

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

« 28 / 09 » 2018 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.01
 (индекс дисциплины)

Новые методы интенсификации конвективного теплообмена
 (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

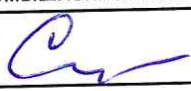
Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		144
	Аудиторные занятия	56		16
	Лекции	28		8
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	28		8
	Самостоятельная работа	88		124
	Промежуточная аттестация	0		4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачёт	3		3
	Контрольная работа			3
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		4
Семестр		3		3

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 № m130401-1, 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. 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

- в передаче студентам объёма знаний об интенсификации передачи теплоты, обеспечивающих восприятие учебных курсов в соответствии с направлением «Теплоэнергетика и теплотехника»;
- обучению студентов квалифицированно проводить расчеты задач конвективного теплообмена;
- в использовании фактического научно-технического материала курса для непрерывной мировоззренческой и методологической подготовки студентов.

1.3. Задачи дисциплины

Приобретение и творческое усвоение студентами вопросов повышения интенсивности теплоотдачи конвективного теплообмена:

- теплообмен при продольном омывании поверхности внутри каналов;
- теплообмен при продольном наружном омывании поверхности каналов;
- теплообмен при поперечном омывании поверхности теплообмена.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-1	способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки	2
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) законы и основные физико-математические модели конвективного переноса теплоты; 2) оценки работы теплотехнических и теплотехнологических установок и систем. <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) применять современные методы исследования; 2) рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок, 3) рассчитывать передаваемые тепловые потоки с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты. <p>Владеть:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) навыками проведения расчетов; 2) методиками испытаний, правилами технической эксплуатации и экологической безопасности 		
ПК- 3	способностью к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства	2
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) законы и основные физико-математические модели переноса теплоты применительно к современным методам исследования и оценки работы теплотехнических и теплотехнологических установок и систем; 2) проблемы реконструкции и модернизации энергетического оборудования объектов и сооружений теплоэнергетики; <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы; 		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	<p>- применять современные методы исследования;</p> <p>2) проводить технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений;</p> <p>3) рассчитывать передаваемые тепловые потоки с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты.</p> <p>Владеть:</p> <p>1) основами расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования;</p> <p>2) разработкой методик и организаций проведения экспериментов и испытаний, анализом их результатов;</p> <p>3) обеспечением бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, электрических и тепловых сетей, газо- и продуктопроводов;</p>	

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

Математическое моделирование теплоэнергетических систем, производственная практика П.1– ОПК-1
 Основные направления развития теплоэнергетики, теплофизические процессы сушки волокнистых материалов, Основные направления совершенствования источников и потребителей тепловой и электрической энергии – ПК-3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	Очное обучение	Заочное обучение	Заочное обучение
Учебный модуль 1 Поверхности ARPD			
Тема 1. История появления подобных ARPD поверхностей	12		12
Тема 2. Экспериментальные исследования теплоотдачи и сопротивлений цилиндрических каналов с поверхностями ARPD при турбулентном режиме: рассматриваются результаты исследований, проведенных в условиях развитого турбулентного течения.	12		12
Тема 3. Экспериментальные исследования теплоотдачи и сопротивлений олуненных плоских каналов (в том числе с несферическими трубками) при турбулентном режиме течения: рассматриваются исследования при олунении поверхности для повышения эффективности воздушного охлаждения статора электрогенератора; приводятся сопротивления ζ для базовой олуненной поверхности и сравниваются с другими рельефами поверхности. На основании опытов по теплоотдаче предлагается наивыгоднейший вариант.	12		12
Тема 4. Экспериментальные исследования теплоотдачи и сопротивлений олуненных поверхностей для охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин: показано исследование теплообмена, выполненное способом калориметрирования моделей в жидкометаллическом термостате; исследовано влияние режима течения на зависимости для гидравлического сопротивления.	12		13
Тема 5. Некоторые результаты экспериментального исследования структуры потока в лунках: исторический обзор экспериментальных исследований.	12		13
Тема 6. Исследование олуненных поверхностей методами CFD: показывается высокая эффективность подобных поверхностей в качестве интенсификаторов теплоотдачи	13		13
Текущий контроль 1 Устный опрос	1		
Учебный модуль 2 Интенсификация теплообмена			
Тема 7. Физические особенности интенсификации теплообмена для сред с высокими числами Прандтля в области перехода от ламинарного к турбулентному режиму течения: показываются результаты исследований и анализ литературного материала по теплоотдаче и сопротивлению интенсифицированных каналов с тремя типами искусственной шероховатости	13		13

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	заочное обучение	заочное обучение
– олуением, поперечной и спиральной накаткой.			
Тема 8. Преимущества каналов с искусственной шероховатостью по сравнению с гладкими каналами и каналами с крупными интенсификаторами при наличии отложений различного вида на теплообменных поверхностях: показывается, что искусственная шероховатость снижает уровень отложений за счет системы вихрей, которую они генерируют вблизи поверхности.	13		13
Тема 9. Влияние олуения на теплогидравлику при поперечном обтекании пучков труб: показывается, что интенсификация теплоотдачи порядка 20% имела место лишь для первого ряда трубок.	13		13
Тема 10. Некоторые результаты исследования влияния искусственной шероховатости на теплоотдачу и температурный режим для двухфазных потоков: показывается, что с точки зрения интенсификации теплообмена представляют реальный интерес области поверхностного кипения и закризисного теплообмена.	13		13
Тема 11. Некоторые аспекты применения олуения на поверхностях теплообмена: рассматривается интенсивность теплообмена на олуенных поверхностях при конденсации.	13		13
Текущий контроль 2 Устный опрос	1		
Промежуточная аттестация по дисциплине зачет	4		4
ВСЕГО:	144		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	3	2			3	0,5
2	3	2			3	0,5
3	3	2			3	0,5
4	3	2			3	0,5
5	3	2			3	0,5
6	3	2			3	0,5
7	3	2			3	1
8	3	2			3	1
9	3	4			3	1
10	3	4			3	1
11	3	4			3	1
ВСЕГО:		28				8

3.2. Практические 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)
2	Экспериментальные исследования теплоотдачи и сопротивлений цилиндрических каналов с поверхностями ARPD	3	4			3	0,5
3	Экспериментальные исследования теплоотдачи и сопротивлений	3	4			3	0,5

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)
	олуенных плоских каналов						
4	Экспериментальные исследования теплоотдачи и сопротивлений олуенных поверхностей для охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин	3	4			3	0,5
5	Исследования структуры потока в лунках	3	4			3	0,5
6	Исследование олуенных поверхностей методами CFD	3	2			3	1
7	Физические особенности интенсификации теплообмена для сред с высокими числами Прандтля в области перехода от ламинарного к турбулентному режиму течения	3	2			3	1
8	Преимущества каналов с искусственной шероховатостью по сравнению с гладкими каналами и каналами с крупными интенсификаторами при наличии отложений различного вида на теплообменных поверхностях	3	2			3	1
9	Влияние олуения на теплогидравлику при поперечном обтекании пучков труб	3	2			3	1
10	Исследования влияния искусственной шероховатости на теплоотдачу и температурный режим для двухфазных потоков	3	2			3	1
11	Применение олуения на поверхностях теплообмена	3	2			3	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	3	2				

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)
Подготовка к лекционным занятиям	3	42			3	62
Подготовка к практическим занятиям	3	42			3	62
Подготовка к зачету	3	4			3	4
ВСЕГО:		88				128

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий
не предусмотрено.

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. 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 с IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/33214>

2. Готовский М.А., Суслов В.А. Тепломассообмен в технологических установках ЦБП [Текст]: учебное пособие М.А. Готовский, В.А. Суслов / СПб ГТУ РП. СПб, 2013. Часть 3. - 120 с.: ил. 84. Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ <http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/3.pdf>

б) дополнительная учебная литература

3. Суслов В.А., Антуфьев С.В. и др. Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС [Текст]: учеб. пособие / В.А. Суслов, С.В. Антуфьев. СПб ГТУ РП. СПб., 2015. - 84 с: ил. 67. Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ <http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf>

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

1. Слайды.
2. Макеты отдельных элементов оборудования.
3. Образцы отдельных аппаратов.
4. Персональные компьютеры – 1 п/к на 2 студентов, программируемые микрокалькуляторы.

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

1. Издательский дом МЭИ [Электронный ресурс] URL: publish@mpei.ru, publishers.ru.
2. Электронная библиотека «КнигаФонд» [Электронный ресурс] URL: www.knigafund.ru.
3. Электронная библиотека «IPRbooks» [Электронный ресурс] URL: <http://www.iprbookshop.ru>.

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

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. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет

8.6. Иные сведения и (или) материалы

1. Презентации по темам практических занятий.
2. Стенды.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проработка рабочей программы в соответствии с целями, задачам, структурой и содержанием дисциплины; • конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. <p>Если самостоятельно не удаётся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.</p>
Практические занятия	<p>На практических занятиях разъясняются теоретические положения курса, обучающиеся овладевают навыками проведения теплотехнических расчётов, навыками сбора, анализа и обработки информации для принятия самостоятельных решений.</p> <p>Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа с конспектом лекций; • подготовка ответов к контрольным вопросам, тестовым заданиям.
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>При подготовке к зачету необходимо ознакомиться 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
ОПК-1 (2)	Демонстрирует знания законов и основных физико-математических моделей конвективного переноса теплоты; оценки работы теплотехнических и теплотехнологических установок и систем.	Вопросы для устного собеседования, тестирование	Перечень вопросов для зачета (23 вопроса) Тест (15 вопросов)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	<p>Способен применять современные методы исследования; рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок, рассчитывать передаваемые тепловые потоки с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты.</p> <p>Демонстрирует владение навыками проведения расчетов; методиками испытаний, правилами технической эксплуатации и экологической безопасности</p>		
ПК-3 (2)	<p>Демонстрирует знание законов и основных физико-математические модели переноса теплоты применительно к современным методам исследования и оценкам работы теплотехнических и теплотехнологических установок и систем; проблем реконструкции и модернизации энергетического оборудования объектов и сооружений теплоэнергетики;</p> <p>Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы; применять современные методы исследования; проводить технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений; рассчитывать передаваемые тепловые потоки с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты.</p> <p>Демонстрирует владение навыками расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования; разработки методик и организаций проведения экспериментов и испытаний, анализом их результатов; обеспечения бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, электрических и тепловых сетей, газо- и продуктопроводов;</p>	Вопросы для устного собеседования, тестирование	Перечень вопросов для зачета (23 вопроса) Тест (15 вопросов)

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

Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.
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.

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 для зачета разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов для зачета	№ темы
1	Виды интенсифицирующих поверхностей, формованных сферическими лунками	1
2	Зависимости теплоотдачи и сопротивлений цилиндрических каналов с кольцевой накаткой при турбулентном режиме.	2
3	Зависимости теплоотдачи и сопротивлений цилиндрических каналов с олуенными поверхностями.	2
4	Зависимости теплоотдачи и сопротивлений цилиндрических каналов с несферическими лунками.	2
5	Влияние геометрических показателей рельефа из сферических лунок на уровень интенсификации теплообмена.	2
6	Влияние плотности размещения лунок.	3
7	Влияние относительной глубины лунок.	3
8	Влияние относительной высоты канала над лунками.	3
9	Влияние схемы размещения (шахматное или коридорное) лунок в регулярных луночных рельефах.	4
10	Взаимное влияние противоположных трактовых поверхностей щелевого канала.	4
11	Щелевые каналы с размещением лунок только на одной из поверхностей.	4
12	Щелевые каналы с олуением обеих противоположных поверхностей.	4
13	Зависимости для теплообмена на поверхности регулярных рельефов из сферических углублений в плоском щелевом канале.	5
14	Исследование роста сопротивления на поверхности с регулярным рельефом из сферических углублений в плоском щелевом канале.	5
15	Влияние режима течения на зависимости для гидравлического сопротивления.	6
16	Вычислительные сетки.	6
17	Физические особенности интенсификации теплообмена для сред с высокими числами Прандтля	7
18	Преимущества каналов с искусственной шероховатостью	8
19	Интенсификация теплоотдачи при поверхностном кипении воды в трубах.	9
20	Интенсификация закризисного теплообмена.	10
21	Обращенный кольцевой режим.	10
22	Интенсификация теплоотдачи в закризисной зоне с помощью олуения.	11
23	Интенсификация теплообмена при конденсации.	11

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

№ п/п	Условия типовых тестовых задач	Ответ
1	$\frac{q}{r \cdot \rho'' \cdot a} \sqrt{g(\rho' - \rho'')}$ <p>а) критерий Пекле б) критерий Архимеда</p>	b

	с) критерий Рейнольдса	
2	Максимальный коэффициент теплоотдачи при капельной конденсации на поверхности из: а) стали б) меди с) серебра	b

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 к зачету 40 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и тестирование