ВСЕГО:			38+36		

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

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Бегляров А.Э. Основы проектирования тепловых установок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бегляров А.Э.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 207 с
Режим доступа IPRbooks -<http://www.iprbookshop.ru/40576>

б) дополнительная учебная литература

2. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. Тепломассообменное оборудование предприятий (Сушильные установки): учебное. пособие / ВШТЭ СПб ГУПТД. СПб., 2016. -143 с

Режим доступа Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ <http://www.nizrp.narod.ru>

3. Лакомкин, В.Ю. Расчет и проектирование пневматической сушильной установки [Текст] : учеб.-метод. пособие / В.Ю. Лакомкин, С.Н. Смородин; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2013. – 44 с.

Режим доступа Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ <http://nizrp.narod.ru/rasch2013.pdf>

4. Губарева В.В. Расчет и проектирование конвективных сушильных установок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Губарева В.В.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014.— 119 с
Режим доступа IPRbooks -<http://www.iprbookshop.ru/49722>

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

1. Бельский А.П. Тепломассообменное оборудование предприятий (Сушильные установки) [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2005.

Режим доступа Электронная библиотека учебных изданий ВШТЭ:

<http://www.gturp.spb.ru/fkl/fpe/kaf/pte/lakomkin/drying2.htm>

2. Бельский А.П. Специальные вопросы тепломассообмена в энергетических и теплотехнологических процессах и установках [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2011. – 98 с.

Режим доступа Электронная библиотека учебных изданий ВШТЭ: <http://nizrp.narod.ru/spectmo.htm>

3. Бойков, Л.М. Повышение эффективности сушки путем модернизации пароконденсатных систем бумагоделательных, картоноделательных машин и гофроагрегатов [Текст]: монография / Л.М. Бойков; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2014. – 511 с.

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

1 <http://www.iprbookshop.ru/> IPRbooks

2. <http://nizrp.narod.ru> Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ

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

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

1. Аудитория с мультимедийным учебным комплексом

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Компьютерные презентации, плакаты, каталоги оборудования, демонстрационные и раздаточные материалы

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы
Практические занятия	Работа с конспектом лекций и практических занятий; подготовка ответов к контрольным вопросам, тестовым заданиям; решение расчетно-графических заданий; решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов.</p> <p>Для выполнения курсовой работы следует предварительно изучить методические указания по ее выполнению.</p> <p>При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с перечнем вопросов, проработать конспекты лекций и практических занятий, 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
ПК-10 (3)	представляет принципиальные промышленные технологические схемы производства целлюлозы, бумаги и картона; основные принципы, обеспечивающие энергосбережение и экологическую безопасность производства; вопросы интенсификации тепломассообмена в процессах сушки; способен анализировать информацию о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники, технические данные, показатели и результаты работы, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии демонстрирует владение навыками расчетов сушильных установок с определением расходов теплоты, пара, потерь теплоты в окружающую среду и определением габаритов установок	Устное собеседование Тестовые задания	Перечень вопросов к экзамену (40 вопросов) Тестовые задания (9 штук по 12 вопросов в каждом)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по	Критерии оценивания сформированности компетенций
-----------	--

традиционной шкале	Устное собеседование	Курсовая работа	Практическое задание
отлично	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.	Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям.	Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям.
хорошо	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки.
удовлетворительно	Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов	Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.	Задание выполнено полностью, но с существенными ошибками.
неудовлетворительно	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо грубые ошибки в работе. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.

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 (тестовых заданий), разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Процессы изменения состояния воздуха в сушильных установках: нагрев и охлаждение воздуха, адиабатическое испарение влаги, одновременное охлаждение и осушение воздуха, одновременное нагревание и увлажнение воздуха. Угловой коэффициент для этих процессов.	3
2	Кинетика процессов сушки влажных материалов. Расчет длительности периодов прогрева, периода постоянной и уменьшающейся скорости сушки.	4
3	Процесс смешения потоков воздуха с различными параметрами. Кратность смешения потоков воздуха. Уравнение теплового баланса камеры смешения.	2
4	Классификация сушильных установок. Виды теплообмена в сушильных установках. Основные расчетные уравнения теплообмена. Расчет испарившейся влаги.	1
5	Схема теоретической сушильной установки с разомкнутым циклом. Изображение процессов на I-d диаграмме. Расходы воздуха и теплоты для испарения влаги.	2
6	Камерные сушильные установки. Схема. Уравнение теплового баланса. Удельный расход теплоты на сушку влажных материалов в камерных установках.	3
7	Схема сушильной установки с комбинированным нагревом воздуха. Процесс на I-d диаграмме. Расходы воздуха и теплоты на испарение влаги.	3
8	Конвективные установки непрерывного действия. Уравнение теплового баланса. Расчет габаритов установки.	8
9	Схема сушильной установки со ступенчатым нагревом воздуха. Расход воздуха и теплоты. Изображение процесса на I-d диаграмме. Сравнение циклов по расходам теплоты и воздуха.	7
10	Конвективные установки с сопловым обдувом. Схема установки. Аэродинамика струи. Скорость истечения струи. Расчет коэффициента теплоотдачи и теплового потока при сопловом обдуве.	8
11	Схема сушильной установки с рециркуляцией воздуха. Изображение процессов на I-d диаграмме. Расход воздуха. Кратность рециркуляции.	8
12	Ленточные установки для сушки кусковых и зернистых материалов. Расход теплоты на испарение влаги. Расчет длины слоя материала.	8
13	Тепловой баланс теоретической сушильной установки. Приходные и расходные статьи теоретической установки.	3
14	Пневматические сушильные установки. Скорость витания. Уравнение теплового баланса.	9
15	Тепломассообмен при сушке влажных материалов. Уравнения Ньютона-Рихмана и Дальтона. Критериальные зависимости для определения коэффициентов тепло- и массообмена при сушке.	6
16	Выражение влажности твердых материалов. Связь между относительной влажностью, влагосодержанием, абсолютной влажностью и сухостью.	4
17	Повышение эффективности использования теплоты в сушильных установках. Изображение процессов на I-d диаграмме. КПД сушильных установок.	3
18	Барабанные сушильные установки. Удельный расход теплоты на сушку влажного материала. Уравнение теплового баланса.	10
19	Свойства топочных газов как сушильного агента. Состав газов. Влагосодержание газов.	7
20	Барабанные сушильные установки. Уравнение теплообмена. Определение диаметра и длины барабана.	10
21	Схемы и расчет сушильных установок, использующих продукты сгорания. Уравнение теплового баланса. Коэффициент избытка воздуха. Процессы изменения состояния газозооной смеси на I-d диаграмме.	7
22	Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки. Теплообмен на сушильных цилиндрах. Активный тепловой поток.	11
23	Схемы сушильных установок, использующих продукты сгорания. Расход топочных газов. Расход теплоты на испарение влаги. Часовой расход топлива на сушку.	7
24	Тепломассоперенос при контактной сушке бумажного полотна. Плотность массового и теплового потоков при низкотемпературном и высокотемпературном режимах сушки.	6
25	Классификация форм связи влаги с материалом. Высота поднятия жидкости в капиллярах.	4
26	Кинетика контактно-конвективной сушки бумаги на многоцилиндровых установках. Расчет температуры бумажного полотна на сушильных цилиндрах и участках свободного хода.	11
27	Изотермы сорбции и десорбции. Физическая основа. Определение форм связи с материалом по изотермам сорбции и десорбции.	4

28	Схемы пароснабжения сушильной части бумагоделательных машин. Параллельная схема. Схема пароснабжения с последовательным перепуском пара по группам. Расчет расхода вторичного пара.	12
29	Выражение влажности твердых материалов. Связь между относительной влажностью, влагосодержанием, абсолютной влажностью и сухостью. Расчет расхода испарившейся влаги.	1
30	Способы удаления конденсата из сушильных цилиндров: ковшом, неподвижным и вращающимися сифонами.	12
31	Тепломассоперенос во влажных материалах. Градиенты влагосодержания, температуры и давления. Направления перемещения теплоты и влаги в материале. Распределения влаги и температуры в сечении материала.	6
32	Расчет расхода теплоты и пара для многоцилиндровых сушильных установок в период прогрева, в периоды постоянной и уменьшающейся скорости сушки.	12
33	Тепломассоперенос во влажных материалах. Помещение влаги при низкотемпературном и высокотемпературном режимах сушки. Молекулярный и молярный тепловлагоперенос. Уравнения нестационарной теплопроводности и влагопроводности.	6
34	Вентиляция многоцилиндровых контактно-конвективных сушильных установок. Схема. Материальный баланс сушильной части по влаге и сухому воздуху.	13
35	Тепломассообмен при сушке влажных материалов. Потенциалы переноса теплоты и влаги. Уравнения теплового и массового потоков.	6
36	Вентиляция многоцилиндровых контактно-конвективных сушильных установок. Тепловой баланс сушильной камеры. Расход сушильного воздуха для ассимиляции испарившейся влаги.	13
37	Тепломассообмен при сушке влажных материалов. Определение коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи. Критерии и критериальные уравнения для определения коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи.	4
38	Теплоуловители для системы вентиляции. Теплообмен при конденсации водяных паров из паровоздушной смеси. Расчет поверхностей нагрева теплоуловителей.	13
39	Кинетика процессов сушки влажных материалов. Периоды сушки. Характерные признаки периодов сушки. Скорость сушки влажных материалов.	5
40	Радиационно-конвективные сушильные установки. Теория радиационной сушки влажных материалов. Тепловой поток. Поглощение тепловой энергии. Расчет количества испарившейся влаги.	14

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

№ п/п	Формулировка задания	Ответ
1	Какое значение принимает угловой коэффициент процесса при нагреве воздуха с неизменным влагосодержанием? 1) 0 2) ∞ 3) 1500	2
2	При выполнении какого расчета определяются размеры сушильной установки? 1) Конструктивного расчета 2) Поверочного расчета 3) Аэродинамического расчета	1
3	Что такое гигроскопическая влага? 1) Влага, которую материал способен поглотить из воздуха 2) Влага, находящаяся внутри клетки или проникающая в нее под действием односторонней диффузии 3) Влага, которую материал способен поглотить при непосредственном соприкосновении с водой	3
4	Что такое скорость витания частицы? 1) Это скорость одиночной частицы относительно стенки трубы 2) Это скорость потока, при которой одиночная частица неподвижна относительно стенки трубы 3) Это скорость потока, при которой одиночная частица переходит во взвешенное состояние	3

	4) Это скорость осаждения частицы под действием силы тяжести	
5	Влажный материал в количестве $G_1 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ с начальным влагосодержанием $U_n = 45\%$ подаётся в сушильную установку. Конечное влагосодержание высушенного материала $U_k = 5\%$. Определите количество испаряемой влаги W 1) 12 г/с 2) 6,5 г/с 3) 10 г/с	1

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 экзамена и защиты курсовой работы 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 экзамена и защиты курсовой работы

Вначале студенты выполняют тестовые задания в течение 30 минут, включающие в себя как теоретические, так и практические вопросы. Студенты, ответившие верно в отпущенное время на 50% и более вопросов, допускаются к сдаче экзамена в виде устного собеседования с преподавателем.