

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

УТВЕРЖДАЮ

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

\_\_\_\_\_ А.В. Сычёв

(подпись)

\_\_\_\_\_ 08.12. 2021

(дата утверждения)

Регистрационный № УДз-33- 112 /уч.

## **МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

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

направление

1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка  
(материалобработка)»

специализации

1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением»

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-42 01 01-2019;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направление специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» № I 42-1-28/уч. от 07.02.2020, № I 42-1-15/уч. от 08.02.2021.

**Составитель:**

Я.И. Радькин, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

**Рецензенты:**

Зюзьков Евгений Александрович, главный металлург ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»».

Стасенко Дмитрий Леонидович, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Кандидат технических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 10 от 18.11.2021);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 02.12.2021);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 07.12.2021).

Регистрационный номер ЗФ: № УДз – 134-17у

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

подавляющее большинство современных металлургических процессов связано с процессами теплогенерации и теплопередачи. Современные металлургические печи представляют собой сложные тепломассообменные агрегаты. 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.

Изучение дисциплины должно способствовать компетентному участию выпускников в области металлургического производства с учетом трендов глобального развития плавильных и нагревательных устройств.

### Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями рассматриваемой дисциплины* является изучение:

- теоретических и технологических основ теплофизических процессов;
- конструкции и принципов работы печей и других теплотехнических агрегатов;
- методик расчёта и конструирования тепловых агрегатов;

*Задачами дисциплины* является подготовка специалистов к эффективной производственной деятельности, приобретение навыков и умений производить теплотехнические расчеты, определять оптимальные режимы тепловой обработки, выбирать и осуществлять энергосберегающие технологии и агрегаты, приобретение компетентности в решении задач технического прогресса в технике плавки и тепловой обработки, энергосбережении и экологии.

### *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.

**Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины выпускник должен:**

В результате изучения дисциплины студенты должны:

#### знать:

- физическую сущность процессов тепло- и массообмена, происходящих в металлургических печах, основы тепловой работы печей, их назначение и конструкции;

- свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов, применяемых в металлургическом производстве;
- устройства и правила эксплуатации теплотехнического оборудования;
- способы рационального использования топливно-энергетических ресурсов;

уметь:

- рассчитывать процессы тепло- и массообмена, происходящие в металлургических печах;
- составлять и анализировать тепловой баланс действующих печей, управлять их работой на основе данных теплового баланса;
- определять теплотехнические показатели энергетического оборудования;
- выбирать необходимые материалы, нагревательное оборудование для печей с целью их эффективной и надежной эксплуатации;

владеть:

- методикой расчета материальных и тепловых балансов плавильных и нагревательных печей;
- методикой определения теплотехнических показателей металлургического оборудования;
- методикой расчета процессов тепло- и массообмена агрегатов металлургического производства.

### **Требования к академическим компетенциям специалиста**

Специалист, освоивший содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующей специализированной компетенцией:

(БПК-10): владеть методикой расчета температурных полей для тел различной геометрической формы в условиях стационарных и нестационарных процессов теплопроводности, материальных и тепловых балансов основных металлургических агрегатов.

Вместе с тем совершенствуется ряд профессиональных компетенций:

- 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;
- анализировать перспективы и направления развития техники печей, металлургической теплотехники, выбирать оптимальные технологии и конструкции с учетом экологических требований и энергосбережения;
- взаимодействовать со специалистами смежных профессий, анализировать и оценивать собранные данные.

### Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

На изучение дисциплины «Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика» предусмотрено всего: 348 часов.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Вид занятий, курс, семестр	Заочная форма
Курс	2/3
Семестр	4/5/6
Лекции (часов)	12/12/-
Лабораторные занятия (часов)	2/2/2
Практические занятия (часов)	-/4/2
Всего аудиторных (часов)	36
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине	
Зачёт(семестр)	5
Экзамен (семестр)	6
Курсовой проект (семестр)	6

Форма получения высшего образования: *заочная*. Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 11 зачетных единиц.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение.

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.

Раздел 1. Основы теории тепло- и массообмена

Тема 1.1. Основные положения термодинамики. Основные законы термодинамики. Законы газового состояния. Общие понятия термодинамики.

Тема 1.2. Термодинамические параметры. Энергия и эксергия. Применение законов термодинамики к тепловым процессам. Энтропия. Энтальпия.

Тема 1.3. Термодинамические параметры.

Раздел 2. Механика газов.

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

Тема 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. Распределение давления в неподвижных жидкостях и газах. Изменение давления по высоте в сжигаемом газе.

Тема 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).

Тема 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.

Раздел 3. Теплогенерация в печах.

Тема 3.1. Топливо. Основные характеристики. Теплота сгорания. Особенности сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива. Режимы горения. Состав и свойства различных видов топлива.

Тема 3.2. Основы теории горения. Расчет процессов горения. Расчеты горения твердого и газообразного топлива.

Тема 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.

Раздел 4. Теплообмен.

Тема 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.

Тема 4.2. Теплопроводность в стационарных условиях. Общая характеристика теории теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.

Тема 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.

Тема 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.

Тема 4.5. Нестационарная теплопроводность. Методы расчета. Нестационарная теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности и методы его решения.

Раздел 5. Нагрев и плавление металлов.

Тема 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.

Тема 5.2. Плавление. Механизм процессов плавления. Плавление с мгновенным удалением расплава. Плавление с накоплением расплава на поверхности плавящегося твердого тела.

Раздел 6. Конструкции и работа печей.

Тема 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.

Тема 6.2. Металлургические печи. Электropечи. Схема и принцип работы металлургической печи. Общая классификация печей. Классификация печей по технологическим и конструктивным признакам.

Тема 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.

Тема 6.4. Плавильные печи для цветных сплавов. Топливные печи. Электрические печи прямого и косвенного нагрева. Технологические возможности печей. Принципы выбора.

Тема 6.5. Нагревательные печи и устройства. Общая характеристика нагревательных печей металлургических переделов. Конструкции, тепловые режимы работы и сравнительная характеристика нагревательных печей различ-

ных типов. Толкательные методические печи. Печи с шагающим подом и шагающими балками. Кольцевые печи. Камерные печи. Печи с выдвижным подом и др.

Тема. 6.6. Специальные типы печей. Плазменные, электронно-лучевые, электрошлаковые установки для плавления металла. Плавильные электрические печи сопротивления.

Раздел 7. Специальные устройства и элементы конструкции печей.

Тема 7.1. Устройства для сжигания топлива. Горелки, форсунки, топки. Расчет горелок. Принципы выбора типа горелок. Интенсификация и стабилизация горения.

Тема 7.2. Теплоизоляция печей. Основные виды огнеупорных изделий, их классификация, технология изготовления и применения.

Тема 7.3. Вакуумные установки. Основные типы вакуумных печей. Преимущества, назначение.

Тема 7.4. Механизация работы печей. Контроль и управление. Устройства загрузки. Механизмы наклона и поворота.

Раздел 8. Ресурсосбережение и экология.

Тема 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.

Тема 8.2. 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.

Тема. 8.3. Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при плавке и термообработке. Примеры решения вопросов безотходной технологии и ресурсосбережения в металлургии.



**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	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	0,5						зачёт
1.	Основы теории тепло-и массообмена	1,5						зачёт
1.1.	Основные положения термодинамики. Энергия, работа, эксергия							
1.2.	Основные законы термодинамики. Законы газового состояния.							
2.	Механика газов	2						зачёт
2.1.	Основные понятия. Кинематика и динамика сплошной среды							
2.2.	Уравнения механики газов.							
2.3.	Струйное течение. Движение газов в печах.							
2.4.	Расчеты движения и побудителей расхода газов в печах.							
3.	Теплогенерация в печах.	2	2					зачёт, защита пр. №1
3.1.	Топливо. Основные характеристики.							
3.2.	Основы теории горения. Расчет процессов горения. Устройства для сжигания топлива							
3.3.	Основы электронагрева.							
4.	Теплообмен	4	2					зачёт, защита пр. №2
4.1.	Теплообмен. Основные Законы теплопередачи.				4			защита пр. №1,2
4.2.	Теплопроводность в стационарных условиях.							
4.3.	Конвекция. Методы расчета конвективного теплообмена.							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.4.	Излучение. Лучистый теплообмен между твердыми телами. Излучение газов.							
4.5.	Нестандартная теплопроводность. Методы расчета.							
5.	Нагрев и плавление металлов.	2						зачёт
5.1.	Процессы нагрева металла в печах.							
5.2.	Плавление							
6.	Конструкции и работа печей	6	2					экзамен, защита пр. №3
6.1.	Основные положения тепловой теории печей.							
6.2.	Металлургические печи.							
6.3.	Плавильные печи для черных сплавов							
6.4.	Плавильные печи для цветных сплавов.							
6.5.	Нагревательные печи и устройства.				2			защита лр. №3
6.6.	Специальные типы печей.							
7.	Специальные устройства и элементы конструкции печей	2						экзамен
7.1.	Устройства для сжигания топлива.							
7.2.	Теплоизоляция печей							
7.3.	Вакуумные установки							
7.4.	Механизация работы печей. Контроль и управление.							
8.	Ресурсосбережение и экология.	4						экзамен
8.1.	Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Экологические характеристики печей.							
8.2.	Методы и устройства рекуперации и утилизации тепла отходящих печных газов.							
8.3.	Методы и устройства защиты окружающей среды от выбросов и других вредных воздействий при плавке и термообработке.							
<b>Итого (часов) по дисциплине:</b>		<b>24</b>	<b>6</b>		<b>6</b>			

## Перечень практических работ:

№ п/п	Наименование тем и их содержание	Кол-во часов
<i>5 семестр</i>		
1	Определение температуры горения топлива, состава и количества продуктов горения. Расчет горения жидкого топлива.	2
2	Расчет плотности теплового потока через одно- и многослойную стенку при стационарном режиме. Расчет передачи тепла излучением от твердых тел и газов.	2
<i>Всего за пятый семестр:</i>		4
<i>6 семестр</i>		
3	Расчет мощности электродуговой печи.	2
<i>Всего за шестой семестр:</i>		2
<b>ИТОГО:</b>		<b>6</b>

## Перечень лабораторных работ:

№ п/п	Наименование тем и их содержание	Кол-во часов
<i>4 семестр</i>		
1	Определение коэффициента теплоотдачи от охлаждающего тонкого тела.	2
<i>Всего за четвёртый семестр:</i>		2
<i>5 семестр</i>		
2	Исследование теплопередачи через однослойную огнеупорную плоскую стенку.	2
<i>Всего за пятый семестр:</i>		2
<i>6 семестр</i>		
3	Изучение конструкции печей сопротивления. Расчет нагревателей.	2
<i>Всего за шестой семестр:</i>		2
<b>ИТОГО:</b>		<b>6</b>

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 554 с. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575262>.
2. Metallurgical heat engineering: a textbook / V. I. Lukyanchenko, G. N. Martynenko, A. V. Isanova, V. V. Chernichenko. – Moscow; Volgograd: Infra-Engineering, 2021. – 200 p. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617615>.
3. Heat engineering/ ed. L. V. Lifentseva; Kemerovo State University. – Kemerovo : Kemerovo State University, 2019. – 110 p. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600345>.
4. Heat engineering of metallurgical production : a textbook for universities / ed. V. A. Krivandina. - Moscow : MISC, 2002. - 607p.
5. Heat engineering of metallurgical production : a textbook for universities / ed. V. A. Krivandina. - Moscow : MISC, 2002. - 734p.
6. Тимофеева, А. С. Metallurgical heat engineering. Drying and refractory processes : a textbook for universities / A. S. Timofeeva, T. V. Nikitchenko, V. V. Fedina. - Staroye Oskol : TNT, 2017. - 238 p.

### Дополнительная литература

7. Metallurgical heat engineering : a textbook / V.I. Gryzunov, N.V. Firsova, S.E. Krylova and dr. – 2nd ed., ster. – Moscow : Flinta, 2014. – 108p. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461092>.
8. Laхмаков, В. С. Основы теплотехники и гидравлики/ В. С. Лахмаков, В. А. Коротинский. – Минск : РИПО, 2019. – 221 с.– URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599956>.
9. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / Под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - Москва: Энергоиздат, 1982. - 510 с. - (Справ. серия "Теплоэнергетика и теплотехника")
10. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / В.А. Григорьев [и др.]; под общей ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – Кн. 4. – 586 с.
11. Котляр Я.Н. Методы и задачи теплообмена: учеб. пособие для студ. вузов. - Москва: Машиностроение, 1987. - 318 с.
12. Цветков Ф.Ф. Задачник по теплообмену: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп.. - Москва: МЭИ, 2008. – 195 с.
13. 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.
14. Теплотехнические расчеты металлургических печей. /Зобнин Б.Ф., Казлев М.Д. и др.-М.:Металлургия- 1982.

15. Казлев М.Д., Гушин С.Н. и др. Основы теплогенерации. – Екатеринбург, УГТУ, 1999-285 с.

16. Мастрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей / Б.С.Мастрюков. –М.: Металлургия, 1986. – 530с.

17. Кривандин В.А., Марков В.Л. Металлургические печи. – Москва: Металлургия, 1987. – 463 с.

18. Глинков М.А., Глинков Г.М. Общая теория тепловой работы печей: учебник для вузов. – Москва: Металлургия, 1990. – 230 с.

19. Егоров А.В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей.- М.: МИСИС, 2000- 272 с.

#### **Учебно-методические материалы**

20. Печи литейных цехов: пособие к курсовым работам для студентов дневного отделения специальности 1-36 02 01 “Машины и технология литейного производства” Ровин – Гомель: ГГТУ, 2010.-57с.

21. Металлургическое оборудование литейных цехов: методические указания к 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, 2007.-24с.

#### **Электронный учебно-методические документы**

22. Ровин, Л. Е. Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Л. Е. Ровин. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. ЭУМКД340 <http://elib.gstu.by/handle/220612/2678>.

23. Ровин, Л. Е. Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика : курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" дневной и заочной форм обучения. В 2 ч / Л. Е. Ровин. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. - 118 с. ЭУМД328 <http://elib.gstu.by/handle/220612/1653>.

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Общее количество часов, отводимое на курсовой проект - 80, трудоемкость - 2 зачетные единицы.

Основной *целью* курсового проекта является совершенствование навыков студентов по изучению конструкций и принципа действия плавильных и нагревательных печей металлургического производства.

*Темами* курсового проекта являются нагревательные, плавильные печи металлургических цехов. Проект состоит из 2-х разделов: Теоретического и Расчетного. В Теоретическом разделе описываются:

- конструкция, принцип работы и характеристика печного агрегата;
- технологические параметры работы нагревательной/плавильной печи;

В Расчетном разделе выполняются расчёты основных параметров работы нагревательной/плавильной печи, например:

- расчёт геометрических параметров рабочего пространства печи;
- расчёт горения топлива;
- эклектический расчёт печи;
- материальный и тепловой баланс работы печи;
- термический к.п.д. печи;
- расчёт узлов нагревательной/плавильной печи;
- расчёт температурных полей.

Проект выполняется в соответствии с индивидуальным заданием, подписанным студентом, руководителем курсового проекта и утвержденным заведующим кафедрой.

*Задание на курсовой проект* содержит:

- 1) индивидуальную тему проекта с указанием названия агрегата;
- 2) исходные данные к расчету;
- 3) основные разделы пояснительной записки и графической части курсового проекта;
- 4) график выполнения курсового проекта.

*Основные части курсового проекта:*

1. Расчетно-пояснительная записка в объеме 35-45 стр. (при среднем значении 1800 знаков на странице), содержащая: Титульный лист, Реферат, Рецензию, Введение, Теоретический раздел, Расчетный раздел, Заключение. Список литературы, Приложения.

2. Графическая часть в объеме не менее 2 листов формата А1. В качестве материалов графической могут быть представлены:

- Общий вид печи;
- Общий вид основных узлов печи;
- Схема автоматизации работы агрегата;
- Схема основного рабочего пространства печи;
- Схема футеровки печи;
- Основные параметры работы печи в графическом и табличном виде;
- Результаты численного моделирования теплотехнических параметров работы печи.

Расчетно-пояснительная записка и графическая часть проекта оформляются в соответствии с требованиями к оформлению курсовой работы.

### **МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ**

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);
- элементы интерактивного обучения;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на лабораторных занятиях.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно-коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов. Занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеофильмов и других информационно-иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

#### **Методические рекомендации по управляемой самостоятельной работе студентов**

При изучении дисциплины должна использоваться такая форма управляемой самостоятельной работы, как выполнение индивидуальных заданий в аудитории на лабораторных и практических занятиях под контролем преподавателя.

С целью развития у обучающихся навыков работы с учебной и научной литературой, исследовательской работы часть разделов дисциплины они могут изучать самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения включаются в перечень вопросов к экзамену.

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

Эффективность управляемой самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего (рубежного) контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

## **СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ**

Контроль знаний студентов осуществляется путем устного опроса при выполнении лабораторных работ и при приеме отчетов по лабораторным работам; устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям) в ходе текущего (рубежного) контроля знаний; письменного и устного опроса на экзамене.

### *Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации*

Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

### *Критерии оценки результатов учебной деятельности*

При оценке знаний студента в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования с десятибалльной шкалой оценок.



**ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ:**

1. Предмет металлургическая теплотехника. Основные задачи и объекты изучения.
2. Понятия об идеальном газе. Уравнения состояния идеального газа.
3. Внутренняя энергия. Энтальпия. Изменения энтальпии при совершении работы.
4. Энергия и эксергия. Основные понятия.
5. Законы термодинамики.
6. Уравнение сплошности для одномерного течения.
7. Уравнение сплошности (неразрывности) при трехмерном течении.
8. Уравнение импульсов.
9. Уравнение движения. Локальное и конвективное ускорения.
10. Уравнение Навье-Стокса для идеального газа.
11. Уравнение Навье-Стокса для установившегося (стационарного) трехмерного течения.
12. Уравнение Бернулли. Вывод и область применения.
13. Сопротивления по тракту движения газов.
14. Струйное течение.
15. Топливо. Основные характеристики: вид топлива, теплотворность, состав, температура воспламенения.
16. Горение. Основные понятия: гомогенное и гетерогенное горение, скорость горения, пределы воспламенения, химические процессы при горении.
17. Тепловая теория горения. Влияние температуры.
18. Цепное воспламенение. Активные центры реакции.
19. Определение расходов воздуха и продуктов горения. Определение состава продуктов горения.
20. Определение температуры горения топлива. Способы повышения температуры горения. Примеры.
21. Расчет горения твердого топлива. Пример.
22. Способы повышения температуры горения.
23. Расчет горения газообразного топлива. Пример.
24. Способы теплопередачи. Физическая сущность процессов.
25. Стационарная теплопроводность. Тепловой поток через стенку.
26. Дифференциальные уравнения теплопроводности.
27. Теплопроводность. Удельная теплопроводность различных материалов.
28. Передача тепла через многослойную стенку при стационарном режиме.
29. Конвективный теплообмен. Уравнение Ньютона.
30. Теплообмен излучением. Основные понятия и законы.
31. Излучение серых тел. Угловой коэффициент. Эффективный поток.
32. Излучение газов. Теплообмен в системе газ - твердая поверхность.
33. Нестационарная теплопроводность. Нагрев тела при равномерном температурном поле.
34. Термически тонкие и массивные тела. Характер процессов нагрева.

35. Расчет времени нагрева тел.
36. Граничные и начальные условия в расчетах нагрева тел.
37. Перепад температур при нагреве заготовок.
38. Передача тепла от среды к среде через стенку.
39. Расчет тепловых потерь через рабочие окна в печах.
40. Теплообмен в рекуператорах.
41. Способы интенсификации процессов нагрева.
42. Классификация печей
43. Топливные печи, основные типы.
44. Тепловой баланс печей. Термический к.п.д.
45. Основные типы печей для плавки чугуна.
46. Коксовая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
47. Обжиговая печь для производства окатышей. Принцип действия, конструкция, область применения.
48. Ферросплавные печи. Принцип действия, конструкция, область применения.
49. Агломерационная печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
50. Вагранка. Принцип действия, конструкция, область применения.
51. Доменная печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
52. Мартеновская печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
53. Основные типы печей для плавки чугуна.
54. Электрические печи. Основные типы, способы нагрева (регенерации тепла).
55. Печи сопротивления. Основные типы. Область применения.
56. Электродуговая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
57. Индукционная печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
58. Индукционный нагрев. Область применения. Принцип действия.
59. Индукционные каналные печи. Принцип действия, конструкция, область применения.
60. Плавильные печи для плавки цветных сплавов.
61. Методические печи. Классификация. Режимы работы.
62. Толкательная методическая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
63. Методическая печь с шагающим подом. Принцип действия, конструкция, область применения.
64. Методическая печь с шагающими балками. Принцип действия, конструкция, область применения.
65. Кольцевая методическая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
66. Секционная методическая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.

67. Дуплекс процессы для плавки металлов.
68. Специальные методы плавки.
69. Вакуумно-дуговая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
70. Установки электрошлакового переплава. Принцип действия, конструкция, область применения.
71. Установки электронно-лучевой плавки. Принцип действия, конструкция, область применения.
72. Гарнисажная печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
73. Термические печи. Классификация.
74. Камерная печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
75. Колпаковая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
76. Элеваторная печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
77. Роликовая печь. Принцип действия, конструкция, область применения.
78. Теплообменные аппараты. Классификация.
79. Рекуперативные теплообменники. Классификация.
80. Регенеративные теплообменники. Конструкции. Принцип работы.
81. Насадки регенераторов. Конструкции. Принцип работы.
82. Петлевой рекуператор. Конструкции. Принцип работы.
83. Струйный радиационный рекуператор. Конструкции. Принцип работы.
84. Керамический трубчатый рекуператор. Конструкции. Принцип работы.
85. Основные теплоэнергетические показатели работы печи.
86. Устройства для сжигания топлива. Классификация.
87. Системы и аппараты очистки выбросов
88. Вторичные энергоресурсы.
89. Системы и аппараты очистки выбросов.
90. Повторное использование дымовых газов.

**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
Проектирование цехов	МиТОМ	Нет Ю.Л. Бобарикин