

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им.П.О.Сухого


О.Д.Асенчик

(подпись)

07.07.2015

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 34-13уч.

Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»

2015

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта ОСВО 1-42 01 01-2013;
учебных планов учреждения образования “Гомельский государственный
технический университет имени П.О.Сухого” специальности 1-42 01 01
“Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)”
№ 1 42-1-16/уч. 17.09.2013; № 1 42-1-17/уч. 17.09.2013.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Л.Е.Ровин, доцент кафедры “Металлургия и литейное производство”,
кандидат технических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Ф.Соболев, профессор кафедры “Машины и технология литейного
производства” БНТУ, доктор технических наук.

А.М.Селютин, доцент кафедры “Инженерная графика”, кандидат
технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой “Металлургия и литейное производство” учреждения образования
“Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого”
(протокол № 5 от 18.05.2015);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета
учреждения образования “Гомельский государственный технический
университет имени П.О.Сухого”
(протокол № 6 от 23.06.2015);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования
“Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого”
(протокол № 5 от 04.06.2015);

Научно-методическим советом учреждения образования “Гомельский
государственный технический университет имени П.О.Сухого”
(протокол № 5 от 01.07.2015).

Регистрационный номер МТФ № УД 075-3/42.

Регистрационный номер ЗФ № УДЗ 084-17/42.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Вступление.

подавляющее большинство современных металлургических процессов связано с процессами теплогенерации и теплопередачи и с необходимостью различных теплообменных устройств современные теплоэнергетические установки в металлургии представляют собой комплексные теплообменные агрегаты, а теплотехнические и технологические процессы, протекающие в них, сложны и многообразны. Без глубокого понимания физической сущности происходящих в них явлений и без достаточной теоретической подготовки невозможно решать инженерные и инновационные задачи.

Дисциплина “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика” представляет собой теоретический и одновременно прикладной курс, в котором изложены основные закономерности процессов генерации и обмена тепловой энергией, механики газов, принципы работы основных нагревательных, плавильных и теплопередающих агрегатов и устройств.

Цели и задачи учебной дисциплины.

Целью преподавания дисциплины “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика” является изучение теоретических и технологических основ теплофизических процессов и принципов работы теплотехнических агрегатов, используемых в металлургическом производстве, обучение будущих специалистов анализу связей технологических, теплотехнических и конструктивных параметров, обеспечивающих эффективную работу агрегатов в области нагрева, плавки и термообработки материалов.

Задачей курса является подготовка специалистов к производственной деятельности, приобретение навыков и умений производить теплотехнические расчеты, определять оптимальные режимы тепловой обработки, выбирать и осуществлять энергосберегающие технологии и агрегаты.

Место учебной дисциплины.

Курс “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика” занимает важное и необходимое место в системе подготовки специалистов – металлургов. Знание и понимание принципов работы печей и других

теплотехнических и теплоэнергетических установок и агрегатов, приобретение компетентности в решении задач технического прогресса в технике плавки и тепловой обработки, энергосбережении и экологии является необходимой частью общей подготовки современного специалиста.

Дисциплина взаимосвязана с освоением таких специальных курсов, как “Общая металлургия”, “Физика”, “Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов”, “Специальные процессы электроплавки”, “Отраслевая экология”.

Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины.

В результате изучения дисциплины будущий специалист должен знать:

- основные термодинамические понятия, законы термодинамики и уравнения состояния;
- основные закономерности движения сплошной среды, включая струйное течение, методику расчета параметров движения в наиболее типичных случаях;
- основы теории горения, закономерности сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива, характеристики топлива, способы расчета процесса горения и управления процессов;
- основные закономерности процессов передачи тепла, законы теплообмена при стационарных условиях теплопроводностью, конвекцией, излучением, закономерности нагрева тел, уравнения нестационарной теплопроводности, способы расчета, нагрева (охлаждения) и плавления тел (материалов);
- способы преобразования электрической энергии в тепловую;
- основы расчета и конструирования плавильных, в особенности электрических, и нагревательных печей, рекуператоров и др. теплообменных устройств

Будущий специалист должен уметь:

- охарактеризовать процесс (установку) как теплотехнический объект;
- рассчитать процесс горения топлива и предложить мероприятия по его интенсификации;
- описать и рассчитать процесс движения газов в реальной установке, определить его основные параметры (сопротивление, конфигурацию потока, скорости движения, изменение плотности и т.п.);
- описать и рассчитать параметры стационарного теплообмена при передаче тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением, определить величину тепловых потерь, определить и описать процесс нагрева, выбрать и реализовать способ расчета нагрева (охлаждения) тел, предложить методы интенсификации или уменьшения теплообмена;

- сконструировать и рассчитать плавильную или нагревательную печь;
- рассчитать балансы тепла и эксергии;
- разработать мероприятия по энергосбережению.

Требования к академическим компетенциям специалиста.

Специалист должен:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста.

Специалист должен:

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- владеть навыками здоровьесбережения;
- быть способным к критике и самокритике;
- уметь работать в команде.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста.

Специалист должен быть способен:

в производственно-технологической деятельности:

- владеть вопросами анализа, расчета и конструирования плавильных и нагревательных печей, теплообменных установок и процессов;
- быть готовым к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, к работе над комплексными проектами;

в проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности:

- анализировать перспективы и направления развития техники печей, металлургической теплотехники, выбирать оптимальные технологии и конструкции с учетом экологических требований и энергосбережения;

- работать с научной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий, обеспечивающей необходимые свойства;

в организационно-управленческой деятельности:

- взаимодействовать со специалистами смежных профессий, анализировать и оценивать собранные данные;

- понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности;

в инновационной деятельности:

- работать с научной, технической и патентной литературой, применять инновационные технологии.

Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимых на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом университета:

- по специальности 1-42 01 01 “Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)” предусмотрено всего - 330 часов, всего аудиторных – 166 часов из них: лекций 100 часов, практических - 32 часов, лабораторных - 34 часов. Количество зачетных единиц – 8,5. Форма получения образования – дневная.

- по специальности 1-42 01 01 “Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)” предусмотрено всего - 330 часов, всего аудиторных - 32 часа из них: лекций - 16 часов, практических - 8 часов, лабораторных - 8 часов. Форма получения образования заочная.

- по специальности 1-42 01 01 “Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)” направление специальности 1-42 01 01 – 02 “Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)” специализация 1-42 01 01 02 01 “Обработка металлов давлением” предусмотрено всего - 330 часов, всего аудиторных - 20 часов из них: лекций - 12 часов, практических - 4 часа, лабораторных - 4 часа, форма получения образования заочная сокращенная.

Форма получения высшего образования: дневная, заочная, заочная сокращенная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Форма получения высшего образования дневная.

Курс - 3,4

Семестр - 6,7

Лекции - 100 (часов)

Практические занятия - 32 (часа)

Лабораторные занятия - 34 (часа)

Всего аудиторных - 166 (часов)

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен - 6,7 семестры.

Форма получения высшего образования заочная

Курс - 4,5

Семестр - 7,8,9

Лекции - 16 (часов)

Практические занятия - 8 (часов)

Лабораторные занятия - 8 (часов)

Всего аудиторных - 32 (часа)

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

экзамен - 8,9 семестры

Форма получения высшего образования заочная сокращенная

Курс - 3

Семестр - 5,6

Лекции - 12 (часов)

Практические занятия - 4 (часа)

Лабораторные занятия - 4 (часа)

Всего аудиторных - 20 (часов)

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен - 6 семестр

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение в курс “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика”

Раздел 1. Основы теории тепло- и массообмена

Тема 1.1. Основные положения термодинамики

Тема 1.2. Основные законы термодинамики. Законы газового состояния.

Тема 1.3. Термодинамические параметры. Энергия и эксергия.

Раздел 2. Механика газов.

Тема 2.1. Основные понятия. Кинематика и динамика сплошной среды.

Тема 2.2. Уравнения механики газов.

Тема 2.3. Струйное течение. Движение газов в печах.

Тема 2.4. Расчеты движения и побудителей расхода газов в печах.

Раздел 3. Теплогенерация в печах.

Тема 3.1. Топливо. Основные характеристики.

Тема 3.2. Основы теории горения. Расчет процессов горения.

Тема 3.3. Основы электронагрева.

Раздел 4. Теплообмен.

Тема 4.1. Теплообмен. Основные законы теплопередачи.

Тема 4.2. Теплопроводность в стационарных условиях.

Тема 4.3. Конвекция. Методы расчета конвективного теплообмена.

Тема 4.4. Излучение. Лучистый теплообмен между твердыми телами.

Излучение газов.

Тема 4.5. Нестандартная теплопроводность. Методы расчета.

Раздел 5. Нагрев и плавление металлов.

Тема 5.1. Процессы нагрева металла в печах.

Тема 5.2. Плавление.

Раздел 6. Конструкции и работа печей.

Тема 6.1. Основные положения тепловой теории печей.

Тема 6.2. Metallургические печи. Электropечи.

Тема 6.3. Плавильные печи для черных сплавов.

Тема 6.4. Плавильные печи для цветных сплавов.

Тема 6.5. Нагревательные печи и устройства.

Тема 6.6. Специальные типы печей.

Раздел 7. Специальные устройства и элементы конструкции печей.

Тема 7.1. Устройства для сжигания топлива.

Тема 7.2. Теплоизоляция печей.

Тема 7.3. Вакуумные установки.

Тема 7.4. Механизация работы печей. Контроль и управление.

Раздел 8. Ресурсосбережение и экология.

Тема 8.1. Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Экологические характеристики печей.

Тема 8.2. Методы и устройства рекуперации и утилизации тепла отходящих печных газов.

Тема 8.3. Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при плавке и термообработке.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР* | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----------------------|--|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | Введение в курс “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика”. Роль и значение теплотехники в металлургическом производстве. История развития металлургической теплотехники. Общие сведения о печных агрегатах. Тенденции развития металлургических печей. Роль инноваций в металлургическом производстве. Влияние процессов тепловой обработки материалов на охрану окружающей среды. | 2 | - | - | | | | |
| 1 | Основы теории тепло- и массообмена | 6 | | | | | | |
| 1.1. | Основные положения термодинамики | 2 | - | - | | | | |
| 1.2. | Основные законы термодинамики. Законы газового состояния. Общие понятия термодинамики. Основные термодинамические соотношения для газов и газовых смесей. | 2 | - | - | | | | Устный опрос (УО) Экзамен (6 сем.) (Э) |
| 1.3. | Термодинамические параметры. Энергия и эксергия. Применение законов термодинамики к тепловым процессам. Термодинамические процессы и их графическое изображение. | 2 | - | - | | | | УО, Э |
| 2 | Механика газов | 16 | 4 | | 2 | | | |
| 2.1. | Основные понятия. Кинематика и динамика сплошной среды. Важнейшие кинематические характеристики жидкостей и газов. Уравнение неразрывности. | 2 | - | - | | | | УО, Э |
| 2.2. | Уравнения механики газов. Силы, действующие в движущейся идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной и реальной жидкости (уравнения Эйлера, Навье-Стокса). Режимы движения реальной жидкости. Уравнение Бернулли и его практическое применение. Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Уравнение Эйлера для статики. | 8 | - | - | | | | УО, Э |

| | | | | | | | | |
|------|---|----|----|---|----|--|--|------------|
| | Распределение давления в неподвижных жидкостях и газах. Изменение давления по высоте в сжигаемом газе. | | | | | | | |
| 2.3. | Струйное течение. Движение газов в печах. Свободная струя. Частично ограниченные струи. Струйное движение в камере. Движение газов в слое кускового и зернистого материалов. Истечение газов через отверстие (сопло). | 2 | 2 | - | | | | УО, Э |
| 2.4. | Расчеты движения и побудителей расхода газов в печах. Избыточное давление в рабочем пространстве печи. Принцип действия дымовой трубы. Принципы расчета трубопроводов и дымовых каналов, дымовой трубы. Организация движения газов и рациональный режим давления в печах. Система автоматического управления давлением в печах. | 4 | 2 | | 3 | | | Коллоквиум |
| 3 | Теплогенерация в печах | 10 | 2 | - | | | | |
| 3.1. | Топливо. Основные характеристики. Состав и свойства различных видов топлива. | 1 | - | - | | | | УО, Э |
| 3.2. | Основы теории горения. Расчет процессов горения. | 4 | 2 | - | | | | УО, Э |
| 3.3. | Основы электронагрева. Физические основы электронагрева. Теплогенерация при прохождении электрического тока через твердое тело, жидкость и газ. Дуговой и плазменный электронагрев. Тепловыделение в металле, находящемся в электромагнитном поле. Тепловыделение в результате использования кинетической энергии пучка электронов. | 5 | - | - | | | | УО, Э |
| 4 | Теплообмен | 18 | 10 | | 14 | | | |
| 4.1. | Теплообмен. Основные законы теплопередачи. Основные понятия теплообмена. Виды процессов тепло- и массообмена. Поля температур. Внешний и внутренний теплообмен. Стационарное и нестационарное тепловое состояние. Температурный градиент. | 2 | - | | 2 | | | УО, Э |
| 4.2. | Теплопроводность в стационарных условиях. Общая характеристика теории теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Влияние различных факторов на коэффициент теплопроводности материалов. Теплопроводность стенок различной конфигурации при стационарном режиме. Тепловая проводимость, тепловое сопротивление. | 2 | 2 | | 4 | | | У, Э |
| 4.3. | Конвекция. Методы расчета конвективного теплообмена. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона для конвективной теплоотдачи. Подobie явлений как физико-математический метод исследования и гидродинамических теплообменных процессов. Теоремы подобия. Критерии подобия. Методы физического моделирования. Вынужденная и естественная конвекция. | 4 | 2 | | 2 | | | УО, Э |
| 4.4. | Излучение. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Излучение газов. Основные понятия и законы. Излучение реальных тел. Угловые | 4 | 2 | | 6 | | | УО, Э |

| | | | | | | | | |
|------|---|----|----|---|---|--|--|-------------------------|
| | коэффициенты излучения. Теплообмен между серыми поверхностями в лучепрозрачной среде. Излучение в ослабляющей среде. Лучистый теплообмен между телами. Излучение газов и пламени. | | | | | | | |
| 4.5. | Нестационарная теплопроводность. Методы расчета. Нестационарная теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности и методы его решения. Методы решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности. Сложный теплообмен. | 6 | 4 | - | | | | Экзамен |
| 5 | Нагрев и плавление металла | 6 | 2 | | 2 | | | |
| 5.1. | Процессы нагрева металла в печах. Цели и показатели нагрева металла. Процессы, протекающие при нагреве металла; термические напряжения, окисление, обезуглероживание металла. Основные режимы нагрева. Режимы нагрева термически тонких тел. Режимы нагрева термически массивных тел. Выбор режимов нагрева. Равномерность нагрева. Расчеты нагрева металла. | 4 | 2 | | 2 | | | УО, Экзамен (6 сем.) |
| 5.2. | Плавление. Механизм процессов плавления. Плавление с мгновенным удалением расплава. Плавление с накоплением расплава на поверхности плавящегося твердого тела. Расчеты процессов плавления. | 2 | - | - | | | | УО, Э |
| 6 | Конструкции и работа печей | 24 | 10 | | | | | |
| 6.1. | Основные положения тепловой теории печей. Классификация печей по принципу теплогенерации. Классификация режимов работы печей. Основные характеристики тепловой работы печей. Температурный режим. Тепловой режим. Тепловой и материальный баланс печей. Основные теплоэнергетические показатели работы печи. | 2 | - | - | | | | УО, Э |
| 6.2. | Металлургические печи. Электродуговые печи. Схема и принцип работы металлургической печи. Общая классификация печей. Классификация печей по технологическим и конструктивным признакам. | 4 | 4 | | 2 | | | УО, Э |
| 6.3. | Плавильные печи для черных сплавов. Требования к плавильным печам, их классификация и общая характеристика. Плазменные (топливные) печи, тепловые режимы их работы. Устройство, принцип действия и тепловая работа вагранки. Индукционные плавильные печи, их конструкции, принцип действия, теплоэнергетические режимы работы. Электродуговые плавильные печи, принцип действия, конструкции, тепловая работа и технология плавки. | 8 | 4 | | 4 | | | УО, Э |
| 6.4. | Плавильные печи для цветных сплавов. Топливные печи. Электрические печи прямого и косвенного нагрева. | 2 | - | | 2 | | | УО, Э |
| 6.5. | Нагревательные печи и устройства. Общая характеристика нагревательных печей металлургических переделов. Конструкции, тепловые режимы работы и сравнительная характеристика нагревательных | 6 | 2 | | 2 | | | УО, Э |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|---|---|---|--|--|------------------|
| | печей различных типов. Толкательные методические печи. Печи с шагающим подом и шагающими балками. Кольцевые печи. Камерные печи. Печи с выдвижным подом и др. | | | | | | | |
| 6.6. | Специальные типы печей. Плазменные, электронно-лучевые, электрошлаковые установки для плавления металла. Плавильные электрические печи сопротивления. | 2 | - | - | | | | Коллоквиум |
| 7 | Специальные устройства и элементы конструкции печей | 9 | - | | 2 | | | |
| 7.1. | Устройства для сжигания топлива. Горелки, форсунки, топки. Расчет горелок. Стабилизация горения. | 2 | - | | | | | УО, Э |
| 7.2. | Теплоизоляция печей. Основные виды огнеупорных изделий, их классификация, технология изготовления и применения. | 2 | - | | 2 | | | УО, Э |
| 7.3. | Вакуумные установки. Основные типы вакуумных печей. Преимущества, назначение. | 2 | - | | | | | УО, Э |
| 7.4. | Механизация работы печей. Контроль и управление. Устройства загрузки. Механизмы наклона и поворота. Системы КИПиА. | 3 | - | | | | | УО, Э |
| 8 | Ресурсосбережение и экология | 9 | 2 | | 2 | | | |
| 8.1. | Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Экологические характеристики печей. Характеристики способов уменьшения потерь теплоты с дымовыми газами. Теоретические основы и сравнительная оценка методов утилизации теплоты. Принципы действия устройств для использования теплоты отходящих газов. | 2 | 0 | | 2 | | | УО, Э |
| 8.2. | Методы и устройства рекуперации и утилизации тепла отходящих печных газов. Рекуператоры: устройство и принцип действия. Конструкции рекуператоров. Принципиальные схемы работы рекуператоров; прямоток, противоток, перекрестный ток. Регенераторы: принцип действия и устройство. | 3 | 2 | | | | | УО, Э |
| 8.3. | Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при плавке и термообработке. | 4 | - | | | | | Экзамен (7 сем.) |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР* | Форма контроля знаний | |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----------------------|-----------------------|--|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иные | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | Введение в курс “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика”. Роль и значение теплотехники в металлургическом производстве. История развития металлургической теплотехники. Общие сведения о печных агрегатах. Тенденции развития металлургических печей. Роль инноваций в металлургическом производстве. Влияние процессов тепловой обработки материалов на охрану окружающей среды. | 0,5 | - | | | | | | |
| 1 | Основы теории тепло- и массообмена | | | | | | | | |
| 1.1. | Основные положения термодинамики | | - | | | | | | |
| 1.2. | Основные законы термодинамики. Законы газового состояния. Общие | | - | | | | | Устный опрос | |

| | | | | | | | | |
|------|---|-----|---|--|---|--|--|--------------------------------|
| | понятия термодинамики. Основные термодинамические соотношения для газов и газовых смесей. | | | | | | | (УО) Экзамен (8сем.) (Э) |
| 1.3. | Термодинамические параметры. Энергия и эксергия. Применение законов термодинамики к тепловым процессам. Термодинамические процессы и их графическое изображение. | | - | | | | | УО, Э |
| 2 | Механика газов | | | | | | | |
| 2.1. | Основные понятия. Кинематика и динамика сплошной среды. Важнейшие кинематические характеристики жидкостей и газов. Уравнение неразрывности. | | - | | | | | УО, Э |
| 2.2. | Уравнения механики газов. Силы, действующие в движущейся идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной и реальной жидкости (уравнения Эйлера, Навье-Стокса). Режимы движения реальной жидкости. Уравнение Бернулли и его практическое применение. Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Уравнение Эйлера для статики. Распределение давления в неподвижных жидкостях и газах. Изменение давления по высоте в сжигаемом газе. | 2 | - | | | | | УО, Э |
| 2.3. | Струйное течение. Движение газов в печах. Свободная струя. Частично ограниченные струи. Струйное движение в камере. Движение газов в слое кускового и зернистого материалов. Истечение газов через отверстие (сопло). | | | | 2 | | | УО, Э |
| 2.4. | Расчеты движения и побудителей расхода газов в печах. Избыточное давление в рабочем пространстве печи. Принцип действия дымовой трубы. Принципы расчета трубопроводов и дымовых каналов, дымовой трубы. Организация движения газов и рациональный режим давления в печах. Система автоматического управления давлением в печах. | 0,5 | | | | | | Коллоквиум |
| 3 | Теплогенерация в печах | | | | | | | |
| 3.1. | Топливо. Основные характеристики. Состав и свойства различных видов топлива. | | - | | | | | УО, Э |
| 3.2. | Основы теории горения. Расчет процессов горения. | 0,5 | | | | | | УО, Э |
| 3.3. | Основы электронагрева. Физические основы электронагрева. Теплогенерация при прохождении электрического тока через твердое тело, жидкость и газ. Дуговой и плазменный электронагрев. Тепловыделение в | 0,5 | - | | | | | УО, Э |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|--|---|--|----------------------------|
| | металле, находящемся в электромагнитном поле. Тепловыделение в результате использования кинетической энергии пучка электронов. | | | | | | | |
| 4 | Теплообмен | | | | | | | |
| 4.1. | Теплообмен. Основные законы теплопередачи. Основные понятия теплообмена. Виды процессов тепло- и массообмена. Поля температур. Внешний и внутренний теплообмен. Стационарное и нестационарное тепловое состояние. Температурный градиент. | 1 | | | | | | УО, Э |
| 4.2. | Теплопроводность в стационарных условиях. Общая характеристика теории теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Влияние различных факторов на коэффициент теплопроводности материалов. Теплопроводность стенок различной конфигурации при стационарном режиме. Тепловая проводимость, тепловое сопротивление. | | 2 | | | 1 | | У, Э |
| 4.3. | Конвекция. Методы расчета конвективного теплообмена. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона для конвективной теплоотдачи. Подобие явлений как физико-математический метод исследования и гидродинамических теплообменных процессов. Теоремы подобия. Критерии подобия. Методы физического моделирования. Вынужденная и естественная конвекция. | 1 | | | | 1 | | УО, Э |
| 4.4. | Излучение. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Излучение газов. Основные понятия и законы. Излучение реальных тел. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен между серыми поверхностями в лучепрозрачной среде. Излучение в ослабляющей среде. Лучистый теплообмен между телами. Излучение газов и пламени. | 1 | | | | | | УО, Э |
| 4.5. | Нестационарная теплопроводность. Методы расчета. Нестационарная теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности и методы его решения. Методы решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности. Сложный теплообмен. | 2 | | 2 | | | | Экзамен |
| 5 | Нагрев и плавление металла | | | | | | | |
| 5.1. | Процессы нагрева металла в печах. Цели и показатели нагрева металла. Процессы, протекающие при нагреве металла; термические напряжения, окисление, обезуглероживание металла. Основные режимы нагрева. Режимы нагрева термически тонких тел. Режимы нагрева термически массивных тел. Выбор режимов нагрева. Равномерность нагрева. Расчеты нагрева металла. | 1 | | 2 | | | | УО, Экзамен (8 сем.) |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|--|--|--|--|--|------------------|
| | классификация, технология изготовления и применения. | | | | | | | |
| 7.3. | Вакуумные установки. Основные типы вакуумных печей. Преимущества, назначение. | | | | | | | УО, Э |
| 7.4. | Механизация работы печей. Контроль и управление. Устройства загрузки. Механизмы наклона и поворота. Системы КИПиА. | | | | | | | УО, Э |
| 8 | Ресурсосбережение и экология | | | | | | | |
| 8.1. | Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Экологические характеристики печей. Характеристики способов уменьшения потерь теплоты с дымовыми газами. Теоретические основы и сравнительная оценка методов утилизации теплоты. Принципы действия устройств для использования теплоты отходящих газов. | | | | | | | УО, Э |
| 8.2. | Методы и устройства рекуперации и утилизации тепла отходящих печных газов. Рекуператоры: устройство и принцип действия. Конструкции рекуператоров. Принципиальные схемы работы рекуператоров; прямоток, противоток, перекрестный ток. Регенераторы: принцип действия и устройство. | | | | | | | УО, Э |
| 8.3. | Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при плавке и термообработке. | 1 | | | | | | Экзамен (9 сем.) |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная сокращенная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР* | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----------------------|--|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | Введение в курс “Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика”. Роль и значение теплотехники в металлургическом производстве. История развития металлургической теплотехники. Общие сведения о печных агрегатах. Тенденции развития металлургических печей. Роль инноваций в металлургическом производстве. Влияние процессов тепловой обработки материалов на охрану окружающей среды. | 0,5 | - | | | | | |
| 1 | Основы теории тепло- и массообмена | | | | | | | |
| 1.1. | Основные положения термодинамики | | | | | | | |
| 1.2. | Основные законы термодинамики. Законы газового состояния. Общие понятия термодинамики. Основные термодинамические соотношения для газов и газовых смесей. | | - | | | | | Устный опрос (УО) Экзамен (6 сем.) (Э) |
| 1.3. | Термодинамические параметры. Энергия и эксергия. Применение законов термодинамики к тепловым процессам. Термодинамические процессы и их графическое изображение. | | - | | | | | УО, Э |
| 2 | Механика газов | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|-----|---|---|---|--|--|-------------------------|
| 4.2. | Теплопроводность в стационарных условиях. Общая характеристика теории теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Влияние различных факторов на коэффициент теплопроводности материалов. Теплопроводность стенок различной конфигурации при стационарном режиме. Тепловая проводимость, тепловое сопротивление. | | | | 1 | | | У, Э |
| 4.3. | Конвекция. Методы расчета конвективного теплообмена. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона для конвективной теплоотдачи. Подobie явлений как физико-математический метод исследования и гидродинамических теплообменных процессов. Теоремы подобия. Критерии подобия. Методы физического моделирования. Вынужденная и естественная конвекция. | 0,5 | | | | | | УО, Э |
| 4.4. | Излучение. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Излучение газов. Основные понятия и законы. Излучение реальных тел. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен между серыми поверхностями в лучепрозрачной среде. Излучение в ослабляющей среде. Лучистый теплообмен между телами. Излучение газов и пламени. | | | | | | | УО, Э |
| 4.5. | Нестационарная теплопроводность. Методы расчета. Нестационарная теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности и методы его решения. Методы решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности. Сложный теплообмен. | 2 | 1 | | | | | Экзамен |
| 5 | Нагрев и плавление металла | | | | | | | |
| 5.1. | Процессы нагрева металла в печах. Цели и показатели нагрева металла. Процессы, протекающие при нагреве металла; термические напряжения, окисление, обезуглероживание металла. Основные режимы нагрева. Режимы нагрева термически тонких тел. Режимы нагрева термически массивных тел. Выбор режимов нагрева. Равномерность нагрева. Расчеты нагрева металла. | 1 | | | 1 | | | УО, Экзамен (6 сем.) |
| 5.2. | Плавление. Механизм процессов плавления. Плавление с мгновенным удалением расплава. Плавление с накоплением расплава на поверхности плавящегося твердого тела. Расчеты процессов плавления. | | | - | | | | УО, Э |
| 6 | Конструкции и работа печей | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|------|---|-----|---|---|--|--|--|--|------------|
| 6.1. | Основные положения тепловой теории печей. Классификация печей по принципу теплогенерации. Классификация режимов работы печей. Основные характеристики тепловой работы печей. Температурный режим. Тепловой режим. Тепловой и материальный баланс печей. Основные теплоэнергетические показатели работы печи. | | | - | | | | | УО, Э |
| 6.2. | Металлургические печи. Электropечи. Схема и принцип работы металлургической печи. Общая классификация печей. Классификация печей по технологическим и конструктивным признакам. | 1 | | | | | | | УО, Э |
| 6.3. | Плавильные печи для черных сплавов. Требования к плавильным печам, их классификация и общая характеристика. Плазменные (топливные) печи, тепловые режимы их работы. Устройство, принцип действия и тепловая работа вагранки. Индукционные плавильные печи, их конструкции, принцип действия, теплоэнергетические режимы работы. Электродуговые плавильные печи, принцип действия, конструкции, тепловая работа и технология плавки. | 1,5 | | | | | | | УО, Э |
| 6.4. | Плавильные печи для цветных сплавов. Топливные печи. Электрические печи прямого и косвенного нагрева. | | | - | | | | | УО, Э |
| 6.5. | Нагревательные печи и устройства. Общая характеристика нагревательных печей металлургических переделов. Конструкции, тепловые режимы работы и сравнительная характеристика нагревательных печей различных типов. Толкательные методические печи. Печи с шагающим подом и шагающими балками. Кольцевые печи. Камерные печи. Печи с выдвижным подом и др. | 2 | 1 | | | | | | УО, Э |
| 6.6. | Специальные типы печей. Плазменные, электронно-лучевые, электрошлаковые установки для плавления металла. Плавильные электрические печи сопротивления. | | | - | | | | | Коллоквиум |
| 7 | Специальные устройства и элементы конструкции печей | | | - | | | | | |
| 7.1. | Устройства для сжигания топлива. Горелки, форсунки, топки. Расчет горелок. Стабилизация горения. | | | - | | | | | УО, Э |
| 7.2. | Теплоизоляция печей. Основные виды огнеупорных изделий, их классификация, технология изготовления и применения. | | | - | | | | | УО, Э |
| 7.3. | Вакуумные установки. Основные типы вакуумных печей. Преимущества, назначение. | | | - | | | | | УО, Э |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|--|--|--|--|--|------------------|
| 7.4. | Механизация работы печей. Контроль и управление. Устройства загрузки. Механизмы наклона и поворота. Системы КИПиА. | | | | | | | УО, Э |
| 8 | Ресурсосбережение и экология | | | | | | | |
| 8.1. | Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Экологические характеристики печей. Характеристики способов уменьшения потерь теплоты с дымовыми газами. Теоретические основы и сравнительная оценка методов утилизации теплоты. Принципы действия устройств для использования теплоты отходящих газов. | 1 | | | | | | УО, Э |
| 8.2. | Методы и устройства рекуперации и утилизации тепла отходящих печных газов. Рекуператоры: устройство и принцип действия. Конструкции рекуператоров. Принципиальные схемы работы рекуператоров; прямоток, противоток, перекрестный ток. Регенераторы: принцип действия и устройство. | | | | | | | УО, Э |
| 8.3. | Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при плавке и термообработке. | 1 | | | | | | Экзамен (6 сем.) |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Кривандин В.А., Марков В.Л. Metallургические печи. – Москва: Metallургия, 1977. – 463 с.
2. Глинков М.А., Глинков Г.М. Общая теория тепловой работы печей: учебник для вузов. – Москва: Metallургия, 1990. – 230 с.
3. Теплотехника металлургического производства: учебное пособие для вузов. – Москва: МИСИС, 2002. – 607 с.
4. Долотов Г.П., Кондаков Е.А. Печи и сушила литейного производства.-М.: Машиностроение, 1990- 304 с.
5. Егоров А.В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей.- М.: МИСИС, 2000- 272 с.
6. Кривандин В.А. Теплотехника металлургического производства. В 2-х томах: учебник для вузов / В.А.Кривандин и [др.] – М.:Metallургия, 2002.

Дополнительная литература

7. Тимошпольский В.И., Трусова И.А., Стеблов А.Б., Павлюченков И.А. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах: учебное пособие для вузов. – Минск: Вышэйшая школа, 1992. – 217 с.
8. Metallургическая теплотехника в 2-х т./Под ред. В.А.Кривандина. – Москва: Metallургия, 1986
9. Арутюнов В.А., Бухмистров В.В., Крупенников С.А.; под науч. Ред. Арутюнова В.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей. – Москва: Metallургия, 1990. – 238 с.
10. Теплотехнические расчеты металлургических печей./Зобнин Б.Ф., Казлев М.Д. и др.-М.:Metallургия- 1982.
11. Казлев М.Д., Гушин С.Н. и др. Основы теплогенерации. – Екатеринбург, УГТУ, 1999-285 с.
12. Мастрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей / Б.С.Мастрюков. –М.: Metallургия, 1986. – 530с.
13. Расчеты нагревательных печей / С.И.Аверин, и [др.]; под ред. Н.Ю.Тайца. – Киев, Техника, 1969. -540с.
14. Metallургическая теплотехника : методические указания к практическим и контрольным работам по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения Ровин –Гомель :ГГТУ, 2008. -20 с.

15. Печи литейных цехов: пособие к курсовым работам для студентов дневного отделения специальности 1-36 02 01 “Машины и технология литейного производства” Ровин – Гомель: ГГТУ, 2009.-57.

16. Metallurgical equipment of foundry shops: methodical instructions for control works on the course for students of the specialty 1-36 02 01 “Machines and technology of foundry production” of the day and evening forms of learning Rovin-Gomel: GGTU, 2007.-24

17. ППП ANSYS, модули FLOTTRAN и CFX – (Расчет и моделирование процессов движения газов и теплопередачи в печах)

18. Программа COSMOS, FLOW WORKS (расчет движения газов).

19. Плакаты по тематике разделов.

Электронный учебно-методический документ

Ровин Л.Е. Metallurgical heat engineering and thermoenergetics: electronic textbook-methodical document / L.E. Rovin. – Gomel: GGTU im. P.O. Sukhogo, 2013. — Режим доступа: elib.gstu.by.

Список литературы сверх плана (Лорен Л.К.)

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Устный опрос

Отчеты по лабораторным и практическим работам с их устной защитой.

Зачет.

Перечень лабораторных работ

Определение коэффициента теплоотдачи от охлаждающего тонкого тела.

Исследование теплопередачи через однослойную огнеупорную плоскую стенку.

Исследование теплопроводности через многослойную плоскую стенку.

Рекуперативные теплообменники. Определение коэффициента теплопередачи.

Изучение облученности футеровки стены различного профиля по высоте.

Изучение облученности футеровки на уровне дуг.

Определение параметров работы печей.

Изучение конструкции и расчет индукционных печей.

Изучение конструкции и расчет электродуговой печи.

Изучение конструкции печей сопротивления. Расчет нагревателей.

Определение удельных сопротивлений теплоизоляционных материалов.

Определение характеристик выбросов, образующихся при плавке.

Контроль режима нагрева печи.

Изучение процесса нагрева заготовок и деталей в камерных печах.

Перечень практических работ

Расчет сопротивлений движения газов по тракту печи, расчет дымовой трубы, инжектора. Аэродинамический расчет печи.

Определение температуры горения топлива, состава и количества продуктов горения. Расчет горения жидкого топлива.

Расчет передачи тепла при естественной и вынужденной конвекции.

Расчет плотности теплового потока через одно- и многослойную стенку при стационарном режиме. Расчет передачи тепла излучением от твердых тел и газов.

Расчет температурного поля методом конечных разностей.

Расчеты эксергии. Баланс эксергии печей.

Расчет нагрева металла в печи.

Расчет теплообмена ЭДП. Определить необходимое удельное количество тепла для нагрева шихты и перегрева расплава.

Расчет теплового баланса ЭДП.

Расчет теплового баланса ИТП.

Расчет мощности электродуговой печи.

Выбор и расчет нагревателей. Расчет печей сопротивления.

Нагревательные печи. Тепловой баланс.

Расчет рекуператора.

Характеристика инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

Использование имитационных и компьютерных моделей агрегатов и устройств металлургического производства (плавильных печей, установок обработки расплава);

Использование актуальных презентационных видео материалов из отечественных и зарубежных источников.

Протокол согласования рабочей программы по изучаемой учебной дисциплине с другими дисциплинами специальности

| Название дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола). |
|---|-------------------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| <p>Общая металлургия</p> <p>Теория и технология плавки</p> <p>Технология металлургического производства</p> | <p>МиЛП</p> <p>МиЛП</p> <p>МиЛП</p> | <p><i>Замечаний нет.</i></p> <p><i>Замечаний нет</i></p> <p><i>Замечаний нет.</i></p> | <p><i>Пр. №5</i></p> <p><i>от 18.05.15г</i></p> <p><i>Пр. №5</i></p> <p><i>от 18.05.15г</i></p> |