

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



С.Т. Князев

4 февраля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
М.1.22 (по УП)	Теория теплотехнических процессов

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа <i>Металлургия</i>	Код ОП 22.03.02/33.02
Направление подготовки <i>Металлургия</i>	Код направления и уровня подготовки 22.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Швыдкий Владимир Серафимович	д.т.н., профессор	профессор	Теплофизика и информатика в металлургии
2	Шаврин Владимир Сергеевич	к.т.н., доцент	доцент	Теплофизика и информатика в металлургии

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Протокол № 2-01 от 23.01.2020г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ



Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «ТЕОРИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Теория теплотехнических процессов» изучается студентами в рамках траектории «Теплофизика, автоматизация и экология металлургических печей», направлен на приобретение навыков математического описания теплофизических процессов типовых технологий металлургии и теплоэнергетики, анализа связей закономерностей теплообмена и технико-экономических показателей работы агрегатов, подробное изучение процессов газодинамики типовых металлургических агрегатов и установок теплоэнергетики и включает дисциплины «Газодинамика в металлургических агрегатах», «Теория и практика теплогенерации», «Тепло- и массообмен».

Компетенции, приобретаемые при изучении этого модуля, необходимы как при подготовке к научно-исследовательскому, так и к производственно-технологическому виду деятельности.

При реализации дисциплин модуля используется проектная технология обучения, проблемное обучение, групповая работа, исследовательские методы. Целью изучения модуля является знакомство обучающихся с процессами тепломассообмена в типовых металлургических переделах, а также с подходами к их математическому описанию.

Дисциплины модуля могут быть реализованы в смешанной и традиционной технологии. Реализация дисциплин модуля с использованием смешанной технологии обучения предполагает применение разработанных электронных ресурсов, имеющих статус ЭОР УрФУ и размещенных на образовательной платформе УрФУ, включая учебные пособия, презентации, задания и тесты.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1.	Газодинамика в металлургических агрегатах	3 з.е./108 час.	Зачет
2.	Теория и практика теплогенерации	3 з.е./108 час.	Зачет
3.	Тепло- и массообмен	8 з.е./288 час	Зачет; Экзамен
ИТОГО по модулю:		14 з.е./ 504 час.	

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Основы профессиональных исследований
Постреквизиты и корреквизиты модуля	Конструкции металлургических агрегатов Тепловая работа и проектирование элементов металлургических агрегатов

Теория и практика управления металлургическими процессами
 Проблемы экологии и энергосбережения в металлургии

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Изучение дисциплин модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Газодинамика в металлургических агрегатах	ПК 16 – Способен на основе анализа теплотехнических процессов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, связанные с газодинамическими процессами в металлургических процессах; <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать статистические методики для обработки и обобщения результатов экспериментов или численного моделирования процессов газодинамики; <p><i>Иметь опыт/Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами интенсификации газодинамических процессов в промышленных печах
Теория и практика теплогенерации	ПК 15 – Способен осуществлять теплотехническое сопровождение основных и вспомогательных операций при производстве и обработке черных и цветных металлов	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основы теории горения топлива и генерации тепловой энергии из различных источников; – классификацию и конструкции топливосжигающих устройств; – классификацию топлив и их физические и химические свойства. <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать тепловые режимы металлургических агрегатов, обеспечивающую эффективную реализацию конкретного технологического процесса; <p><i>Иметь опыт/Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами анализа энергоэффективности применения различных видов топлива и способов теплогенерации.
Тепло- и массообмен	ПК 16 – Способен на основе анализа теплотехнических	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, связанные с теплофизическими процессами в металлургических

	<p>процессов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию</p>	<p>процессах;</p> <p>Умения:</p> <p>– использовать статистические методики для обработки и обобщения результатов экспериментов или численного моделирования процессов тепломассопереноса;</p> <p>Иметь опыт/Владеть:</p> <p>– методами интенсификации тепломассообменных процессов в промышленных печах</p>
--	---	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной, очно-заочной и заочной формах.

2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН МОДУЛЯ

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1 ГАЗОДИНАМИКА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 1 ГАЗОДИНАМИКА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ

1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Смешанное обучение с использованием онлайн-курса;
- Исключительно электронное обучение с использованием онлайн-курса.

1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине 1

Таблица 1.2

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК 16 – Способен на основе анализа теплотехнических процессов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, связанные с газодинамическими процессами в металлургических процессах; <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать статистические методики для обработки и обобщения результатов экспериментов или численного моделирования процессов газодинамики; <p>Иметь опыт/Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами интенсификации газодинамических процессов в промышленных печах;

1.3. Содержание дисциплины 1

Таблица 1.3

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Основные понятия и характеристики теории газодинамики в металлургических агрегатах	Роль процессов теории газодинамики в металлургических агрегатах Современное состояние и перспективы развития инженерных направлений в газодинамике Средства автоматизации решения задач газодинамики в металлургических агрегатах.
P2	Уравнения движения жидкости и газа	Напряжение в движущейся жидкости. Соотношения между напряжениями и скоростями деформации для ньютоновских жидкостей. Баланс импульса. Уравнения Навье-Стокса и

		<p>граничные условия. Различные формы записи уравнений Навье-Стокса при описании движения газа в металлургических печах.</p> <p>Примеры решения уравнений Навье-Стокса: ламинарное течение между параллельными пластинами и в круглой трубе постоянного диаметра. Коэффициенты Кориолиса и Буссинеска.</p> <p>Уравнение Бернулли как следствие потенциальности течения. Уравнение Бернулли для линии и трубки тока. Запись уравнения в относительных давлениях применительно к движению газа в металлургических печах. Примеры течений без трения: истечение жидкости (газа) из сосуда через короткий насадок, измерение скорости потока трубкой Пито, обтекание цилиндрических тел.</p>
P3	Основы теории подобия и размерностей	<p>Значение теории подобия. Геометрическое подобие. Динамическое подобие. Числа подобия (Струхала, Фруда, Эйлера, Рейнольдса) и их физический смысл.</p> <p>Анализ размерностей параметров механики жидкости и газа, π-теорема. Получение чисел гидродинамического подобия методом анализа размерностей, определяющие и определяемые числа подобия. Автомодельность. Основные принципы физического моделирования металлургических печей и установок. Зависимость степеней свободы</p>
P4	Возникновение турбулентности и турбулентные касательные напряжения	<p>Физические основы передачи теплоты теплопроводностью: закон Фурье, коэффициент теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Краевые условия. Методы расчёта расхода теплоты.</p> <p>Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме. Передача теплоты теплопроводностью через стенку. Теплоотдача стенок с источниками теплоты. Теплоотдача стержней.</p>
P5	Течение жидкости и газа в пограничном слое	<p>Общие свойства пограничных слоев. Уравнения движения в пограничном слое. Характерные толщины пограничного слоя.</p> <p>Решение Блазиуса для ламинарного пограничного слоя, другие решения. Турбулентный пограничный слой на плоской поверхности. Локальные коэффициенты трения. Влияние кривизны границы и градиента давления. Отрыв пограничного слоя.</p> <p>Приближенные методы анализа установившихся пограничных слоев. Использование интегрального метода им-пульса Кармана для</p>

		анализа течений в пограничном слое.
P6	Истечение газов из сопел и отверстий	<p>Общая постановка задачи. Истечение несжимаемого газа. Характеристика изоэнтропического истечения сжимаемого газа. Режимы истечения газов. Анализ совмещенных уравнений Бернулли и сплошности. Течение газа в сужающихся и расширяющихся каналах при больших давлениях. Критическое сечение. Расчет параметров истекающего газа и газодинамические функции при изоэнтропическом процессе. Работа сопла Лавеля при изоэнтропическом процессе. Область применения формул для несжимаемого газа и примеры расчетов течения. Истечение водяного пара. Турбулентные газовые струи</p> <p>Пристеночная и свободная турбулентность. Общность математического описания закономерностей течения в пограничном слое и развития аэродинамически свободной струи. Значение струйного движения в металлургической теплотехнике. Динамика плоской струи. Характерные участки, параметры. Уравнение сохранения количества движения, закономерности изменения толщины и осевой скорости.</p> <p>Функция подсоса, профили скорости. Осесимметричная струя, коэффициент перемежаемости. Ограниченные и полуограниченные струи; взаимодействия друг с другом и с поверхностью металла и стенок рабочего пространства печей. Соударение и перемешивание струй, турбулентные струи, развивающиеся в спутном потоке.</p> <p>Математическое моделирование движения газов в рабочем пространстве металлургических печей с учетом развития турбулентных струй.</p> <p>Физическое моделирование движения газов в топливосжигательных устройствах.</p>
P7	Струйная инжекция	<p>Сущность инжекции. Уравнение инжекции. Конструктивные параметры инжекторов. Составление характеристики инжектора и экспериментальная проверка уравнения инжекции. Оптимальные параметры инжекторов. Область применения инжекторов, расчет инжекторов для инжекционных горелок и для усиления тяги дымовых труб.</p>
P8	Особенности движения газов в печах и устройства, приводящие газы в движение	<p>Движение газа в рабочем пространстве печи. Циркуляция, ее организация. Уравнение Бернулли для неизотерических протоков. Правило деления потоков и область его применения. Закономерности</p>

		<p>распределения потоков в боровах и каналах регенераторов металлургических печей. Выбивание и подсос газов.</p> <p>Приведение в движение газов в печах. Тяга дымовой трубы. Работа и расчет дымовой трубы.</p> <p>Вентиляторы и дымососы, их устройство и теоретические основы работы. Связь производительности, давления и потребляемой мощности с окружной скоростью рабочего колеса. Работа вентилятора и сети. Регулирование расходов газа.</p> <p>Последовательная и параллельная работа вентиляторов.</p> <p>Подбор вентиляторов.</p>
--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГАЗОДИНАМИКА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ»

Электронные ресурсы (издания)

1. Сборщиков, Г.С. Современные проблемы металлургии и материаловедения : гидродинамика и массообмен в многофазных системах металлургии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.С. Сборщиков, С.И. Чибизова. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2016. — 141 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93667>.
2. Арутюнов, В.А. Теплофизика и теплотехника: Теплофизика: Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Арутюнов, С.А. Крупенников, Г.С. Сборщиков. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2010. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2083>.
3. Герасимов, Ю.В. Исследование потока жидкости и газа при движении вблизи свободной поверхности тела: метод. указания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Герасимов, Г.К. Каретников, М.Б. Пылова. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 40 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58543>
4. Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2012. — 468 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59637>.
5. Глазков, В.В. Техническая газодинамика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Глазков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 108 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107284>.
6. Карпов, К.А. Прикладная гидрогазодинамика [Электронный ресурс] : 2018-07-12 / К.А. Карпов, Р.О. Олехнович. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 100 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107938>.

Печатные издания

Не предусмотрено

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://www.journals.cambridge.org> — база данных Cambridge Science, Technology & Medicine (STM) Journal, Cambridge University Press

<http://search.ebscohost.com> – база данных Academic Search Complete, компания EBSCO

publishing

<http://apps.webofknowledge.com> — база данных Web of Science SCI (WOS), компания Thompson Reuters.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://library.urfu.ru> – сайт зональной научной библиотеки УрФУ, портал мультимедийных ресурсов;

<http://elibrary.ru> – E-Library, научная электронная библиотека

2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ГАЗОДИНАМИКА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Лекции; Практические занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;	г. Краснотурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 10, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная мебель на 24 рабочих мест. Рабочее место преподавателя (стол, стул). Компьютер LINKHome 312 -16 ш. Монитор AOC 21.5” E2270SWDN/(01) 5msDVI 1920x1080-16 шт. Проектор. Epson EH-TW610 МФУ лазерное. Kyocera ECOSYS M2835dw Доска учебная. Интерактивная доска Classic Solution Dual Touch V 102. Коммутатор D-Link DES-1212D/E. Кондиционер LG LS-K 1860HL. Кондиционер LG LS-K 2460HL.	"Операционная система Windows 7 – корпоративная лицензия, срок действия - б/с; Браузер Google Chrome – свободное ПО; MS Office 2013 – корпоративная лицензия, срок действия – б/с. Mozilla Firefox – свободное ПО; 7-Zip – свободное ПО; Adobe Reader XI – свободное ПО; Nitro Pro 8; StarBoard Software 9.4; Microsoft Project профессиональный; LiteManager Pro – Server: ДИТ; ; Компас - 3D, версия 15 - лицензия ЧЦ-14-00124 от 04.06.2014 - бессрочно; SolidWorks Education Edition (SWEE) с дополнительным модулем SWE-PDM - лицензия № L010413-80M от 13.02.2014; PTC Mathcad Education - University Edition договор 43-12 199-2013 от 23.04.2013; Matlab R2015a + Simulink от 31.07.2014; Qform 2D/3Dx32 - лицензия № 34-2012-KB от 06.03.12; Visual Studio договор 43-12/1670-2017 от 01.12.2017; Autodesk AutoCAD16 - бесплатная образовательная лицензия на 3 года.

	<p>Лекции; Практические занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;</p>	<p>г. Краснотурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 74, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная мебель на 50 рабочих мест. Рабочее место преподавателя (стол, стул) Доска учебная меловая. Epson EB-X9LCD 2500lm Экран Projecta Rro RroSCREEN 213*280 Компьютер i5-3470 Кондиционер LG</p>	<p>"Операционная система Windows 7 – корпоративная лицензия, срок действия - б/с; Браузер Google Chrome – свободное ПО; MS Office 2013 – корпоративная лицензия, срок действия – б/с. Mozilla Firefox – свободное ПО; 7-Zip – свободное ПО; Adobe Reader XI – свободное ПО; Nitro Pro 8; StarBoard Software 9.4; Microsoft Project профессиональный; LiteManager Pro – Server: ДИТ;</p>
--	--	---	---

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 2 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 2 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ

1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Смешанное обучение с использованием онлайн-курса;
- Исключительно электронное обучение с использованием онлайн-курса.

1.2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Таблица 1.2

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК 15 – Способен осуществлять теплотехническое сопровождение основных и вспомогательных операций при производстве и обработке черных и цветных металлов	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основы теории горения топлива и генерации тепловой энергии из различных источников; – классификацию и конструкции топливосжигающих устройств; – классификацию топлив и их физические и химические свойства. <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать тепловые режимы металлургических агрегатов, обеспечивающую эффективную реализацию конкретного технологического процесса; <p>Иметь опыт/Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами анализа энергоэффективности применения различных видов топлива и способов теплогенерации.

1.3. Содержание дисциплины

Таблица 1.3

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Теплогенерация при выделении химической энергии органического топлива	Место и роль данного курса среди других дисциплин. Задача курса, общая характеристика содержания. Порядок контроля усвоения материала. Общие сведения о составах и свойствах твердых жидких и газообразных топлив. Модели горения

		<p>твердого, жидкого и газообразного топлива. Принципы и методы сжигания топлив различного агрегатного состояния. Методика расчета горения твердого топлива. Методика расчета горения жидкого топлива. Методика расчета горения газообразного топлива. Понятия о температуре горения и методы ее расчета на основе составления теплового баланса процесса горения.</p> <p>Основы теории горения топлива. Горение твердого топлива. Горение жидкого топлива. Горение газообразного топлива. Общие характеристики горения газообразного топлива.</p>
P2	Топливосжигающие устройства тепловых агрегатов	<p>Терминология, понятия и определения. Классификация топливосжигающих устройств и общие принципы их выбора и расчета. Газовые горелки. Жидкотопливные горелки (форсунки). Устройства для сжигания твердого топлива. Общие принципы выбора и расчета топливосжигающих устройств. Газовые горелки без предварительного перемешивания топлива и воздуха. Горелки с частичным внутренним перемешиванием топлива и воздуха. Горелки с полным предварительным перемешиванием топлива и воздуха. Горелки с регулируемыми характеристиками факела.</p> <p>Современные направления в развитии конструкций газовых горелок (рекуперативные, регенеративные, скоростные горелки). Жидкотопливные форсунки низкого давления. Форсунки высокого давления, Механические форсунки.</p>
P3	Теплогенерация при использовании электрической энергии	<p>Физико-химические основы экзотермических реакций. Теплогенерация в технологических процессах черной металлургии. Теплогенерация в технологических процессах цветной металлургии. Физические основы превращения электрической энергии в тепловую. Принцип расчета электрических нагревателей. Требования к материалам нагревателей. Металлические нагреватели. Металлокерамические нагреватели. Карборундовые нагреватели. Использование технологических материалов в качестве электрического сопротивления. Электронагрев в жидких средах.</p> <p>Физические основы электромагнитной теплогенерации. Конструкции и принцип расчета индукторов. Установки для поверхностной закалки. Установка для сквозного нагрева.</p> <p>Теоретические основы возникновения электрической дуги. Особенности дуги переменного и постоянного тока. Электрическая дуга как источник тепловой энергии. Особенности горения дуги в вакууме. Промышленное использование электродуговой теплогенерации.</p> <p>Теоретические основы образования плазмы.</p>

		Процессы происходящие в плазме. Принцип действия плазмотронов. Промышленное использование плазменной теплогенерации. Теоретические основы электро-лучевой теплогенерации. Формирование электронного луча. Принцип действия электронных пушек. Промышленное использование электро-лучевой теплогенерации.
--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ

Электронные ресурсы (издания)

1. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2011. — 374 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2014>.

Печатные издания

1. Сазанов, Борис Викторович. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Теплоэнергетика и теплотехника" / Б. В Сазанов, В. И. Ситас .— Москва : Издательский дом МЭИ, 2014 .— 275 с. (10 экз.).

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://www.journals.cambridge.org> — база данных Cambridge Science, Technology & Medicine (STM) Journal, Cambridge University Press

<http://search.ebscohost.com> — база данных Academic Search Complete, компания EBSCO publishing

<http://apps.webofknowledge.com> — база данных Web of Science SCI (WOS), компания Thompson Reuters.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://library.urfu.ru> — сайт зональной научной библиотеки УрФУ, портал мультимедийных ресурсов;

<http://elibrary.ru> — E-Library, научная электронная библиотека

2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 2 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Лекции; Практические занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;	г. Красногурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 74, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная мебель на 50 рабочих мест. Рабочее место преподавателя (стол, стул) Доска учебная меловая. Epson EB-X9LCD 2500lm Экран Projecta Rro RroSCREEN 213*280 Компьютер i5-3470 Кондиционер LG	Операционная система Windows 7 – корпоративная лицензия, срок действия - б/с; Браузер Google Chrome – свободное ПО; MS Office 2013 – корпоративная лицензия, срок действия – б/с. Mozilla Firefox – свободное ПО; 7-Zip – свободное ПО; Adobe Reader XI – свободное ПО; Nitro Pro 8; StarBoard Software 9.4; Microsoft Project профессиональный; LiteManager Pro – Server: ДИТ;
	Лекции; Практические занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;	г. Красногурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 58, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Вытяжной шкаф Сушильный шкаф СНОЛ67/350 Печь муфельная ПМ-1,0-7 Печь камерная высоко-температурная ПВК-1,4-25 Лабораторные столы с керамическим покрытием-11 шт. Потенциостат П582	Не предусмотрено
	Лекции; Практические занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;	г. Красногурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 10, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная мебель на 24 рабочих мест. Рабочее место преподавателя (стол, стул). Компьютер LINKHome 312 -16 ш. Монитор AOC 21.5” E2270SWDN(/01) 5msDVI 1920x1080-16 шт. Проектор. Epson EH-TW610 МФУ лазерное. Kyocera ECOSYSM2835dw Доска учебная. Интерактивная доска Classic Solution Dual Touch V 102. Коммутатор D-Link DES-1212D/E. Кондиционер LG LS-K 1860HL. Кондиционер LG LS-K 2460HL.	"Операционная система Windows 7 – корпоративная лицензия, срок действия - б/с; Браузер Google Chrome – свободное ПО; MS Office 2013 – корпоративная лицензия, срок действия – б/с. Mozilla Firefox – свободное ПО; 7-Zip – свободное ПО; Adobe Reader XI – свободное ПО; Nitro Pro 8; StarBoard Software 9.4; Microsoft Project профессиональный; LiteManager Pro – Server: ДИТ; ; Компас - 3D, версия 15 - лицензия ЧЦ-14-00124 от 04.06.2014 - бессрочно; SolidWorks Education Edition (SWEE) с дополнительным модулем SWE-PDM - лицензия № L010413-80M от 13.02.2014; PTC Mathcad Education - University

			Edition договор 43-12 199-2013 от 23.04.2013; Matlab R2015a + Simulink от 31.07.2014; Qform 2D/3Dx32 - лицензия № 34-2012-КВ от 06.03.12; Visual Studio договор 43-12/1670-2017 от 01.12.2017; Autodesk AutoCAD16 - бесплатная образовательная лицензия на 3 года.
--	--	--	--

РАЗДЕЛ 3. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 3 ТЕПЛО- И МАССООБМЕН

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ 3 ТЕПЛО- И МАССООБМЕН

1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Смешанное обучение с использованием онлайн-курса;
- Исключительно электронное обучение с использованием онлайн-курса.

1.2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Таблица 1.2

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК 16 – Способен на основе анализа теплотехнических процессов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию	<ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, связанные с теплофизическими процессами в металлургических процессах; – использовать статистические методики для обработки и обобщения результатов экспериментов или численного моделирования процессов теплопереноса; – методами интенсификации теплообменных процессов в промышленных печах

1.3. Содержание дисциплины

Таблица 1.3

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные понятия и характеристики теории теплообмена	Роль процессов тепло – и массообмена в металлургии и теплоэнергетике. Современное состояние и перспективы развития инженерных направлений в теплотехнике. Средства автоматизации решения задач тепло – и массообмена.
P2	Теплообмен излучением в металлургических агрегатах (инженерный подход)	Расчёт теплообмена излучением. Типовые элементы теплотехнических агрегатов. Теплообмен излучением между системой поверхностей, разделённых диатермичной средой. Теплообмен излучением при наличии экранов. Расчёт потерь теплоты излучением через отверстия и окна печей. Учёт селективности излучения. Теплообмен излучением между системой поверхностей, разделённых излучающим и поглощающим газом.

P3	Теплообмен излучением в металлургических агрегатах (методы расчёта)	<p>Зональные методы расчёта теплообмена излучением. Классический зональный метод для системы поверхностей, разделённых излучающим и поглощающим газом при смешанной постановке задачи. Ограниченность классического метода. Два подхода к решению систем зональных уравнений, методы решения. Резольвентный зональный метод. Трудности расчёта обобщённых разрешающих угловых коэффициентов, их преодоление. Учёт конвективной составляющей теплообмена.</p> <p>Особенности теплообмена излучением в металлургических печах. Теплообмен излучением в пламенных печах. Излучение пламени и карбюризация факела. Излучение запылённых потоков.</p>
P4	Теплопроводность: общие закономерности. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.	<p>Физические основы передачи теплоты теплопроводностью: закон Фурье, коэффициент теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Краевые условия. Методы расчёта расхода теплоты.</p> <p>Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме. Передача теплоты теплопроводностью через стенку. Теплоотдача стенок с источниками теплоты. Теплоотдача стержней.</p>
P5	Нестационарная теплопроводность	<p>Обобщённые переменные процессов нестационарной теплопроводности. Нагрев и охлаждение тел при граничных условиях I рода. Нагрев и охлаждение тел при граничных условиях II рода. Нагрев и охлаждение тел при граничных условиях III рода. Несимметричные задачи теплопроводности. Нагрев и охлаждение тел конечных размеров. Тепловые волны. Нагрев и охлаждение тел излучением.</p>
P6	Конвективный теплообмен в металлургических агрегатах	<p>Общие сведения о конвективном теплообмене. Математическое описание конвективного теплообмена. Уравнение теплового пограничного слоя. Интегральное уравнение теплового пограничного слоя. Применение теории подобия к исследованию конвективного теплообмена.</p> <p>Теплоотдача при свободной конвекции. Характер свободного движения в большом объёме. Решение уравнений пограничного слоя для вертикальной пластины и горизонтального цилиндра. Приближённое решение задачи естественной конвекции на вертикальной пластине. Расчётные зависимости конвективного теплообмена в большом объёме. Теплообмен свободной конвекцией в ограниченном объёме.</p> <p>Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителей. Аналитические решения задачи конвективного теплообмена в каналах. Расчётные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи при движении потоков в каналах.</p> <p>Теплообмен при внешнем обтекании тел. Конвективный теплообмен при струйном обтекании тел. Теплообмен в слое частиц. Сложный теплообмен.</p> <p>Конвективный теплообмен при кипении воды и конденсации водяного пара.</p>
P7	Теплообмен в слое кусковых материалов. Теплообменные	<p>Теплообмен в слое. Классификация слоевых сред. Проблемы описания теплообмена в плотном слое. Построение математической модели теплообмена в</p>

	аппараты.	<p>неподвижном слое (задача Т. Шумана). Решение В.Н. Тимофеева задачи Шумана. Примеры использования решения.</p> <p>Теплообмен в плотном слое при перекрёстном движении теплоносителей.</p> <p>Нагрев материала в плотном слое при прямоточном и противоточном движении теплоносителей.</p> <p>Теплотехнические параметры движущегося слоя.</p> <p>Зависимость характера теплообмена от отношения теплоёмкости потоков теплоносителей. Постановка и решение задачи. Анализ решения. Учёт тепловых эффектов физико-химических превращений.</p> <p>Нагрев и охлаждение термически массивных частиц в плотном движущемся слое. Учёт термической массивности по Б.И. Китаеву и Д.В. Будрину.</p> <p>Нестационарные аспекты теплообмена в слое, длительность переходных процессов.</p> <p>Основы теплового расчёта рекуператоров и регенераторов.</p>
Р8	Основные положения и законы массопереноса.	<p>Общие сведения. Дифференциальные уравнения конвективного массопереноса. Числа подобия конвективного массопереноса. Аналогия процессов переноса массы, теплоты и количества движения (импульса). Основные соотношения и модели массопереноса.</p> <p>Некоторые характерные массообменные процессы в металлургии. Тепло – и массообменные процессы при агломерации и обжиге окатышей. Массообмен при выплавке чугуна. Массообмен при разложении известняка. Основные уравнения моделей, их решения.</p> <p>Основные положения теории сушки. Кинетика и динамика процесса сушки. Тепло - и массообмен при сушке.</p>
Р9	Методы численного анализа процессов тепломассопереноса.	<p>Метод конечных разностей. Построение дискретных аналогов уравнений и краевых условий. Устойчивость численных схем. Явные и неявные численные схемы уравнения теплопроводности. Методы решения уравнений дискретных аналогов. Особенности построения дискретных аналогов уравнений конвективного теплообмена. Схемы "против потока". Трудности расчёта поля скоростей среды.</p> <p>Распространённые математические пакеты при решении задач тепломассопереноса.</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛО– И МАССООБМЕН

Электронные ресурсы (издания)

1. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Арутюнов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2007. — 85 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1813>.
2. Металлургическая теплотехника : учебное пособие / В.И. Грызунов, Н.В. Фирсова, С.Е. Крылова и др. - 2-е изд., стер. - Москва : Флинта, 2014. - 108 с. : схем., табл. - Библиогр.: с. 93. - ISBN 978-5-9765-1934-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461092>

Печатные издания

1. Физика. Теплопроводность. Конвекция: Учебное пособие /В.С. Швыдкий, Б.П. Юрьев, Ю.Г. Ярошенко, В.И. Матюхин – Екатеринбург: УрФУ, 2010. 91 с. (12 экз.).

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://www.journals.cambridge.org> — база данных Cambridge Science, Technology & Medicine (STM) Journal, Cambridge University Press

<http://search.ebscohost.com> – база данных Academic Search Complete, компания EBSCO publishing

<http://apps.webofknowledge.com> — база данных Web of Science SCI (WOS), компания Thompson Reuters.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://library.urfu.ru> – сайт зональной научной библиотеки УрФУ, портал мультимедийных ресурсов;

<http://elibrary.ru> – E-Library, научная электронная библиотека

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 3 ТЕПЛО- И МАССОБМЕН

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; Практические занятия; Лабораторные занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;	г. Краснотурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 74, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная мебель на 50 рабочих мест. Рабочее место преподавателя (стол, стул) Доска учебная меловая. Epson EB-X9LCD 2500lm Экран Projecta Rro RroSCREEN 213*280 Компьютер i5-3470 Кондиционер LG	"Операционная система Windows 7 – корпоративная лицензия, срок действия - б/с; Браузер Google Chrome – свободное ПО; MS Office 2013 – корпоративная лицензия, срок действия – б/с. Mozilla Firefox – свободное ПО; 7-Zip – свободное ПО; Adobe Reader XI – свободное ПО; Nitro Pro 8; StarBoard Software 9.4; Microsoft Project профессиональный; LiteManager Pro – Server: ДИТ;
2	Лекции; Практические занятия; Лабораторные занятия; Консультации;	г. Краснотурьинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 10, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная мебель на 24 рабочих мест. Рабочее место преподавателя (стол, стул). Компьютер LINKHome 312 -16 ш.	"Операционная система Windows 7 – корпоративная лицензия, срок действия - б/с; Браузер Google Chrome – свободное ПО; MS Office 2013 – корпоративная лицензия, срок действия – б/с. Mozilla Firefox – свободное ПО;

		<p>Монитор AOC 21.5" E2270SWDN(/01) 5msDVI 1920x1080-16 шт. Проектор. Epson EH-TW610 МФУ лазерное. Kyocera ECOSYS M2835dw Доска учебная. Интерактивная доска Classic Solution Dual Touch V 102. Коммутатор D-Link DES-1212D/E. Кондиционер LG LS-K 1860HL. Кондиционер LG LS-K 2460HL.</p>	<p>7-Zip – свободное ПО; Adobe Reader XI – свободное ПО; Nitro Pro 8; StarBoard Software 9.4; Microsoft Project профессиональный; LiteManager Pro – Server: ДИТ; ; Компас - 3D, версия 15 - лицензия ЧЦ-14-00124 от 04.06.2014 - бессрочно; SolidWorks Education Edition (SWEE) с дополнительным модулем SWE- PDM - лицензия № L010413-80M от 13.02.2014; PTC Mathcad Education - University Edition договор 43-12 199-2013 от 23.04.2013; Matlab R2015a + Simulink от 31.07.2014; Qform 2D/3Dx32 - лицензия № 34-2012-КВ от 06.03.12; Visual Studio договор 43-12/1670- 2017 от 01.12.2017; Autodesk AutoCAD16 - бесплатная образовательная лицензия на 3 года.</p>
3	<p>Лекции; Практические занятия; Лабораторные занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов;</p>	<p>г. Краснотурыинск, ул. Ленина, д. 41, ауд. 58, Учебная аудитория для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Вытяжной шкаф Сушильный шкаф СНОЛ67/350 Печь муфельная ПМ-1,0-7 Печь камерная высоко-температурная ПВК-1,4-25 Лабораторные столы с керамическим покрытием-11 шт. Потенциостат П582</p>	<p>Не требуется</p>