

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

2018 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01
 (индекс дисциплины)

Тепломассообменные процессы сушки и сушильные установки
 (Наименование дисциплины)

Кафедра **24** Промышленной теплоэнергетики
 Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль подготовки: Тепломассообменные процессы и установки

Уровень образования: Магистратура

План учебного процесса

Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		144
	Аудиторные занятия	56		16
	Лекции	28		8
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	28		8
	Самостоятельная работа	88		124
	Промежуточная аттестация	0		4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачёт	1		1
	Контрольная работа			1
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		4
Семестр		1		1

Санкт-Петербург
 2018

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования

по направлению подготовки 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

На основании учебных планов № м130401-1, zm 130401

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:



Сморозин С.Н.

(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:



Сморозин С.Н.

(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел:



Смирнова В.Г.

(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

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

Дисциплина базируется на компетенциях, сформулированных на предыдущих уровнях образования.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Теплофизика процессов сушки			
Тема 1. Свойства воздуха. Классификация сушильных установок и свойства влажного воздуха.	8		8
Тема 2. Термодинамика сушки. Термодинамический анализ процессов сушки в теоретических сушильных установках.	8		8
Тема 3. Тепловой баланс сушилки. Тепловой баланс теоретической и действительной сушильных установок.	10		10
Тема 4. Газы, как сушильный агент. Сушка материалов топочными газами	8		8
Тема 5. Связь влаги и волокон. Классификация форм связи влаги с материалом.	8		8
Тема 6. Кинетика сушки. Кинетика сушки влажных материалов	8		8
Тема 7. Динамика сушки. Тепломассоперенос и тепломассообмен в процессах сушки.	10		8
Текущий контроль 1 (Устный опрос)	2		2
Учебный модуль 2. Сушильные установки			
Тема 8. Конвективные сушилки. Конвективные установки для сушки ленточных и листовых материалов.	8		8
Тема 9. Конструкция трубы-сушилки. Пневматическая и аэрофонтанная сушильные установки.	8		8
Тема 10. Конструкция сушильного барабана. Барабанные сушильные установки.	12		12
Тема 11. Конструкция сушильной части БДМ. Многоцилиндровые контактно-конвективные установки (БДМ/КДМ)	14		14
Тема 12. Система пароснабжения. Пароконденсатные системы БДМ.	16		16
Тема 13. Вентиляция буммашины. Технологическая вентиляция БДМ.	12		14
Тема 14. ИК-сушка волокнистых материалов. Радиационно-конвективные сушильные установки.	6		6
Текущий контроль 2 (Устный опрос. Тестирование)	2		2
Промежуточная аттестация по дисциплине (Зачет)	4		4
ВСЕГО:	144		144

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

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	Классификация сушильных установок и свойства влажного воздуха	1	2			1	1
2	Термодинамический анализ. Пароконденсатные системы БДМ и КДМ	1	2			1	1
3	Тепловой баланс теоретической и действительной сушильных установок	1	2			1	1
4	Сушка материалов топочными газами	1	2			1	1
5	Классификация форм связи влаги с материалом	1	2			1	
6	Кинетика сушки влажных материалов	1	2			1	1
7	Тепломассообмен и теплообмен в процессах сушки	1	2			1	
8	Конвективные установки для сушки ленточных и листовых материалов	1	2			1	
9	Пневматические сушильные установки	1	2			1	
10	Барабанные сушильные установки	1	2			1	1
11	Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки БДМ	1	2			1	1
12	Пароконденсатные системы БДМ и КДМ	1	2			1	1
13	Технологическая вентиляция БДМ	1	2			1	
14	Радиационно-конвективные сушильные установки	1	2			1	
ВСЕГО:			28				8

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	Классификация сушильных установок и свойства влажного воздуха	1	2			1	1
2	Термодинамический анализ Пароконденсатные системы БДМ	1	2			1	1
3	Тепловой баланс теоретической и действительной сушильных установок	1	2			1	1
4	Сушка материалов топочными газами	1	2			1	1
5	Классификация форм связи влаги с материалом	1	2			1	
6	Кинетика сушки влажных материалов	1	2			1	1
7	Тепломассообмен и тепломассообмен в процессах сушки	1	2			1	
8	Конвективные установки для сушки ленточных и листовых материалов	1	2			1	
9	Пневматические сушильные установки	1	2			1	
10	Барабанные сушильные установки	1	2			1	1
11	Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки (БДМ)	1	2			1	1
12	Пароконденсатные системы БДМ	1	2			1	1
13	Технологическая вентиляция БДМ	1	2			1	
14	Радиационно-конвективные сушильные установки	1	2			1	
ВСЕГО:			28				8

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

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	Устный опрос (1,2)	1	2			1	2
	Тестирование (2)	1	1			1	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	1	42			1	62
Подготовка к практическим занятиям	1	42			1	62
Подготовка к зачету	1	4			1	4
ВСЕГО:		88				128

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. 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- <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС IPRbooks

б) дополнительная учебная литература

2. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н. Расчет и проектирование пневматической сушильной установки: учебно-методическое пособие. СПбГТУРП. СПб., 2013. 44 с. Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ
Режим доступа- <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС IPRbooks

3. 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- <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС IPRbooks

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

1. Стрельников Н.А. Энергосбережение [Электронный ресурс]: учебник/ Стрельников Н.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 174 с.

Режим доступа- <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС IPRbooks

2. Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях [Электронный ресурс]: учебное пос./ Климова Г.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 180 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
2. Специализированная учебная аудитория.
3. Специализированные учебные лаборатории

8.6. Иные сведения и (или) материалы

1. Презентации по темам практических занятий
2. Макеты узлов теплообменного оборудования

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Проблемы производства и их решение на основе содержания лекционного материала по курсу «Тепломассообменные процессы сушки и сушильные установки» изложенные в монографиях Л.М. Бойкова за 2015, 2018 г.г.
Практические занятия	Знакомство с основной и дополнительной литературой. Расчеты интенсивности теплообмена при теплопроводности, конвекции, кипении, конденсации и излучении в процессах сушки. Подготовка к зачету предполагает следующие виды работ: - работа с конспектом лекций; - подготовка ответов к тестовым заданиям.
Самостоятельная работа	Систематически прорабатывать пройденный материал и варианты расчетов, выполненные на практических занятиях в виде образца, необходимого для выполнения самостоятельных расчетов во внеаудиторное время. При подготовке к зачету необходимо проработать конспекты и рекомендуемую литературу.

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-3(1)	<p>Демонстрирует знание законов сохранения и превращения энергии, термодинамических процессов, протекающих в теплотехнических установках, законов переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам;</p> <p>Способен рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в материалах и элементах конструкции теплотехнологических установок;</p> <p>рассчитывать тепловые потоки с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения заданного температурного режима работы оборудования и минимизации тепловых потерь;</p> <p>Демонстрирует владение способами построения изображений, создания схем и эскизов, с применением компьютерных пакетов программ: основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнологического оборудования.</p>	Устное собеседование Тест	Перечень вопросов для устного собеседования (37 вопросов) Тест(22 вопроса)
ПК-7(1)	<p>Демонстрирует знание принципиальных промышленных технологических схем производства целлюлозы, бумаги и картона; основных принципов, обеспечивающих энергосбережение и экологическую безопасность производства; вопросов интенсификации теплообмена в процессах сушки;</p> <p>Способен анализировать информацию о достижениях и зарубежной науки и техники, технические данные, показатели и результаты работы, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии;</p> <p>Демонстрирует владение навыками расчетов сушильных установок с определением расходов теплоты, пара, потерь теплоты в окружающую среду и</p>	Устное собеседование Тест	Перечень вопросов для устного собеседования (37 вопросов) Тест(22 вопроса)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	определением габаритов установок.		

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач	
Не зачтено	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.	

**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	Процессы изменения состояния воздуха в сушильных установках. Угловой коэффициент	1
2	Кинетика процессов сушки влажных материалов. Расчет длительности периодов сушки волокнистого материала	6

3	Процесс смешения потоков воздуха с различными параметрами	6
4	Классификация сушильных установок. Виды теплообмена в сушильных установках. Основные уравнения теплообмена.	5
5	Схемы теоретической и действительной сушки на диаграмме. Расходы воздуха и теплоты для испарения влаги	2
6	Камерные сушильные установки. Уравнение теплового баланса	1
7	Схема сушильной установки с комбинированным подводом теплоты. Расходы воздуха и теплоты на испарение влаги	1
8	Конвективные сушильные установки непрерывного действия. Уравнение теплового баланса	1
9	Схема сушильной установки со ступенчатым нагревом воздуха. Расходы воздуха и теплоты	1
10	Конвективные установки с сопловым обдувом. Схема установки. Аэродинамика струи. Коэффициенты теплоотдачи. Потоки теплоты	8
11	Схема сушильной установки с рециркуляцией воздуха. Кратность рециркуляции	8
12	Ленточные сушильные установки. Расход теплоты на испарение влаги.	8
13	Тепловой баланс теоретической сушильной установки.	11
14	Пневматические сушильные установки. Скорость витания. Уравнение теплового баланса	9
15	Тепломассообмен при сушке влажных материалов. Уравнения тепломассообмена. Критериальные зависимости	7
16	Выражение влажности твердых материалов. Связь между относительной влажностью, влагосодержанием, абсолютной влажностью и сухостью	12
17	Повышение эффективности использования теплоты в сушильных установках. КПД сушильных установок	12
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	4
20	Схема и расчет сушильных установок, использующих продукты сгорания. Уравнение теплового баланса. Коэффициент избытка воздуха	10
21	Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки. Теплообмен на сушильных цилиндрах.	11
22	Схемы сушильных установок, использующих продукты сгорания. Расход теплоты на испарение влаги. Часовой расход топлива на сушку	11
23	Тепломассоперенос при контактной сушке бумажного полотна. Плотность массового и теплового потоков при различных режимах сушки	11
24	Кинетика цилиндрической сушки. Расчет температуры и влагосодержания бумажного полотна на цилиндрах и участках свободного хода	12
25	Изотермы сорбции и десорбции. Схемы теплоснабжения сушильных установок бумагоделательных машин	2
26	Расчет расхода испаряющейся влаги. Интенсивность сушки	11
27	Способы удаления конденсата из сушильных цилиндров	11
28	Тепломассоперенос во влажных материалах. Градиенты температуры влагосодержания и давления. Направления перемещения теплоты и влаги в материале	12
29	Расчет расхода теплоты и пара в различные периоды сушки	12
30	Молекулярный и молярный перенос теплоты и влаги.	12
31	Уравнение нестационарной теплопроводности	12
32	Схемы вентиляции сушильных установок. Тепловой баланс системы вентиляции	13
33	Тепломассообмен при сушке влажных материалов. Потенциалы переноса теплоты и влаги. Уравнения теплового и массового потоков	11

34	Расход сушильного воздуха для ассимиляции испарившейся влаги	13
35	Коэффициента теплообмена и массообмена. Критерии подобия и критериальные уравнения для определения коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи	11
36	Теплоуловители для системы вентиляции. Теплообмен при конденсации водяных паров из паровоздушной смеси. Расчет поверхности нагрева теплоуловителей	13
37	Радиационно-конвективные сушильные установки. Тепловой поток. Расчет количества испарившейся влаги	14

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

№ п/п	Формулировка задания	Ответ
1	Направление движения теплоносителей в пароводяном теплообменнике <i>не</i> влияет на величину температурного напора, потому что: ... 1. водяной эквивалент одного из теплоносителей значительно больше другого 2. скорость воды значительно ниже скорости пара 3. температура пара при конденсации не изменится 4. коэффициенты теплоотдачи с обеих сторон – величины одного порядка	3
2	В каких теплообменниках коэффициент теплопередачи практически равен коэффициенту теплоотдачи с одной из сторон $k=\alpha_r$? 1. в газо-газовых 2. в газожидкостных 3. в парожидкостных 4. в жидкостно-жидкостных	2
3	Основное преимущество <i>противоточной</i> схемы движения теплоносителей по сравнению с <i>прямоточной</i> : ... 1. температура нагреваемой среды на выходе из теплообменника стремится к температуре греющей среды на выходе 2. упрощенная формула для расчёта температурного напора 3. температура нагреваемой среды на выходе из теплообменника может превышать температуру греющей среды на выходе 4. для определения Δt_b и Δt_m нет необходимости строить температурный график	3
4	В каком процессе теплота равна нулю? 1. Изохорный 2. Изобарный 3. Изотермический 4. Адиабатный 5. Политропный	4
5	В каком процессе изменение энтропии равно нулю? 1. Изохорный 2. Изобарный 3. Изотермический 4. Адиабатный 5. Политропный	4
6	В каком цикле можно получить максимальную работу? 1. Компрессора 2. Дизеля 3. Ренкина	5

	4. Регенеративный 5, Карно	
7	Какой двигатель внутреннего сгорания более совершенен? 1. Отто 2. Дизеля 3. Тринклера	3
8	Какой тип теплообмена наиболее эффективен? 1. Теплопроводность 2. Конвективный теплообмен 3. Тепловое излучение 4. Теплопередача	3
9	При движении какой среды в трубе скорость больше? 1. Воздух 2. Вода 3. Дымовые газы 4. Насыщенный пар 5. Перегретый пар	5
10	Где КПД установки больше ? 1. Паротурбинные установки конденсационные 2. Паротурбинные установки теплофикационные 3. Газотурбинные установки 4. Парогазовые установки	2

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 45 минут, в это время входит подготовка ответов на теоретические вопросы и решение теста.