

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов
(ФИО)

« 31 » 03 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДЭ.02.01 Интенсификация тепломассообменных процессов в
технологических агрегатах
(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника <small>(код и наименование подготовки / специальности)</small>
Направленность (профиль):	Теплоэнергетика <small>(наименование направленности (профиля) / специализации)</small>
Программа:	Магистратура <small>(бакалавриат, магистратура, специалитет)</small>
Форма обучения:	Очная, заочная <small>(очная, заочная, очно-заочная)</small>

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	2	2
Общая трудоёмкость в з.е./часах	4 / 144	4 / 144
Контактная работа (час.), в том числе:	55	12
Лекции (час.)	17	2
Лабораторные работы (час.)	-	-
Практические (семинарские) занятия (час.)	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	35	96
Курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 54	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Интенсификация тепломассообменных процессов в технологических агрегатах» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (Направленность (профиль) – Теплоэнергетика) для 2023 года приёма по очной, заочной формам обучения.

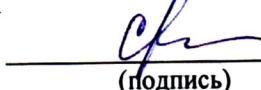
Составитель:

Доцент кафедры "Промышленная
теплоэнергетика", к.т.н., доцент


(подпись)

С.В. Гридин

Доцент кафедры "Промышленная
теплоэнергетика", к.т.н., ст. н. с.


(подпись)

Е.К. Сафонова

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Протокол от «15» 03 2023 года № 7.

Заведующий кафедрой

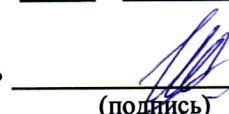

(подпись)

С.М. Сафьянц
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУ ВПО "ДОННТУ" по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Протокол от «15» 03 2023 года № 7

Председатель


(подпись)

С.М. Сафьянц
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Протокол от « » _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы интенсификации тепловых процессов в теплоэнергетических установках и аппаратах, касающиеся различных способов, методов и путей интенсификации теплообмена при течении теплоносителя в трубах и каналах и улучшения эффективности конвективных поверхностей теплообмена в реальных физических объектах, в частности, в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования и методы их инженерного анализа.

Целью дисциплины является: совершенствование теоретической и практической подготовки магистрантов в вопросах исследования процессов интенсификации тепловых процессов в теплоэнергетических агрегатах и установках.

Задачи изучения дисциплины: формирование умения формулировать и решать задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности и требующие углубленных знаний по интенсификации тепломассообмена в теплоэнергетических установках при производстве тепловой и электрической энергии; формирование целостного и хорошо структурированного представления о проблемах разработки и эксплуатации тепломассообменных аппаратов.

В результате освоения дисциплины магистр должен:

знать: научные основы и принципы процессов интенсификации тепломассообмена в теплоэнергетических установках; современные представления о поверхностях теплообмена и их эффективности при кипении и конденсации жидкости (двухфазный тепломассообмен), свободной и вынужденной конвекции, лучистом теплообмене; методы расчета эффективных поверхностей теплообмена, расчет теплообменников с развитыми поверхностями; методы интенсификации тепломассопереноса в энергоустановках; основные источники научно-технической информации о новых разработках в области интенсификации тепломассообмена;

уметь: выполнять расчет развитых энергоэффективных поверхностей теплообменников энергетических установок; анализировать различные факторы, влияющие на процесс интенсификации тепломассообмена на основе процессов кипения (конденсации) в технологических агрегатах и установках; самостоятельно анализировать процессы тепломассообмена и принимать оптимальные решения при конструировании и эксплуатации тепломассообменного оборудования;

владеть: теоретическими (расчетными) и экспериментальными методами интенсификации тепломассообмена на основе процессов кипения (конденсации) в теплоэнергетических установках.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ПК-1 Способностью использовать знания фундаментальных разделов для понимания и описания процессов в машинах и аппаратах теплотехнического оборудования, системах генерации, транспорта и потребления тепла и технологических энергоносителей

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» подготовки магистра по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленности (профиля) «Теплоэнергетика».

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: учебного плана программы бакалавриата: «Высшая математика», «Физика», «Информатика», «Химия», «Теоретическая механика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Техническая механика жидкости и газа», «Инженерные методы эксперимента и САПР», «Материаловедение и технологии металлов», «Теория сжигания и горелочные устройства», «Котельные установки промышленных предприятий», «Источники и системы теплоснабжения», «Физико-химические процессы в теплоэнергетике», «Автоматизация энергетических установок», «Теплотехнические процессы и установки», «Технологии генерации электрической и тепловой энергии», «Математические методы и модели», «Математические задачи энергетики», а также учебного плана программы магистратуры: «Тепловые и атомные электрические станции и установки», «Методология и методы научных исследований», «Методы обработки и представления результатов исследования гидродинамических и тепловых процессов в теплоэнергетике», «Промышленные и бытовые системы искусственного климата», «Современные технологии в топливно-энергетическом комплексе».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсового проекта по дисциплине «Энергосбережение при транспорте и распределении теплоты», изучении дисциплины «Оценка воздействия объектов генерации тепловой и электрической энергии на окружающую среду», «Теоретические основы энергетики возобновляемых источников», прохождении производственной практики: научно-исследовательская работа; производственной практики: технологическая; производственной практики: преддипломная практика и государственной итоговой аттестации при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ.	Лабор.	СР
Тема 1. Основные понятия интенсификации тепловых процессов.	8 / 5	1 / 0	4 / 1	0 / 0	3 / 4
Тема 2. Энергетическая эффективность различных способов интенсификации.	7 / 4	1 / 0	4 / 0	0 / 0	2 / 4

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ.	Лабор.	СР
Тема 3. Интенсификация поверхностей теплообмена за счет шероховатости.	7 / 7	1 / 0	2 / 1	0 / 0	4 / 6
Тема 4. Интенсификация теплообмена за счет изменения рельефа поверхностей.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 5. Интенсификация теплообмена за счет закрутки потока.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 6. Интенсификация конвективного теплообмена при поперечном обтекании неоребранных пучков труб.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 7. Интенсификация конвективного теплообмена при поперечном обтекании оребренных пучков труб.	5 / 8	1 / 1	2 / 1	0 / 0	2 / 6
Тема 8. Использование процессов кипения (конденсации) для интенсификации теплообмена.	3 / 7	1 / 1	0 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 9. Повышение эффективности теплообменных аппаратов.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 10. Способы интенсификации теплоотдачи в теплообменниках.	5 / 7	1 / 1	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 11. Классификация теплообменных аппаратов.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 12. Интенсификация теплообменников профилированными вставками и перегородками.	5 / 7	1 / 0	2 / 1	0 / 0	2 / 6
Тема 13. Тепловой конструктивный расчет кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с шероховатыми трубами.	5 / 7	1 / 0	2 / 1	0 / 0	2 / 6
Тема 14. Расчет теплообменного аппарата с ребристыми поверхностями нагрева.	6 / 8	2 / 1	2 / 1	0 / 0	2 / 6
Тема 15. Тепловой расчет регенеративного теплообменника с насадкой.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Тема 16. Конструктивный тепловой расчет противоточного скруббера с насадкой для охлаждения воздуха.	5 / 6	1 / 0	2 / 0	0 / 0	2 / 6
Контактная работа (дополнительная)	4 / 6				
Курсовая работа (проект)	0 / 0				
Итого по видам занятий	90 / 108	17 / 4	34 / 6	0 / 0	35 / 92
Контроль	54 / 36				
ИТОГО	144/144				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
УК-1	Тема 1, 2, 6, 7, 8
ПК-1	Темы 1-16

3.2 Лекции

Тема 1. Основные понятия интенсификации тепловых процессов.

Содержание темы 1:

Введение. Общая характеристика целей и задач интенсификации тепловых процессов. Проблема повышения эффективности теплообменных аппаратов. Основные понятия интенсификации тепломассообменных процессов. Пути реализации процессов интенсификации тепломассообмена. Физические основы процессов теплоотдачи и сопротивления при течении в каналах теплопередающих систем. Приемы и задачи интенсификации тепловых процессов. Методы интенсификации конвективного теплообмена.

Литература к теме 1: [1, 2, 3, 4]

Тема 2. Энергетическая эффективность различных способов интенсификации.

Содержание темы 2:

Понятие аналогии Рейнольдса. Связь между переносом тепла и импульсом. Случаи выполнения и нарушения аналогии Рейнольдса. Показатели энергетической эффективности. Методики сравнительной оценки эффективности конвективных поверхностей теплообмена. Удельные характеристики интенсивность процессов теплообмена. Коэффициент энергетической эффективности (критерий Кирпичева). Методика расчета показателей эффективности по принципу «при прочих равных». Соотношения для относительных показателей эффективности. Способы интенсификации тепломассообменных процессов при свободной и вынужденной конвекции в однофазной среде.

Литература к теме 2: [1, 2, 3, 4, 6]

Тема 3. Интенсификация поверхностей теплообмена за счет шероховатости.

Содержание темы 3:

Понятие эффективных теплообменных поверхностей. Цель размещения дискретной и распределенной шероховатостей. Виды дискретно-шероховатых каналов и труб. Преимущества интенсификация теплообмена в трубах с помощью выступов, образованных за счет кольцевой и винтовой накаток. Каналы с внутренним однозаходным и многозаходным винтовым пристенным оребрением. Определяющие характеристики шероховатости, проявляющиеся в процессах теплопереноса. Эффективные формы шероховатости для поверхностей теплообмена теплообменников.

Литература к теме 3: [1, 2, 3, 4, 5, 6]

Тема 4. Интенсификация теплообмена за счет изменения рельефа поверхностей.

Содержание темы 4:

Основные понятия турбулизации потока за счет турбулизаторов. Характери-

стики и параметры шероховатости поверхности. Искусственная шероховатость. Режим течения без проявления шероховатости (режим гидравлически гладких труб). Переходный режим (режим частичного проявления шероховатости). Режим с полным проявлением шероховатости (автомодельный режим). Поток и гидравлическое сопротивление в каналах с двумерной искусственной шероховатостью. Расчет теплоотдачи в шероховатых каналах в ламинарном, смешанном и турбулентном режимах течения. Формула Дипрея-Саберски определения среднего коэффициента теплоотдачи шероховатых поверхностей в режиме полного проявления шероховатости. Течение и теплообмен на поверхности со сферическими лунками. Шероховатость на поверхностях с выступами и неровностями. Абсолютная и относительная шероховатость стенки. Определение коэффициента трения для шероховатых труб при турбулентном течении. Определение коэффициент трения в областях гладкого трения, смешанного трения и в автомодельной области (область квадратичного закона сопротивления).

Литература к теме 4: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)]

Тема 5. Интенсификация теплообмена за счет закрутки потока.

Содержание темы 5:

Способы формирования закрученного потока жидкости. Классификация завихрителей. Пассивные завихрители с местной закруткой потока. Завихрители с тангенциальным формированием потока. Улиточные завихрители аксиальнолопаточного типа. Завихрители непрерывной закрутки потока по всей длине канала (протяженные завихрители). Завихрители с непрерывной закруткой потока в виде вставок в цилиндрические каналы. Использование каналов со спиральным оребрением. Завихрители с непрерывной закруткой потока в виде каналов некруглых сечений. Классификация конструкций завихрителей. Применение скрученных спиральных лент в дымогарных трубах газотрубных котлов. Критериальные соотношения для расчета конвективного теплообмена.

Литература к теме 5: [[2](#), [4](#), [6](#)]

Тема 6. Интенсификация конвективного теплообмена при поперечном обтекании неоребрённых пучков труб.

Содержание темы 6:

Особенности характера течения жидкости у поверхности трубы при поперечном обтекании для различных критериев Re . Анализ характера изменения локального коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании цилиндра. Критериальные уравнения теплоотдачи при поперечном обтекании одиночных цилиндров. Особенности теплообмена при внешнем обтекании коридорных и шахматных пучков труб потоком теплоносителя. Уравнение для расчета среднего коэффициента теплоотдачи пучка труб.

Литература к теме 6: [[2](#), [3](#), [5](#)]

Тема 7. Интенсификация конвективного теплообмена при поперечном обтекании оребрённых пучков труб.

Содержание темы 7:

Основные виды ребер и шипов для интенсификации конвективного теплообмена при поперечном обтекании оребренных пучков труб. Эффективность ребра. Теплопередача через ребристую стенку при изменении температуры ребра по его длине. Тепловой поток через плоскую стенку с односторонним оребрением. Анализ дифференциального уравнения распространения теплоты в прямом ребре постоянной толщины и его решение. Продольное ребро треугольного профиля и вогнутого параболического профиля. Радиальное ребро произвольного профиля. Определение коэффициента теплоотдачи ребристой поверхности.

Литература к теме 7: [2, 3, 5, 6].

Тема 8. Использование процессов кипения (конденсации) для интенсификации теплообмена.

Содержание темы 8:

Особенности пузырькового и пленочного режимов кипения. Пленочное кипение криогенных жидкостей при вынужденном движении. Режимы течения при кипении в вертикальных трубах: стержневой (кольцевой), снарядный, дисперсный, расслоенный. Режимы течения при кипении в горизонтальных трубах. Кипение в большом объеме. Кипение при вынужденном движении. Конденсация пара в объеме. Конденсация в трубах при вынужденном движении. Способы снижения термического сопротивления конденсата. Методы создания гидрофобных поверхностей.

Литература к теме 7: [2, 3].

Тема 9. Повышение эффективности теплообменных аппаратов.

Содержание темы 9:

Основные определения. Характеристики основных типов теплоносителей. Показатели качества теплообменных аппаратов. Показатель эффективности работы теплообменных аппаратов. Коэффициенты совершенства: технологический коэффициент полезного действия, коэффициент сохранения теплоты, коэффициент использования вторичных энергоресурсов. Оценка эффективности интенсификации теплоотдачи на основе положений теории оптимизации. Критерии оценки эффективности интенсификации при однофазной конвекции в интенсифицированных трубах и примеры их использования.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 10. Способы интенсификации теплоотдачи в теплообменниках.

Содержание темы 10:

Расчет теплового потока в теплообменном аппарате. Конструктивный и режимный способы увеличения коэффициента теплопередачи и количества теплоты, передаваемого через стенку. Формулировка правил интенсификации теплопередачи в теплообменниках. Увеличение скорости потока теплоносителя без изменения геометрии каналов и управление толщиной теплового пограничного слоя как способы увеличения коэффициента теплоотдачи. Мелкомасштабные методы

турбулизации. Искусственная шероховатость. Пассивные и активные методы интенсификации теплоотдачи.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 11. Классификация теплообменных аппаратов.

Содержание темы 11:

Классификация теплообменных аппаратов по назначению, по принципу действия, по виду материала, из которого выполнена поверхность нагрева, по способу установки на месте эксплуатации, по видам теплообмена и течений теплоносителей, по компактности, по конструктивным особенностям и функциональному назначению. Основные технические характеристики и требования к теплообменным аппаратам. Проблемы в области разработки конструкций.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 12. Интенсификация теплообменников профилированными вставками и перегородками.

Содержание темы 12:

Классификация профилированных вставок для интенсификации теплообменников. Спиральные ленты в трубах. Проволочные спиральные вставки в трубных пучках. Турбулизирующие вставки в виде диафрагмы. Вставки в виде дисков. Спиральные вставки. Трубы с внутренним оребрением. Пучки труб с внешними и внутренними ребрами и треугольными вставками. Классификация интенсифицирующих перегородок. Спиральные перегородки. Стержневые перегородки. Ячеистые перегородки. Поперечные и продольные перегородки. Сегментные перегородки. Параллельные перегородки. Инерционные, центробежные и комбинированные отбойные сепарационные устройства.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 13. Тепловой конструктивный расчет кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с шероховатыми трубами.

Содержание темы 13:

Постановка задачи теплового конструктивного расчета кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с шероховатыми трубами. Порядок расчета. Выбор оптимальной скорости теплоносителя. Определение реальной скорости движения теплоносителей и числа трубок. Расположение трубок в трубной решетке. Определение внутреннего диаметра кожуха. Определение скорости теплоносителя в межтрубном пространстве. Определение тепловой мощности теплообменного аппарата. Определение среднего температурного напора. Определение коэффициента теплопередачи. Определение поверхности нагрева. Определение размеров элементов поверхности теплообмена. Построение эскиза теплообменного аппарата и определение всех геометрических размеров. Согласование конструкторских размеров с ГОСТами и коррекция размеров. Механический расчет всех элементов. Гидравлический расчет теплообменника. Гидравлические испытания теплообмен-

ного аппарата. Подбор необходимых приборов КИПиА для контроля за параметрами теплоносителей. Расчет тепловой изоляции.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 14. Расчет теплообменного аппарата с ребристыми поверхностями нагрева.

Содержание темы 14:

Постановка задачи расчета теплообменного аппарата с ребристыми поверхностями нагрева. Порядок расчета. Решение уравнений теплового баланса. Определение коэффициента оребрения.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 15. Тепловой расчет регенеративного теплообменника с насадкой.

Содержание темы 15:

Постановка задачи теплового расчета регенеративного теплообменника с насадкой. Порядок расчета. Определение количества теплоты, передаваемой насадке. Расчет теплоты, аккумулированной насадкой с повышением температуры поверхности насадки. Определение аккумулированного насадкой количества теплоты, передаваемой теплоносителю в период охлаждения.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

Тема 16. Конструктивный тепловой расчет противоточного скруббера с насадкой для охлаждения воздуха.

Содержание темы 16:

Постановка задачи конструктивного теплового расчета противоточного скруббера с насадкой для охлаждения воздуха. Порядок расчета. Расчет активной зоны скруббера. Построение скрубберного процесса и определение расхода воды на орошение. Определение параметров воздуха на выходе из скруббера. Определение расхода воды на орошение в скруббере. Уравнение баланса по влаге. Определение расхода воды на выходе из скруббера. Определение среднего расхода воды в активной зоне. Определение текущих параметров воды и воздуха. Определение параметров воды и воздуха на границах каждой зоны. Определение среднего температурного напора между теплоносителями. Явление захлебывания насадки. Определение оптимальной скорости воздуха в скруббере. Определение диаметра активной зоны. Определение тепловой мощности скруббера. Определение коэффициентов смачиваемости насадки. Определение коэффициента теплопроводности насадки. Определение коэффициента насадки.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

3.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литера- тура
1	Основные понятия интенсификации тепловых процессов.	4/1	[1, 2, 5]
2	Расчет коэффициентов теплоотдачи цилиндрической стенки при постоянных свойствах среды. Расчет критического диаметра изоляции стенки.	4/1	[2, 3]
3	Энергетическая эффективность различных способов интенсификации. Расчет параметров повышения энергетической эффективности основных методов интенсификации.	4/0	[2, 5]
4	Интенсифицированные поверхности теплообмена. Расчет теплоотдачи в шероховатых каналах.	6/1	[2, 4]
5	Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.	6/1	[2, 5]
6	Теория подобия применительно к тепловым процессам.	4/1	[2, 7]
7	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.	6/1	[2, 7]
Итого:		34/6	

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Литера- тура
1	Лабораторные занятия не планируются.	0	

3.5 Самостоятельная работа магистранта

№ п/п	Виды самостоятельной работы магистранта	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	20/40
2	Подготовка к практическим занятиям	15/40
3	Подготовка к лабораторным работам	0/0
4	Выполнение курсового проекта	0/0
5	Выполнение курсовой работы	0/0
6	Выполнение индивидуального задания	0/12
Итого:		35/92

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не предусмотрен.

Предусмотрено выполнение индивидуального задания по дисциплине учебным планом для заочной формы обучения. Тематика индивидуального задания связана с самостоятельным выполнением расчетной работы по темам дисциплины, которые не рассматриваются на лекциях и практических занятиях и изучаются студентом самостоятельно в соответствии с [6] и с учетом специфики программ подготовки магистров. Работа, выполняемая студентом в соответствии с методическими указаниями [6] по индивидуальной работе, предназначена для использования приобретенных знаний при решении задач расчёта элемента развитой теп-

лообменной поверхности – ребра (прямого или радиального) или шипа. Требуется определить распределение температуры по высоте данной поверхности, а затем вычислить тепловой поток в его основании и оценить эффективность применения выбранной конструкции. Возможно выполнение индивидуального задания по теме, соответствующей направлению научно-исследовательской работы студентов. Конкретное направление расчётов определяется на этапе выдачи задания на выполнение индивидуальной работы.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – 18-25 страниц формата А4 (210×297 мм по ГОСТ 9327). Пояснительная записка должна содержать: титульный лист с названием работы, фамилией студента и номером варианта; лист задания, содержащий исходные данные, перечень вопросов, подлежащих разработке, сроки выполнения этапов; расчетную часть; рисунки, графики; заключение (полученные результаты и выводы); перечень ссылок и приложения (при необходимости).

Типовой срок, отводимый на выполнение индивидуального задания, составляет 4 месяца (при длительности теоретического обучения 16-18 недель). Рекомендуемый срок сдачи наступает через 100-120 дней от даты выдачи задания. Задание, как правило, выдаётся в начале семестра, а фактическое выполнение рекомендуется начинать со 2 месяца изучения дисциплины (после первоначального изучения лекционного материала).

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы/ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену

1. Основные понятия интенсификации тепловых процессов.
2. Энергетическая эффективность различных способов интенсификации.
3. Интенсифицированные поверхности теплообмена.
4. Интенсификация теплообмена за счет изменения рельефа поверхностей.
5. Интенсификация теплообмена за счет закрутки потока.
6. Интенсификация конвективного теплообмена при поперечном обтекании неоребренных пучков труб.
7. Интенсификация конвективного теплообмена при поперечном обтекании оребренных пучков труб.
8. Использование процессов кипения (конденсации) для интенсификации теплообмена.
9. Повышение эффективности теплообменных аппаратов.
10. Способы интенсификации теплоотдачи в теплообменниках.
11. Классификации теплообменных аппаратов.
12. Интенсификация теплообменников профилированными вставками и перегородками.
13. Тепловой конструктивный расчет кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с шероховатыми трубами.
14. Расчет теплообменного аппарата с ребристыми поверхностями нагрева.
15. Тепловой расчет регенеративного теплообменника с насадкой.
16. Конструктивный тепловой расчет противоточного скруббера с насадкой для охлаждения воздуха.

4.3 Пример экзаменационного билета:

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Уровень высшего профессионального образования:	магистратура (бакалавриат, специалитет, магистратура)
Направление подготовки (специальность):	13.04.01 «Теплоэнергетика и тепло- техника» (код, название)
Направленность (профиль):	«Теплоэнергетика» (название)
Семестр:	II
Учебная дисциплина:	Интенсификация тепломассообменных процессов в технологиче- ских агрегатах

БИЛЕТ № _____

1. Основные понятия интенсификации тепловых процессов.

2. Тестовый вопрос.

3. В теплообменном аппарате теплопередача от горячего теплоносителя с коэффициентом теплоотдачи $\text{Вт/м}^2\text{К}$ к холодному ($\text{Вт/м}^2\text{К}$) осуществляется через тонкую металлическую стенку. Для ускорения теплопередачи предлагаются два варианта: 1. Увеличить коэффициент теплоотдачи горячего теплоносителя до значения $\text{Вт/м}^2\text{К}$. 2. Повысить коэффициент теплоотдачи в 1,5 раза. Какой вариант более эффективен?

Утверждено на заседании кафедры	Промышленная теплоэнергетика (наименование кафедры полностью)
Протокол	№ ____ от _____.20__.
Зав. кафедрой	Сафьянц С.М. (подпись) (Ф.И.О.)
Экзаменатор	Гридин С.В. (подпись) (Ф.И.О.)

Пример тестовых вопросов к экзаменационным билетам

- Как влияет увеличение скорости газа на теплоотдачу от стенки трубы к газу:
 - 1) не изменяет её;
 - 2) уменьшает её интенсивность;
 - 3) интенсифицирует её лишь при очень больших скоростях;
 - 4) интенсифицирует её;
- Для какого ряда пучка горизонтальных труб при конденсации пара определяется коэффициент теплоотдачи?
 - 1) любого;
 - 2) второго;
 - 3) первого;
 - 4) третьего
- Для чего оребряют поверхность стенки:
 - 1) для интенсификации теплоотдачи;
 - 2) для интенсификации теплопередачи;
 - 3) для снижения теплопроводности;
 - 4) для снижения теплоотдачи.
- Коэффициент гидравлического трения зависит:
 - 1) от скорости движения жидкости;

- 2) от шероховатости внутренней поверхности трубы и режима движения жидкости;
 - 3) от плотности жидкости;
 - 4) от направления движения.
5. Интенсивность конвективного теплообмена увеличивается:
- 1) с повышением вязкости жидкости;
 - 2) с повышением скорости потока;
 - 3) с уменьшением теплопроводности жидкости;
 - 4) с уменьшением теплоемкости жидкости.
6. Как изменяется интенсивность теплоотдачи при развитии ламинарного пограничного слоя на границе с поверхностью теплообмена:
- 1) не изменяется;
 - 2) возрастает;
 - 3) убывает;
 - 4) однозначно не определено.
7. Какую из двух поверхностей стенки целесообразно оребрить:
- 1) ту, со стороны которой коэффициент теплоотдачи больше;
 - 2) ту, которая является наружной;
 - 3) ту, со стороны которой коэффициент теплоотдачи меньше;
 - 4) ту, которая является внутренней.
8. Какая температура воздуха в трубке рекуператора, если температура стенки 500°C , удельный тепловой поток 1000 Вт/м^2 , коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху $50 \text{ Вт/м}^2\text{C}$.
- 1) 480°C ;
 - 2) 520°C ;
 - 3) 400°C ;
 - 4) 640°C .
9. Определить коэффициент теплоотдачи, если $Nu=40$, диаметр цилиндрического потока 400мм , коэффициент теплопроводности газа $0,08 \text{ Вт/м }^{\circ}\text{C}$:
- 1) $8 \text{ Вт/м}^2\text{C}$;
 - 2) $16 \text{ Вт/м}^2\text{C}$;
 - 3) $24 \text{ Вт/м}^2\text{C}$;
 - 4) $32 \text{ Вт/м}^2\text{C}$.
10. Разность каких температур является движущей силой процесса теплоотдачи:
- 1) внутренней и наружной поверхностей стенки;
 - 2) стенки и пограничного слоя;
 - 3) пограничного слоя и жидкости;
 - 4) стенки и жидкости.

4.4 Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Интенсификация тепломассообменных процессов в технологических агрегатах» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового экзамена).

При определении уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

Текущий контроль знаний студентов предназначен для контроля и оценки: качества усвоения студентами теоретических разделов дисциплины; знаний, умений и навыков, полученных на практических занятиях по дисциплине; самостоятельной работы студентов.

Для студентов очной формы обучения текущий контроль знаний студента производится по результатам:

а) активности студентов во время аудиторных учебных занятий и систематической работы на протяжении семестра, правильных ответов на вопросы, адре-

сованные преподавателем студентам в ходе проведения лекционных и практических занятий;

б) контрольных опросов и самостоятельного решения типовых задач по разделам курса в ходе проведения практических занятий;

в) своевременности выполнения и защиты тематических работ индивидуальных домашних заданий (реферата);

Для студентов заочной формы обучения текущий контроль осуществляется по результатам:

а) активности студентов во время аудиторных учебных занятий, правильных ответов на вопросы, адресованные преподавателем студентам в ходе проведения лекционных и практических занятий;

б) своевременности выполнения и защиты индивидуального задания;

в) своевременности выполнения и защиты индивидуального домашнего задания (реферата);

г) своевременности выполнения и защиты индивидуального задания.

При пропуске практического занятия соответствующее задание должно быть выполнено дома и по нему должен быть представлен отдельный отчет, который подлежит защите в ходе собеседования.

Для студентов всех форм обучения при выполнении самостоятельной работы студента во внеурочное время предусмотрено самостоятельное выполнение домашнего задания в виде подготовки реферата по одной из выдаваемых преподавателем каждому студенту персонально тем, которые не рассматриваются на практических занятиях и изучаются студентом самостоятельно.

Реферат защищается студентом индивидуально, доклад обсуждается в диалоговом режиме между студентами, студентами и преподавателем. При проведении защиты индивидуального задания (самостоятельно подготовленного реферата) уровень его выполнения оценивается следующим образом:

Возможное количество баллов	Характеристика требований к результатам защиты индивидуального домашнего задания (реферата)
15-20	Представлен реферат, соответствующий установленным требованиям к его содержанию и оформлению, и знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный и дополнительные вопросы, оцениваются как отличные (с незначительным количеством неточностей) или хорошие (в случае в целом правильно выполненной работы с незначительным количеством ошибок от 10% до 15%).
13-14	Представлен реферат, соответствующий установленным требованиям к его содержанию и оформлению. Вместе с тем, отдельные из выполненных разделов заданий содержат не принципиальные ошибки. Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный вопрос, оцениваются как удовлетворительные или неплохие. При ответах на дополнительные вопросы допущены серьезные ошибки (до 30%) или результаты ответов оцениваются как удовлетворительно.
11-12	Представлен реферат, соответствующий установленным минимальным требованиям к его содержанию и оформлению. Вместе с тем, отдельные из выполненных разделов заданий содержат не принципиальные ошибки. Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный и на дополни-

Возможное количество баллов	Характеристика требований к результатам защиты индивидуального домашнего задания (реферата)
	тельные вопросы, оцениваются как достаточные (при проценте допущенных серьезных ошибок – не более 40%).
6-10	Представлен реферат, не соответствующий установленным минимальным требованиям к его содержанию и оформлению. Большинство заданий лабораторной работы и/или их разделов не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками (более 40%). Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный вопрос, оцениваются как неудовлетворительные или защита реферата студентом не проводилась (отказ от защиты). Реферат считается невыполненным и возвращается на доработку для повторной сдачи на проверку.
0-5	По содержанию и/или оформлению реферат в целом не соответствует установленным требованиям. Реферат считается невыполненным и возвращается на доработку для повторной сдачи на проверку.

Для студентов заочной формы обучения в соответствии с учебным планом предусмотрено выполнение и защита индивидуального задания.

Индивидуальное задание и отчет о его выполнении, содержащий результаты расчетов, измерений, построенные графики и др., оформляется по установленным правилам для допуска к защите. Процесс защиты предполагает:

1. Проверку преподавателем правильности и полноты выполнения отчета о выполнении индивидуального задания.

2. Выдачу студенту индивидуальных вопросов или заданий для подготовки к защите индивидуального задания.

3. Устную защиту студентом работы, включающую ответ на поставленный вопрос (задачу) и дополнительные вопросы по теме защищаемого индивидуального задания.

Индивидуальное задание защищается студентом индивидуально. При проведении защиты уровень его выполнения окончательно оценивается следующим образом:

Возможное количество баллов	Характеристика требований к результатам защиты индивидуального задания
17-22	Представлен отчет, соответствующий установленным требованиям к его содержанию и оформлению, и знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный и дополнительные вопросы, оцениваются как отличные (с незначительным количеством неточностей) или хорошие (в случае в целом правильно выполненной работы с незначительным количеством ошибок от 10% до 15%).
15-16	Представлен отчет, соответствующий установленным требованиям к его содержанию и оформлению. Вместе с тем, отдельные из выполненных разделов заданий содержат принципиальные ошибки. Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный вопрос, оцениваются как удовлетворительные или неплохие. При ответах на дополнительные вопросы допущены серьезные ошибки (до 30%) или результаты ответов оцениваются как удовлетворительно.
13-14	Представлен отчет, соответствующий установленным минимальным требованиям к его содержанию и оформлению. Вместе с тем, отдельные из выполненных разделов заданий содержат принципиальные ошибки. Знания студента, проде-

Возможное количество баллов	Характеристика требований к результатам защиты индивидуального задания
	монстрированные в ходе ответа на обязательный и на дополнительные вопросы, оцениваются как достаточные (при проценте допущенных серьезных ошибок – не более 40%).
8-12	Представлен отчет, не соответствующий минимальным установленным требованиям к его содержанию и оформлению. Большинство заданий индивидуального задания и/или их разделов не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками (более 40%). Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный вопрос, оцениваются как неудовлетворительные или защита отчета студентом не проводилась (отказ от защиты). Индивидуальное задание считается невыполненным и возвращается на доработку для повторной сдачи на проверку.
0-7	По содержанию и/или оформлению отчет по индивидуальному заданию в целом не соответствует установленным требованиям. Индивидуальное задание считается невыполненным и возвращается на доработку для повторной сдачи на проверку.

Распределение баллов текущего контроля работы студентов на протяжении семестра происходит следующим образом:

Наименование вида работ	Количество баллов		Примечание
	за каждое занятие	за семестр	
Для студентов очной формы обучения			
Текущая учебная работа (работа на лекциях)	0-0,5	0-8	Зависит от активности студента (из расчёта 17 лекционных занятий) и правильности его ответов на вопросы преподавателя.
Текущая учебная работа (работа на практических занятиях)	0-0,5	0-8	Зависит от активности студента (из расчёта 17 аудиторных занятий). Оценивается каждое занятие.
Контрольные опросы (работа на практических занятиях)	0-2	0-4	В зависимости от правильности и полноты ответов.
Решение типовых задач (работа на практических занятиях)	0-1	0-10	В зависимости от правильности и полноты решения задачи.
Текущая самостоятельная работа (подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий – подготовка реферата)	0-1	0-20	Зависит от степени готовности студента к аудиторным занятиям и качества выполнения домашних заданий
Итого:		50	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения			
Текущая учебная работа (работа на лекциях)	0-1	0-2	Зависит от активности студента и правильности его ответов на вопросы преподавателя.
Текущая учебная работа (работа на практических занятиях)	0-2	0-6	Зависит от активности студента на аудиторных занятиях
Текущая самостоятельная работа (подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий)	0-1	0-20	Зависит от степени готовности студента к аудиторным занятиям и качества выполнения домашних

Наименование вида работ	Количество баллов		Примечание
	за каждое занятие	за семестр	
– подготовка реферата)			заданий
Индивидуальное задание		0-22	Зависит от своевременности и качества выполнения индивидуального задания
Итого:		50	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДонНТУ от 02.05.2018г. № 337-14.

Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет содержит один теоретический вопрос и восемь тестовых вопросов по темам дисциплины, а также одно практическое задание. При ответе на теоретический и тестовые вопросы студент обязан не только указать возможный правильный вариант ответа, но и аргументировано обосновать свой выбор, демонстрируя свои знания по дисциплине. При решении практического задания необходимо привести верное решение, продемонстрировать умение обосновывать показатели и делать выводы.

Индивидуальное консультирование осуществляется каждую неделю по графику, который доводится до студентов в начале семестра. Групповые консультации осуществляются перед сдачей семестрового экзамена.

Максимально возможное количество баллов за правильный ответ на экзаменационный билет – 50 баллов, при этом для успешной сдачи экзамена (оценка «удовлетворительно» и выше) студенту необходимо набрать не менее 30 баллов. Максимально возможное количество баллов: за правильный ответ на теоретический вопрос - двенадцать (12) баллов, за правильные ответы на все восемь тестовых вопросов по темам дисциплины - восемь (8) баллов, за верно решенную практическую задачу – тридцать (30) баллов.

Уровень выполнения заданий экзаменационного билета оценивается следующим образом:

Количество баллов	Характеристика требований к результатам ответов на теоретический вопрос экзаменационного билета
Ответ на теоретический вопрос (1 вопрос, максимальная сумма баллов - 12)	
12	Выставляется в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).
10-11	Выставляется при полном и обоснованном ответе и наличии отдельных несущественных недостатков.
7-9	Выставляется при неполном ответе на вопрос.
4-6	Выставляется при ответе с существенными ошибками.
1-3	Выставляется при отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос.
0	Выставляется при полном отсутствии ответа.
Ответ на вопрос теста (8 вопросов, максимальная сумма баллов - 8)	

Количество баллов	Характеристика требований к результатам ответов на теоретический вопрос экзаменационного билета
1	Правильный ответ на поставленный тестовый вопрос.
0	При отсутствии правильного ответа.
Решение практической задачи (1 задача, максимальная сумма баллов - 30)	
28 - 30	студент полностью решил задачу, получил правильный ответ и привел полное его обоснование. Решение задачи на бумаге качественно оформлено, изложено в лаконичной форме, логично, последовательно и аргументированно;
25 - 27	студент получил правильный ответ, но он недостаточно обоснован (либо ответ не приведен в конце задачи) или решение задачи содержит незначительные не принципиальные неточности и исправления;
20 - 24	студент получил ответ, записал правильный ход решения задачи, но в процессе решения допустил ошибку вычислительного или логического (при обосновании) характера; допустил неточности в обозначениях;
15 - 19	студент существенно приблизился к правильному конечному результату или начал решать задачу правильно, но в процессе решения допустил ошибки в применении необходимого утверждения или формулы и в результате нашел лишь часть правильного ответа; при изложении решения задачи на бумаге допущена некоторая не последовательность;
8 - 14	студент лишь начал правильно решать задачу или начал решать ее ошибочным путем, но в дальнейшем отдельные этапы решения выполнил правильно (выполнил тождественные преобразования, решил уравнение и тому подобное); материалы решения задачи изложены на бумаге не в полном объеме, с исправлениями и имеют существенные ошибки принципиального характера;
1 - 7	выставляется в случае, если решение задачи не отвечает ни одному из вышеприведенных критериев (выбраны неверные принципы решения, задача неверно решена, ответ неправилен, отсутствуют числовые расчеты и тому подобное);
0	выставляется в случае, если студент не начал решать задачу (полное отсутствие решения) либо подменил условия задачи.
Максимальная сумма баллов - 50	

Полученные баллы за ответы на задания билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая за семестр оценка по 100-балльной шкале.

Итоговая за семестр оценка успешности студента по учебной дисциплине формируется суммированием оценок успешности студента по каждому виду работы студента:

Виды работы студента	Возможное количество баллов	
	Для студентов очной формы обучения	Для студентов заочной формы обучения
Текущая учебная работа (работа на лекциях)	8	2
Текущая учебная работа (работа на практических занятиях)	8	6
Контрольные опросы (работа на практических занятиях)	4	не предусмотрено
Решение типовых задач (работа на практических занятиях)	10	не предусмотрено
Текущая самостоятельная работа (выполнение и защита домашнего задания - реферата)	20	20
Индивидуальное задание	не предусмотрено	22

Виды работы студента	Возможное количество баллов	
	Для студентов очной формы обучения	Для студентов заочной формы обучения
Задания итогового контроля (экзамен)	50	50
Всего	100	100

Перевод итоговой за семестр оценки успешности студента по учебной дисциплине из 100-балльной шкалы в оценку по национальной шкале и по шкале ECTS осуществляется в соответствии со шкалой соответствия, приведенной в «Положении об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДОННТУ от 02.05.2018 г. №337-14:

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по шкале ECTS	Оценка по национальной шкале
90-100	A	отлично
80-89	B	хорошо
75-79	C	
70-74	D	удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	неудовлетворительно с возможностью повторной сдачи
1-34	F*	неудовлетворительно с обязательным повторным изучением дисциплины

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.5 Пример контрольного опроса на практических занятиях

Вопросы контрольного опроса на примере темы 2 «Энергетическая эффективность различных способов интенсификации»:

1. Перечислите способы интенсификации процесса теплообмена.
2. Какие теплоносители используются для нагрева и охлаждения?
3. Какие конструкции теплообменных аппаратов применяются в химической промышленности?
4. Каким способом можно повысить коэффициент теплоотдачи движущегося теплоносителя в трубном и межтрубном пространствах?
5. Для какого теплоносителя целесообразно повышать коэффициент теплоотдачи и почему?

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.6 Примерные темы рефератов по дисциплине

1. Методы интенсификации процессов теплообмена при конденсации пара в поверхностных и контактных теплообменниках.
2. Интенсификация процессов конвективного теплообмена в промышленных циклонных секционных нагревательных устройствах.

3. Интенсификация процессов теплообмена при турбулентном течении теплоносителей с постоянными теплофизическими свойствами в каналах трубчатых и пластинчатых теплообменников.
4. Интенсификация процессов теплообмена при турбулентном течении теплоносителей с постоянными теплофизическими свойствами в кольцевых каналах с турбулизаторами на внутренней трубе.
5. Интенсификация теплообмена при поверхностном кипении воды в трубах с кольцевыми турбулизаторами.
6. Интенсификация процессов теплообмена в тепломассообменных аппаратах контактного типа за счет сеточного экранирования стекающей водяной пленки.
7. Методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах.
8. Интенсификация теплообмена при вынужденном течении одно- и двухфазных теплоносителей в каналах.
9. Интенсификация теплообмена при однофазном течении теплоносителей в каналах.
10. Методы интенсификации теплообмена при кипении.
11. Интенсификация теплообмена при капельной конденсации водяного пара.
12. Интенсификация теплообмена при капельной конденсации водяного пара за счет искусственной вибрации поверхности теплообмена.
13. Интенсификация теплообмена при двухфазном течении теплоносителя в каналах при пленочном кипении.
14. Интенсификация теплообмена в продольно и поперечно обтекаемых пучках труб.
15. Интенсификация теплообмена в двухфазном течении в каналах при поверхностном пузырьковом кипении.
16. Интенсификация теплообмена при пленочной конденсации на наружной поверхности вертикальных и горизонтальных труб.
17. Интенсификация теплообмена за счет применения шероховатых поверхностей.
18. Интенсификация теплообмена при закрутке потока в пучках витых труб.
19. Интенсификация межканального перемешивания теплоносителя в пучках витых труб.
20. Интенсификация теплообмена в тепловых трубах.
21. Влияние высоты и шага размещения турбулизаторов на интенсификацию теплообмена в трубе.
22. Интенсификация теплообмена в продольно омываемом пучке труб с поперечными ребрами.
23. Интенсификация конвективного теплообмена искусственной шероховатостью.
24. Интенсификация теплообмена при кипении за счет низкотеплопроводных и пористых покрытий.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Трошин, А. Ю. Интенсификация теплообмена в энергоустановках. В 2 частях. Ч.2 : сборник задач / А. Ю. Трошин, Д. А. Коновалов. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 178 с. — ISBN 978-5-7731-0686-9 (ч.2), 978-5-7731-0684-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/93259.html>

II Дополнительная литература

2. Дюкова, И. Н. Тепломассообмен. Экспериментальное исследование характеристик теплообмена: учебное пособие для студентов направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. - Лань : ЭБС. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. — 32 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71868> — Загл. с экрана.
3. Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах : практикум / В. В. Шалай, А. Г. Михайлов, П. А. Батраков [и др.]. [Электронный ресурс] — Омск : Омский государственный технический университет, 2015. — 120 с. — ISBN 978-5-8149-2126-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58098.html> — Загл. с экрана.
4. Деменок, С. Л. Теплообмен и гидравлическое сопротивление в трубах и каналах : учебное пособие / С. Л. Деменок. — Санкт-Петербург : Страта, 2018. — 306 с. — ISBN 978-586983-099-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88774.html>

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

5. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплинам «Интенсификация тепловых процессов», «Интенсификация тепломассообменных процессов в технологических агрегатах» [Электронный ресурс] : для студентов направления подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (магистерская программа «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции», «Энергетический менеджмент») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. промышленной теплоэнергетики; сост.: С. В. Гридин – Электрон. дан. (1 файл). — До-нецк : ДОННТУ, 2023. — Систем. требования: Acrobat Reader. http://kpt.fmt.donntu.ru/sites/default/files/17_b1v9_p_st_123.pdf
6. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов по дисциплинам «Интенсификация тепломассообменных процессов в технологических агрегатах» и «Интенсификация тепловых процессов» [Электронный ресурс] : для

обучающихся уровня профессионального образования «магистратура» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (магистерские программы «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции, «Энергетический менеджмент») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Кафедра промышленной теплоэнергетики; сост.: С. В. Гридин – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2023. – 29 с. – Систем. требования Acrobat Reader. http://kpt.fmt.donntu.ru/sites/default/files/17_b1v9_s_st_123.pdf

7. Методические указания к выполнению индивидуальной работы по дисциплинам «Интенсификация тепломассообменных процессов в технологических агрегатах» и «Интенсификация тепловых процессов» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (магистерская программа «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции», «Энергетический менеджмент») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. промышленной теплоэнергетики; сост.: С.В. Гридин, Ю.А. Боев, Е.К. Сафонова, Д.Л. Безбородов. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк: ДОННТУ, 2023. – Систем. требования: Acrobat Reader. http://kpt.fmt.donntu.ru/sites/default/files/17_b1v9_r_st_123.pdf
8. Гридин, С. В. Интенсификация тепловых процессов в ТЭУ : конспект лекций по курсу [Электронный ресурс] : для студентов специальностей: Тепловые электрические станции, Теплоэнергетика дневной и заочной форм обучения / Сост. С.В. Гридин. – (1,06 Мб). - Донецк : ГВУЗ "ДонНТУ", 2013. - 52с. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/k900.pdf> - Загл. с экрана.

Электронно-информационные ресурсы
ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

Internet-ресурсы

- И1. Материалы по курсу Тепломассообмен (курсы лекций и программы экзаменов). - Кафедра инженерной теплофизики Московского энергетического института - <http://www.itf-mpei.ru/library/lection-examination/tmo/>
- И2. Расчет теплоотдачи по критериям подобия. - <http://msd.com.ua/osnovy-energoberezeniya-i-energoaudita/raschet-teplootdachi-po-kriteriyam-podobiya/>
- И3. База естественно-научного цикла по тепломассообмену. - http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_natural-science_8.html
- И4. Учебная литература по тепловым и массообменным процессам. - <http://www.k204.ru/uchebniki.htm>
- И5. Справочная информация по тепломассообмену. - <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-4/index.htm>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория (лаборатория) №5.151 учебный корпус 5 для проведения занятий **лекционного типа**, групповых и индивидуальных консультаций, те-

кущего контроля (специализированная мебель: доска аудиторная, столы преподавателя и аудиторные, стулья преподавателя и аудиторные, шкафы; мультимедийное оборудование: переносной компьютер (notebook) HP ProBook6560B (операционная система Linux Ubuntu 12.04 LTS (GNU GPL), LibreOffice 3.4.3 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) Toshiba Sattelite 1805 (операционная система Linux Xubuntu 12.04.1 LTS (GNU GPL), Abiword 2.9.2 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) ASUS X-51L (операционная система Linux Ubuntu 10.04 LTS (GNU GPL), OpenOffice.org 2.4 (GNU GPL)), аудиокolonки F&D, аудиокolonки Teac 80W, кодоскоп ПОЛИЛЮКС (2 шт.), переносной мультимедийный проектор OPTOMA EP774, переносной экран (2 шт.); оборудование: вольтметр М-381, компрессор универсальный УК-2, кондиционер воздуха Азербайджан-4м (макет), лабораторная установка для изучения процессов теплопередачи, лабораторная установка «Исследование коэффициента теплоотдачи», лабораторная установка исследования теплопроводности, лабораторная установка «Исследование теплопроводности - ТМО 1б», лабораторная установка ТМО 2А, лабораторная установка ТМО 2б, лабораторная установка ТМО 3А, микровольт-микроамперметр Ф 116/2, потенциометр КСП-4/ЭПП-09 (3 шт.), прибор определения коэффициента теплопроводности ИТ-3, пылесос Буран-3, регулятор напряжения РНШ Э-378 (4 шт.), сетевой фильтр удлинитель, трансформатор «Латр-2М», электроплатенце; комплект переносного оборудования (газоанализатор МАК-2000М; газоанализатор W-TEST-8200, толщиномер ультразвуковой ТТ 100, комплект расходомериста Лебедь КР 01, комплект для поиска скрытых коммуникаций LKZ-700, токоизмерительные клещи ВМ 151, дальномер лазерный Disto D3а, термометр контактный ТК-5.11 с зондом, толщиномер ультразвуковой ТУЗ-1, люксметр ТЕС 0693, пирометр ЭПiR-632, шумомер DB 100, прибор многофункциональный АМІ 300 CLA (определение параметров окружающей среды), фотоаппарат CANON EOS-450D в комплекте, фотоштатив Continent B1 Н=420-1300 мм.); учебно-наглядные пособия: комплект информационных учебно-наглядных пособий в соответствии с видом учебной деятельности; набор учебных видеофильмов в цифровом формате по моделированию процессов и явлений в системе ANSYS: «Моделирование теплового состояния помещения», «Моделирование теплообменника», «Основные принципы моделирования горения», «Численное решение задач гидродинамики», «Численное моделирование вихревого течения жидкой среды», «Численное моделирование процесса перемешивания жидкости», «Численное моделирование структуры турбулентного пограничного слоя» и др.).

2. Учебная аудитория (компьютерный класс) №5.153 учебный корпус 5 для проведения **практических занятий** (специализированная мебель: доска аудиторная, столы преподавателя и аудиторные, стулья преподавателя и аудиторные, шкафы; мультимедийное оборудование: экран стационарный ЭЛ-4; переносной компьютер (notebook) HP ProBook6560B (операционная система Linux Ubuntu 12.04 LTS (GNU GPL), LibreOffice 3.4.3 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) Toshiba Sattelite 1805 (операционная система Linux Xubuntu 12.04.1 LTS (GNU GPL), Abiword 2.9.2 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) ASUS X-51L (операционная система Linux Ubuntu 10.04 LTS (GNU GPL), OpenOffice.org 2.4

(GNU GPL)), аудиоколонки F&D, аудиоколонки Теас 80W, кодоскоп Полилюкс (2 шт.), переносной мультимедийный проектор OPTOMA EP774, переносной экран (2 шт.); оборудование: HUB TP 1008C; стационарные компьютеры: на базе IntelCore 2Duo (Dual Core) – 2 шт.; на базе Intel Celeron – 4 шт. (программное обеспечение: операционная система Linux Ubuntu 12.04 LTS (18.04 LTS) (GNU GPL), LibreOffice 3.4.3 (LibreOffice 5.3.4) (GNU GPL), GIMP (GNU GPL), AVIDEMUX (GNU GPL), GNU PSPP (GNU GPL)), копировальный аппарат Canon FC-224/226, принтер HP LJ 1200, принтер Canon LBP 810; комплект переносного оборудования (газоанализатор МАК-2000М; газоанализатор W-TEST-8200, толщиномер ультразвуковой ТТ 100, комплект расходомериста Лебедь КР 01, комплект для поиска скрытых коммуникаций LKZ-700, токоизмерительные клещи ВМ 151, дальномер лазерный Disto D3a, термометр контактный ТК-5.11 с зондом, толщиномер ультразвуковой ТУЗ-1, люксметр ТЕС 0693, пирометр ЭПиR-632, шумомер DB 100, прибор многофункциональный АМІ 300 CLA (определение параметров окружающей среды), фотоаппарат CANON EOS-450D в комплекте, фотоштатив Continent B1 Н=420-1300 мм.); учебно-наглядные пособия: комплект информационных учебно-наглядных пособий в соответствии с видом учебной деятельности).

3. Помещения для **самостоятельной работы** с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPR Smart), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.