Министерство науки и высшего образования 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

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат: 7d15b88066d31dcb1847af0d7d99b718672f8b21
Владелец: Луканин Павел Владимирович
Действителен: с 11.02.2020 по 31.12.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.06.01 — *(индекс дисциплины)*

Специальные вопросы тепломассообмена в теплотехнологических процессах — *(Наименование дисциплины)*

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

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологий

Уровень образования : Бакалавриат

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	**72**		
	Аудиторные занятия	**42**		
	Лекции	14		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	28		
	Самостоятельная работа	30		
	Промежуточная аттестация			
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	7		
	Контрольная работа			
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		**2**		

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

Санкт-Петербург
2020

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 № b130301-3_20

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Смородин С.Н.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Смородин 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	X	По выбору	X	

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области:
- знаний о передаче теплоты и массы, обеспечивающих восприятие последующих учебных курсов в соответствии с уровнем образования «бакалавриат»;
- квалифицированного проведения элементарных расчетов задач теплообмена при фазовых и химических превращениях и теплогидравлики;
- использования фактического научно-технического материала курса для непрерывной мировоззренческой и методологической подготовки студентов.

1.3. Задачи дисциплины

Приобретение и творческое усвоение студентами научно-теоретических и инженерно-практических вопросов в области:
- теплообмена при фазовых и химических превращениях;
- массообмена;
- теплообменных аппаратов.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-4	способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	2

Планируемые результаты обучения

Знать:

законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы для выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

Уметь:

1) рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты;
2) рассчитывать передаваемые тепловые потоки.
3) проведить эксперименты по заданной методике и анализировать полученные результаты с привлечением соответствующего математического аппарата

Владеть:

основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.

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

- Топливо и процессы горения в теплотехнологических установках (ПК-4)
- Гидрогазодинамика теплотехнологических систем (ПК-4)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Теплообмен при кипении жидкости в большом объеме			

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Тема 1. Кипение на погруженных поверхностях: механизмы кипения и зависимости теплоотдачи от режимных параметров на теплоотдающей поверхности одиночных труб; на поверхности пучков труб; на пористой поверхности.	11		
Тема 2. Критические тепловые потоки при кипении в большом объеме: гидро динамическая модель кризиса кипения, определяющая зависимость критической тепловой нагрузки от режимных параметров процесса кипения.	11		
Текущий контроль 1 (Тестирование)	1		
Учебный модуль 2. Теплообмен при кипении жидкости в каналах			
Тема 3. Основные параметры двухфазного потока при кипении в каналах: расходные параметры, определяемые по уравнениям теплового баланса и массы; и истинные параметры, учитывающие движение потоков отдельных фаз.	11		
Тема 4. Режимы течения восходящего двухфазного потока и теплообмен в них: однофазная жидкость; пузырьковое кипение; пенное кипение, диперсно-кольцевое кипение; режим ухудшенной теплоотдачи, расчетные уравнения теплоотдачи.	11		
Тема 5. Кипение нисходящего потока в вертикальных трубах: режимы кипящей гравитационно стекающей жидкости – пузырьковый и снарядный; режимы падающей пленки – некипящей, кипящей падающей пленки, пенный; дисперсно-кольцевой.	11		
Тема 6. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах: кризисы первого и второго рода; условия, определяющие их возникновение, диаграммы критической плотности теплового потока в зависимости от паросодержания двухфазной смеси.	11		
Тема 7. Теплоотдача при кипении растворов. Зависимость теплоотдачи от концентрации раствора, температуры раствора. Градиент концентраций.	11		
Текущий контроль 2 (Тестирование)	1		
Учебный модуль 3. Теплоотдача при конденсации водяных паров			
Тема 8. Конденсация на вертикальной плоской поверхности: физика процесса; расчетное уравнение зависимости коэффициента теплоотдачи от режима течения конденсатной пленки в условиях чистого насыщенного пара и двухфазной смеси.	11		
Тема 9. Конденсация на горизонтальных трубах: физика процесса при конденсации на одиночных трубах и пучках труб; расчетное уравнение зависимости коэффициента теплоотдачи от режима течения конденсатной пленки в условиях чистого насыщенного пара и двухфазной смеси.	11		
Тема 10. Теплообмен при пленочной конденсации пара внутри труб: расчетные уравнения зависимостей коэффициента теплоотдачи от режима течения конденсатной пленки в условиях чистого насыщенного пара; влияние на теплоотдачу внешних факторов.	11		
Тема 11. Капельная конденсация: условия возникновения и факторы определяющие существование капель; основные параметры процесса, определяющие интенсивность теплоотдачи; расчетные уравнения определяющие коэффициент теплоотдачи.	11		
Тема 12. Диффузионное сопротивление при конденсации парогазовых смесей	12		
Текущий контроль 3 (Тестирование)	1		
Промежуточная аттестация по дисциплине (Зачет)	**8**		
ВСЕГО:	**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	7	1				
2	7	1				

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
3	7	2				
4	7	1				
5	7	1				
6	7	1				
7	7	2				
8	7	1				
9	7	1				
10	7	1				
11	7	1				
12	7	1				
	ВСЕГО:	**14**				

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	Определение коэффициента теплоотдачи при кипении на погруженных поверхностях	7	2				
2	Определение критических тепловых нагрузок при кипении в большом объеме	7	3				
3	Расчет теплоотдачи восходящего двухфазного потока при кипении в каналах	7	2				
4	Расчет теплоотдачи при различных режимах течения восходящего двухфазного потока	7	2				
5	Расчет теплоотдачи при различных режимах течения нисходящего двухфазного потока	7	2				
6	Расчет критических тепловых нагрузок при кипении в трубах	7	2				
7	Расчет теплоотдачи при кипении растворов	7	3				
8	Определение коэффициента теплоотдачи при конденсации на вертикальной плоской поверхности	7	2				
9	Определение коэффициента теплоотдачи при конденсации пара на горизонтальных трубах	7	2				
10	Определение коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации пара внутри труб	7	2				
11	Режимы капельной конденсации	7	2				
12	Расчет диффузионного сопротивления при конденсации парогазовых смесей	7	4				
		ВСЕГО:	**28**				

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
1,2,3	Тестирование	7	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	7	10				
Подготовка к практическим занятиям	7	12				
Подготовка к зачету	7	8				
	ВСЕГО:	**30**				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Не предусмотрено

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная [x] балльно-рейтинговая [ ]

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Ягов В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 542 c.,
Режим доступа - IPRbooks - http://www.iprbookshop.ru/33214.— ЭБС

б) дополнительная учебная литература

2. Готовский М.А., Суслов В.А. Теплообмен в технологических установках ЦБП: учеб. пособие / СПб ГТУ РП. СПб., 2013. Часть 4. - 85 с,
Режим доступа - Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ - nizrp.narod.ru/metod/kpte/3.pdf
3. Определение коэффициента гидравлического трения при движении воздуха в круглой трубе [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе №4/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 16 c.,
Режим доступа - IPRbooks - http://www.iprbookshop.ru/22900

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

1. Суслов В.А. Тепломассообмен [Текст]: учебное пособие В.А. Суслов / СПб ГТУ РП. СПб, 2006. - 119 с.: ил. 74. – Режим доступа: http//www.nizrp.narod.ru/teplomassoobmen.htm.-ЭБ ВШТЭ

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. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. 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	Освоение лекционного материала обучающимися доступно при выполнении следующих видов работ: - проработка рабочей программы - в соответствиями с целями, задачами, структурой и содержанием дисциплины; - составление конспекта лекций – кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; отмечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. При возникших затруднениях в восприятии излагаемого материала следует сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.
Практические занятия	Расчеты интенсивности теплообмена при теплопроводности, конвекции, кипении, конденсации и излучении. Выполнение расчетных заданий, решение задач по алгоритму и др. Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ: - работа с конспектом лекций; - подготовка ответов к контрольным вопросам, 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, рекомендуемую литературу и т.д.

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-4 (2)	Демонстрирует знания законов и основных физико-математических моделей переноса теплоты и массы для выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. Способен рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения нормального температурного	Устное собеседование, практическое задание	Перечень вопросов к зачету (32 вопроса) Практикоориентированные задание (10 задач)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты; рассчитывать передаваемые тепловые потоки; проведить эксперименты по заданной методике и анализировать полученные результаты с привлечением соответствующего математического аппарата Выполняет расчеты процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.		

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций
Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Задача решена верно
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины, 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. Задача не решена.

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 для зачета	№ темы
1	Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости в большом объеме.	1
2	Кривые кипения $\alpha = f(q); q = f(\Delta T)$	1
3	Локальные характеристики процесса парообразования при кипении в большом объеме.	1
4	Обобщённые переменные при кипении в большом объеме.	1
5	Обобщенные эмпирические зависимости для расчета теплоотдачи при кипении в большом объеме.	1
6	Кипение на поверхностях с пористыми покрытиями.	2
7	Теплоотдача при кипении жидкости в пучках из гладких труб.	2
8	Теплоотдача при кипении жидкости в пучках из оребренных труб.	2
9	Гидродинамическая модель кризиса кипения в большом объеме.	3
10	Основные расходные параметры двухфазного потока**.**	4
11	Основные истинные параметры двухфазного потока**.**	4
12	Обобщённые переменные при кипении восходящего обогреваемого двухфазного потока в вертикальных трубах.	5
13	Режимы течения адиабатного двухфазного потока.	5
14	Режимы течения и теплоотдача при кипении восходящего обогреваемого двухфазного потока в вертикальных трубах.	5
15	Зависимость коэффициента теплоотдачи от тепловой нагрузки и скорости циркуляции.	5
16	Основные параметры нисходящего двухфазного потока**.**	6
17	Обобщённые переменные при кипении нисходящего обогреваемого двухфазного потока в вертикальных трубах.	6

18	Режимы течения при нисходящем двухфазном потоке в вертикальных трубах.	6
19	Теплоотдача при кипении нисходящего обогреваемого двухфазного потока в вертикальных трубах.	6
20	Кризисы теплоотдачи при кипении в трубах.	7
21	Влияние концентрации раствора на интенсивность кипения.	7
22	Диффузионное термическое сопротивление при конденсации парогазовой смеси.	8
23	Фазовое термическое сопротивление при конденсации парогазовой смеси.	8
24	Термическое сопротивление конденсатной пленки при конденсации парогазовой смеси.	8
25	Зависимость коэффициента теплоотдачи при ламинарно текущей пленке конденсата.	9
26	Зависимость коэффициента теплоотдачи при турбулентно текущей пленке конденсата.	9
27	Зависимость коэффициента теплоотдачи при смешенном режиме текущей пленке конденсата.	9
28	Конденсация пара на горизонтальных пучках труб.	10
29	Теплообмен при конденсации движущегося пара внутри труб и ламинарно текущей пленке.	11
30	Теплообмен при конденсации движущегося пара внутри труб и турбулентно текущей пленке.	11
31	Капельная конденсация.	12
32	Основы теплового расчета парожидкостного испарителя	12

10.2.2. Варианты типовых контрольных заданий на зачет

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1	Рассчитать коэффициент теплоотдачи при конденсации неподвижного насыщенного пара при давлении $3 \cdot 10^{-5}$ Па на вертикальной стенке, длиной 3 м и температурой 80 ^{0}С.	$\alpha = [\rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g \cdot r/(\mu \cdot H \cdot \Delta t)]^{1/4} = [972^2 \cdot 0{,}67^3 \cdot 9{,}81 x$ $X2159000/(355 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 55)]^{1/4} = 4187\ Вт/(м^2 \cdot К)$
2	Найти коэффициент теплоотдачи при кипении воды на трубке испарителя с плотностью теплового потока $q = 2$ кВт/м^2, если вода находится при температуре насыщения с давлением $3 \cdot 10^{-5}$ Па. Наружный диаметр трубки 33 мм	$\alpha = 3{,}0 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,15} = 3{,}0 \cdot 2000^{0,7} \cdot 3^{0,15} =$ $= 724\ Вт/(м^2 \cdot К)$

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 [X] письменная [ ] компьютерное тестирование [ ] иная [ ]

10.3.3. Особенности проведения зачета

Время на подготовку 40 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи.