

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
ГГТУ им. П.О. Сухого

_____ А.В. Сычёв
(подпись)

_____ 01.07. _____ 2021
(дата утверждения)

Регистрационный № УДз-33-96/уч.

ПЕЧИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ, ПРОКАТНЫХ И МЕТИЗНЫХ ЦЕХОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

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

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 и учебных планов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» I 42-1-51/уч. 05.04.2019, I 42-1-42/уч. 12.02.2020, I 42-1-28/уч. 07.02.2020.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А. М. Урбанович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

М.В. Мицкевич – заместитель главного технолога по прессовой обработке, холодной высадке, термическому и гальваническому производству ОАО «Гомельский завод литья и нормалей» холдинга «Гомсельмаш».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 12.05.2021г.);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 03.06.2021г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 30.06.2021).

Регистрационный номер ЗФ УДз-075-3у

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Печи сталеплавильных, прокатных и метизных цехов» является подготовка специалистов, знающих устройство и правила эксплуатации печей, способных произвести расчёт и выбрать печь в соответствии с современными тенденциями.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студента с конструкциями печей сталеплавильного, прокатного и метизного производства;
- научить правильно определять параметры режима нагрева в соответствии с технологическим процессом;
- производить оптимальный выбор печей; познакомить с основными этапами проектирования и расчёта нагревательных устройств и с новейшими направлениями по применению прогрессивной технологии нагрева и нагревательных устройств в металлургическом производстве.

Решение этих задач с учетом указанной выше цели дисциплины достигается на основе знаний, умений и навыков, приобретенных студентами при изучении данной дисциплины, необходимых для полного понимания специальных дисциплин «Теория и технология прокатного производства», «Теория и технология волочильного производства», «Оборудование прокатных цехов», «Оборудование волочильных цехов», «Проектирование цехов».

В результате освоения дисциплины «Печи сталеплавильных, прокатных и метизных цехов» студент должен:

знать:

- физическую сущность происходящих в печи явлений и процессов, конструкции нагревательных устройств и установок;
- основы расчета основных параметров режима нагрева, основные этапы проектирования и методику расчёта металлургических печей;
- прогрессивные технологии нагрева;

уметь:

- правильно выбирать конструкцию и параметры печей; выполнять технологические расчеты параметров нагрева заготовок, тепловой и конструкторский расчёт нагревательной печи или установки;
- построить эскизный проект нагревательного устройства и выполнить его расчёт;

владеть:

- устойчивыми навыками выбирать рациональный температурный режим нагрева заготовок при горячем формообразовании и выполнять необходимые технологические расчёты параметров нагрева;

- методикой теплового и конструкторского расчёта нагревательной пламенной электрической печи или установок;
- навыками по применению прогрессивной технологии нагрева и нагревательных устройств в металлургическом производстве.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующей специализированной компетенции:

- СК-4. Знать физическую сущность происходящих в печи явлений и процессов, конструкции нагревательных устройств и установок сталеплавильных, прокатных и метизных цехов, прогрессивные технологии нагрева, свойства огнеупорных материалов; производить проектирование и расчёт нагревательных устройств.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

Создавать условия для соответствия режимов работы агрегатов (поточных линий, технологических участков) действующим правилам и нормам, используя результаты (данные) технологического процесса производства.

Проводить технические разработки и на их основе принимать на современном уровне инженерные решения по уменьшению материало- и энергоёмкости производства.

Профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы.

На основе технической документации производить монтаж и наладку технологического оборудования и штамповой оснастки.

Производить своевременно ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования и штамповой оснастки.

Осуществлять оперативный контроль за функционированием технологических систем (агрегатов, линий, участков) и их элементов и режимами их работы.

Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности при работах на технологическом оборудовании, противопожарной безопасности.

Связь с другими учебными дисциплинами

Для успешного изучения дисциплины необходимо усвоение естественнонаучных и специальных дисциплин, таких как «Физика», «Математика», «Механика материалов», «Теория и технология прокатного производства», «Теория и технология волочильного производства», «Оборудование прокатных цехов», «Оборудование волочильных цехов» и др.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Печи сталеплавильных, прокатных и метизных цехов» для специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)» составляет 160 часов.

Трудоёмкость учебной дисциплины, выраженная в зачётных единицах, составляет 4 зачётные единицы.

Количество часов, отводимое на курсовую работу в соответствии с учебными планами составляет – 40 часов. Трудоёмкость курсовой работы, выраженная в зачётных единицах, 1 зачётную единицу.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Виды занятий	Заочная сокращённая форма	Заочная форма
Специальность	1-42 01 01	1-42 01 01
Курс	3	3,4
Семестр	5,6	5,6,7
Лекции (часов)	10	10
Лабораторные занятия (часов)	4	4
Практические занятия (часов)	4	4
Всего аудиторных (часов)	18	18

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен, семестр	6	6
Зачет	-	-
Тестирование	-	-
Курсовая работа, семестр	6	7

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Основные положения.

Огнеупорные и изоляционные материалы печей. Теплотехника печей металлургического производства.

Тема 2. Огнеупорные материалы.

Классификация огнеупоров и теплоизоляционных материалов. Теплотехнические характеристики огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Тема 3. Кладка печи.

Конструкции сводов, окон и вспомогательных узлов печи, их назначение.

Тема 4. Сжигание топлива.

Теплотехнические принципы расчетов горелочных устройств. Принципы сжигания топлива.

Тема 5. Факельное сжигание топлива.

Организация процесса сжигания топлива. Факельное сжигание. Длина факела.

Тема 6. Горелки печей.

Устройства для сжигания газообразного и жидкого топлива. Классификация сжигающих устройств. Устройства для сжигания топлива: горелки, форсунки. Утилизация теплоты дымовых газов.

Тема 7. Тепловой баланс печей.

Вторичные материальные и энергетические ресурсы. Направления снижения удельного расхода топлива в печах.

Тема 8. Система испарительного охлаждения печей.

Потери теплоты в системах охлаждения. Водяное охлаждение. Испарительное охлаждение.

Тема 9. Рекуператоры металлургических печей.

Схемы рекуператоров: прямоток, противоток, перекрестный ток.

Тема 10. Промышленные рекуператоры.

Типовые конструкции рекуператоров металлургических печей: керамический рекуператор, металлический петлевой рекуператор, блочный рекуператор и др..

Тема 11. Регенераторы металлургических печей.

Характеристики регенераторов. Схема работы регенеративной системы отопления печей. Достоинства и недостатки регенераторов.

Тема 12. Конструкции регенераторов.

Насадка регенераторов. Условия эксплуатации регенераторов.

Тема 13. Основы тепловой работы печей.

Развитие науки о печах: гидравлическая теория В.Е. Грум-Гржимайло, энергетическая теория Н.Н. Доброхотова-И.Д. Семикина. Теплотехническое содержание понятия "промышленная печь", процессы, происходящие в печах.

Тема 14. Классификация печей.

Классификация печей: по принципу теплогенерации, по технологическому назначению, по конструктивным отличиям. Понятия о тепловой мощности

печи, виды мощностей: холостого хода, усвоенная, рабочая, общая. Связь между тепловыми мощностями, особенности записи для печей непрерывного и периодического действия.

Тема 15. Показатели тепловой работы печей.

Основные показатели работы печей: производительность, расход теплоты (условного топлива) на единицу продукции, КПД печи, их взаимосвязь.

Тема 16. Составление тепловых балансов печей.

Составление тепловых балансов печей, особенности записи для печей непрерывного и периодического действия. Замена в печи одного топлива другим.

Тема 17. Конструкции и тепловые режимы печей.

Технологические цепочки в металлургии.

Тема 18. Назначение нагревательных и термических печей.

Нагревательные печи металлургии.

Тема 19. Нагревательные колодцы.

Режимы нагрева слитков в нагревательных колодцах. Приближенные материальный и тепловой балансы нагревательных колодцев.

Тема 20. Нагревательные печи металлургии.

Методические печи прокатного производства. Режимы нагрева заготовок в многозонных методических печах.

Тема 21. Термические печи.

Характерные режимы термообработки. Термические печи камерного типа. Термические печи проходного типа. Конвейерная печь. Мероприятия по снижению расхода топлива. Роликовая печь. Мероприятия по снижению расхода топлива. Протяжная печь. Мероприятия по снижению расхода топлива.

Тема 22. Электрические нагревательные печи.

Методы генерации тепла за счет электрической энергии. Печи сопротивления. Индукционные нагревательные печи. Электрические нагревательные колодцы. Колпаковые электрические печи. Индукционные нагревательные печи.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа предназначена для приобретения навыков самостоятельной работы студента, формирования способности самостоятельно и творчески решать научные, инженерно-технические, производственные вопросы.

Курсовая работа с заданием на курсовое проектирование содержит:

1. Расчётно-пояснительную записку в объеме 20-25 страниц, в которой представлены следующие этапы проектирования:

Для топливных (пламенных) печей:

- обоснование выбора типа печи с учётом требований, предъявляемых технологическим процессом;
- обоснование выбора топлива (если не задано) с учетом требований, предъявляемых технологическим процессом. Расчёт объёма воздуха для горения, дымовых газов, температуры горения топлива;

- определение режима нагрева заготовки (слитка) до заданной температуры, расчет продолжительности процесса нагрева;
- расчёт основных размеров рабочей камеры печи с учётом требуемой производительности;
- разработка эскиза печи с указанием размещения топливосжигающих устройств, рабочих окон и каналов для удаления продуктов горения, элементов каркаса, указанием предварительных размеров кладки, типов огнеупорных и теплоизоляционных материалов;
- составление теплового баланса печи с определением расхода топлива и теплового к.п.д. печи;
- выбор топливосжигающих устройств;
- пути экономии топливноэнергетических ресурсов;
- выбор контрольно- измерительных и регулирующих приборов и схем автоматики;
- порядок обслуживания промышленной печи.

Для электрических печей сопротивления:

- обоснование выбора типа печи с учетом требований, предъявляемых технологическим процессом;
- определение режима нагрева заготовки (слитка) до заданной температуры, расчет продолжительности процесса нагрева;
- расчёт основных размеров рабочей камеры печи с учетом требуемой производительности;
- разработка эскиза печи с указанием схемы размещения нагревательных элементов, рабочих окон и отверстий для контрольно-измерительных приборов, указанием предварительных размеров футеровки, типов огнеупорных и теплоизоляционных материалов;
- расчёт теплового баланса, определение установочной мощности и теплового к.п.д. печи;
- выбор и расчёт нагревательных элементов;
- проработка вопросов о путях повышения эффективности работы агрегата;
- выбор контрольно- измерительных и регулирующих приборов и схем автоматики;
- порядок обслуживания промышленной печи.

Для установок индукционного нагрева:

- расчёт установок сквозного индукционного нагрева заключается в выборе частоты тока, определении времени нагрева, расчета размеров (диаметра и длины) индуктора, определении необходимой мощности генератора и компенсационных батарей. Исходными данными являются материал и размеры нагреваемой заготовки, технологический процесс нагрева, требуемая производительность процесса или темп выдачи заготовок.

2. Графическая часть курсовой работы, содержит 1-3 листа формата А1.

При этом графическая часть содержит общий вид нагревательной установки с необходимыми разрезами и отдельными узлами.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(заочная форма обучения)

Номер раздела, тема	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов всего	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основные положения.	2						Экзамен
2	Огнеупорные материалы.							Устный опрос, экзамен
3	Кладка печи.	2						Устный опрос, экзамен
4	Сжигание топлива.							Экзамен
5	Факельное сжигание топлива.							Экзамен
6	Горелки печей.	2						Экзамен
7	Тепловой баланс печей.		2		2			Экзамен
8	Система испарительного охлаждения печей.							Экзамен
9	Рекуператоры металлургических печей.	2						Экзамен
10	Промышленные рекуператоры.							Экзамен
11	Регенераторы металлургических печей.							Экзамен
12	Конструкции регенераторов.							Экзамен
13	Основы тепловой работы печей.							Экзамен
14	Классификация печей.	2			2			Экзамен
15	Показатели тепловой работы печей.							Устный опрос, экзамен
16	Составление тепловых балансов печей.		2					Экзамен
17	Конструкции и тепловые режимы печей.							Экзамен
18	Назначение нагревательных и термических печей.							Экзамен
19	Нагревательные колодцы.							Экзамен
20	Нагревательные печи металлургии.							Экзамен
21	Термические печи.							Устный опрос, экзамен
22	Электрические нагревательные печи.							Устный опрос, экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Теплотехника металлургического производства: учебное пособие для вузов: т. 1. Теоретические основы / под ред. В.А.Кривандина - М.: изд-во МИСиС, 2002. - 608 с.
2. Теплотехника металлургического производства: учебное пособие для вузов: т. 1. . Конструкция и работа печей. / под ред. В.А.Кривандина - М.: изд-во МИСиС, 2002.
3. Михайлов, Д. П. Печи литейных цехов : учебное пособие для вузов / Д. П. Михайлов, А. Н. Болдин, А. Н. Граблев. - 2-е изд.. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 495 с.
4. Электрические печи литейных цехов для выплавки черных и цветных сплавов : учебное пособие / Л. М. Романов [и др.]. - 2-е изд.. - Москва : МГИУ, 2007. - 103 с.

Дополнительная учебная и научная литература

5. Конструкционные стали и сплавы : учебное пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, В.К. Ерофеев, А.А. Устинова ; под ред. Г.А. Воробьевой. – Санкт-Петербург : Политехника, 2013. – 440 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447615> (дата обращения: 29.01.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7325-1010-2.
 6. Сатановский Л.Г., Мирский Ю.Д. Нагревательные и термические печи в машиностроении.- М.: Металлургия, 1971- 383 с.
 7. Теплотехнические расчеты металлургических печей. Учебное пособие для студентов металлургических специальностей / под ред. А.С. Телегина.- М.: Металлургия, 1982- 358с.
 8. Поволоцкий, Д. Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов : учеб. для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 1995. - 592 с.
 9. Автоматизация металлургических печей [Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Теплотехника и автоматизация металлург. печей] / под ред. О. М. Блинова. - Москва : Металлургия, 1975. - 376 с.
 10. Башенко, В. В. Электроплавильные печи цветной металлургии / В. В. Башенко, А. В. Донской, И. М. Соломахин. - Москва : Металлургия, 1971. - 320 с.
 11. Бортничук, Н. И. Плазменно-дуговые плавильные печи / Н. И. Бортничук, М. М. Крутянский . - Москва : Энергоиздат, 1981. - 120 с.
 12. Воителев, В. В. Механическое оборудование печей : учеб. пособие для вузов / В. В. Воителев, Е. И. Могилевский. - Москва : Металлургия, 1991. - 148 с.
 13. Сидоренко В.Д. Применение индукционного нагрева в машиностроении-Л.: Машиностроение, 1980- 231 с.
 14. Золотухин Н.М. Нагрев и охлаждение металла.- М.: Машиностроение, 1973- 192 с.
 15. Лазаренков А.М. Охрана труда. Учебник. Мн.: БНТУ, 2004-497с.
- Электронные учебно-методические комплексы, наглядные и других пособия, методические указания и технические средства обучения

16. Валицкая О.М. Электронный учебно-методический комплекс ДИСЦИПЛИНЕ «Расчеты и конструкции нагревательных устройств» для студентов специальности 1-36 20 02 Упаковочное производство (по направлениям) направление специальности: 1-36 20 02-03 Упаковочное производство (технологии и оборудование упаковочного производства) дневной формы обучения.- ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. Режим доступа: <http://elib.gstu.by>.
17. М/УК 1749 Методические указания к курсовой работе по теме «Расчет и проектирование нагревательных устройств» курса «Нагрев и нагревательные устройства» для студентов специальности 1204 / О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 1994. - 43 с.
18. М/УК 2187 Практическое пособие по теме «Расчет электрических печей сопротивления» курса «Расчет и конструкции нагревательных устройств» для студентов специальности спец. Т. 02. 02. 02 / О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 1997. - 19 с.
19. М/УК 2927 Металлургическая теплотехника. Практическое руководство к практическим занятиям по одноименному курсу для студентов специальности 36.01.05 «Машины и технология обработки материалов давлением (Т.02.02 «Технология, оборудование и автоматизация обработки материалов давлением»)/О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 2004. - 29 с.
20. М/УК 3809 Расчеты и конструкции нагревательных устройств. Лабораторный практикум по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»)/ О.М. Валицкая; каф. "Обработка материалов давлением". - Гомель: ГГТУ, 2009. - 60 с.

Характеристика (описание) инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видео-

фильмов и других информационно иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

Средства диагностики и контроля качества усвоения знаний

Контроль знаний студентов осуществляется путем устного опроса при выполнении практических, тестового контроля по темам и разделам курсе (модулям) в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний; письменного и устного опроса на экзамене.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

В соответствии с п. 17 Положения «О текущей аттестации» от 11.11.2013 № 29 студенты допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине «Печи сталеплавильных, прокатных и метизных цехов» при условии выполнения ими всех видов занятий, предусмотренных учебным планом и настоящей учебной программой.

Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53- ПО).

Примерный перечень практических занятий

Основы механики печных газов, расчет дымовой трубы.

Топливо и его сжигание, расчет горения топлива.

Основы теплопередачи, расчет теплообмена в рабочей камере печи.

Расчет времени нагрева металла в печи.

Основы проектирования и методика расчёта пламенных печей.

Основы проектирования и методика расчёта электрических печей.

Примерный перечень лабораторных занятий

Контроль режима нагрева печи прибором автоматического регулирования КСП-4.2.

Преобразователи термоэлектрические, методы и средства поверки.

Передача тепла через стенки печи при стационарном режиме работы.

Определение коэффициента теплоотдачи при охлаждении металла.

Нагрев твердых тел, определение «массивности» тела.

Изучение процесса нагрева заготовок и деталей в камерных печах при постоянной температуре печи.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических и лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий;
- самостоятельная работа по индивидуальным заданиям с консультациями у преподавателя;
- выполнение курсовой работы и подготовка к её защите;
- подготовка к сдаче экзамена

Преподаватель должен стимулировать и поощрять самостоятельную работу студентов, привлекать студентов к решению прикладных задач в рамках НИРС, к исследовательской работе на ведущей и выпускной кафедрах.

При изучении дисциплины рекомендуется не все вопросы программ выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе. вопросы для самостоятельного изучения рекомендуется включить в перечень вопросов к экзамену.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Основные понятия, термины и определения.
2. Классификация огнеупорных изделий.
3. Классификация теплоизоляционных материалов.
4. Теплотехнические характеристики огнеупорных материалов.
5. Теплотехнические характеристики теплоизоляционных материалов.
6. Новые материалы, которые используются в металлургических печах.
7. Кладка печи. Конструкции сводов, окон и вспомогательных узлов печи, их назначение.
8. Принципы сжигания топлива.
9. Организация процесса сжигания топлива.
10. Факельное сжигание.
11. Длина факела.
12. Факторы, влияющие на длину факела. Калибр горелки. Выбор типа горелочного устройства с точки зрения нагрева.
13. Горелки типа "труба в трубе", конструкции ДМетИ, инжекционные и другие. Требования, которые предъявляются к горелкам и форсункам.

14. Новое поколение горелок: регенеративные, рекуперативные и рекуперативно-горелочные блоки.
15. Тепловой баланс печи непрерывного действия.
16. Классификация вторичных энергоресурсов.
17. Схемы использования теплоты уходящих газов в печах. Принципы утилизации теплоты.
18. Потери теплоты в системах охлаждения.
19. Водяное охлаждение.
20. Испарительное охлаждение.
21. Теплообмен и температурные поля в рекуператорах.
22. Схема расчета рекуператора.
23. Промышленные рекуператоры. Типовые конструкции рекуператоров металлургических печей: керамический рекуператор, металлический петлевой рекуператор, блочный рекуператор и др.
24. Характеристики регенераторов. Схема работы регенеративной системы отопления печей. Достоинства и недостатки регенераторов.
25. Конструкции регенераторов. Насадка регенераторов. Условия эксплуатации регенераторов.
26. Развитие науки о печах: гидравлическая теория В.Е. Грум-Гржимайло, энергетическая теория Н.Н. Доброхотова-И.Д. Семикина.
27. Теплотехническое содержание понятия "промышленная печь", процессы, происходящие в печах.
28. Классификация печей: по принципу теплогенерации, по технологическому назначению, по конструктивным отличиям.
29. Классификация печей по принципу теплогенерации.
30. Классификация печей по технологическому назначению и по режиму работы.
31. Понятия о тепловой мощности печи, виды мощностей: холостого хода, усвоенная, рабочая, общая. Связь между тепловыми мощностями, особенности записи для печей непрерывного и периодического действия.
32. Виды тепловых потерь печи. Тепловой баланс.
33. Тепловой дефицит процесса.
34. Основные показатели работы печей: производительность, расход теплоты (условного топлива) на единицу продукции, КПД печи, их взаимосвязь.
35. Производительность печи.
36. Расход теплоты на единицу продукции.
37. Усвоенная тепловая мощность и КПД печи.
38. Составление тепловых балансов печей, особенности записи для печей непрерывного и периодического действия.
39. Замена в печи одного топлива другим.
40. Технологические цепочки в металлургии.
41. Назначение нагревательных и термических печей. Нагревательные печи металлургии.

42. Устройство и работа регенеративных нагревательных колодцев. Техно-экономические показатели. Мероприятия по снижению расхода топлива.
43. Устройство и работа рекуперативных нагревательных колодцев с отоплением из центра подины. Техно-экономические показатели. Мероприятия по снижению расхода топлива.
44. Устройство и работа рекуперативных нагревательных колодцев с верхней горелкой. Техно-экономические показатели. Мероприятия по снижению расхода топлива.
45. Конструкции толкательных печей. Мероприятия по снижению расхода топлива в толкательных печах.
46. Конструкции печей с шагающим подом (ПШП). Мероприятия по снижению расхода топлива в ПШП.
47. Конструкции печей с шагающими балками (ПШБ). Мероприятия по снижению расхода топлива в ПШБ.
48. Конструкции кольцевых печей. Мероприятия по снижению расхода топлива в кольцевых печах.
49. Конструкции секционных печей. Мероприятия по снижению расхода топлива в секционных печах.
50. Термические печи. Характерные режимы термообработки.
51. Термические печи камерного типа.
52. Камерная печь с выкатным подом. Приблизительные материальные и тепловые балансы. Мероприятия по снижению расхода топлива.
53. Камерная печь с неподвижным подом. Приблизительные материальные и тепловые балансы. Мероприятия по снижению расхода топлива.
54. Колпаковая печь. Приблизительные материальные и тепловые балансы. Мероприятия по снижению расхода топлива.
55. Термические печи проходного типа.
56. Конвейерная печь. Приблизительные материальные и тепловые балансы. Мероприятия по снижению расхода топлива.
57. Роликовая печь. Приблизительные материальные и тепловые балансы. Мероприятия по снижению расхода топлива.
58. Протяжная печь. Приблизительные материальные и тепловые балансы. Мероприятия по снижению расхода топлива.
59. Электрические нагревательные и термические печи.
60. Методы генерации тепла за счет электрической энергии.
61. Печи сопротивления.
62. Электрические нагревательные колодцы.
63. Колпаковые электрические печи.
64. Индукционные нагревательные печи.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной 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)
Математическое моделирование технологических процессов и САПР	МиТОМ	Нет Бобарикин Ю.Л.	