

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик

(подпись)

\_\_\_\_\_ 07.07. 2020

(дата утверждения)

Регистрационный № УДд- 33 – 76 /уч.

## **ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

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

направление

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

специализация

1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов»

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 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», специализации 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов» № I 42-1-17/уч. от 06.02.2019,

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

И.В. Астапенко, доцент кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат сельскохозяйственных наук.

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

Савченко Сергей Александрович, инженер-технолог группы нагревательных печей и термообработки прокатного отдела технического управления прокатного отдела ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК».

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 05.05.2020);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 06.05.2020);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 25.06.2020).

Регистрационный номер МТФ: № УД 094-18/уч

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 1.1 Цели и задачи дисциплины

Целью рассматриваемой дисциплины является получение глубоких знаний в области теории металлургических процессов, освоение навыков по использованию научного потенциала для существенного расширения объема проводимых научных исследований и разработок в области инновационных и ресурсо- и энергосберегающих процессов в металлургии.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- приобретение студентами современных представлений о процессах восстановления и окисления металлов, строении и свойствах расплавленных металлов и сплавов, способах управления процессами, протекающими в металлургических агрегатах;

- ознакомление студентов с основными концепциями развития металлургических процессов;

- изучение основных стандартных приемов работы металлургических агрегатов и контроля поступающей информации о технологических показателях процессов;

- ознакомление с техническими характеристиками установок для получения металлов и сплавов в металлургии;

- обучение работе с массивом металлургической литературы;

- формирование и развитие социально-профессиональной компетентности, позволяющей сочетать академические, профессиональные, социально-личностные компетенции для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности;

- формирование профессиональных компетенций для работы в области металлургического производства.

### 1.2. Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины выпускник должен:

знать:

- физико-химические основы металлургических процессов;

- механизм процессов плавления, затвердевания и нагрева материалов;

- способы преобразования различных видов энергии в тепловую;

- последние достижения научно-технического прогресса в усовершенствовании технологии производства сталей и сплавов;

уметь:

- рассчитывать основные технологические параметры процессов выплавки, разливки, тепловой обработки и пластической деформации стали, цветных металлов и сплавов;

- составлять материальный и энергетический (тепловой) балансы технологического оборудования металлургического производства;

- обоснованно выбирать и применять методы утилизации теплоты;

- определять количество вредных примесей в выбросах металлургического производства и разрабатывать мероприятия по их сокращению.

владеть:

- методикой расчёта шихты для выплавки чугуна и стали;
- методикой расчёта материального баланса металлургических агрегатов;
- информацией о современных технологиях производства стали высокого качества.

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

#### *Требования к базовым профессиональным компетенциям*

Специалист, освоивший содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующими базовыми профессиональными компетенциями:

СК-14. Знать основные этапы сталеплавильного производства. Быть способным выполнять термодинамические расчеты окислительно-восстановительных процессов металлургического производства с использованием законов физической химии.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- владеть вопросами металлургического производства;
- быть готовым к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, к работе над комплексными проектами;
- анализировать перспективы и направления развития металлургического производства, выбирать оптимальные технологии с учетом экологических требований и энергосбережения;
- работать с научной и патентной литературой, словарями, справочными материалами;
- взаимодействовать со специалистами смежных профессий, анализировать и оценивать собранные данные;
- понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности.

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

На изучение дисциплины «Теория и технология металлургического производства» предусмотрено всего: 256 часов (из них аудиторных – 136 часов).

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Вид занятий, курс, семестр	Дневная форма	
	2	
Курс	2	
Семестр	3	4
Лекции (часов)	34	34
Лабораторные занятия (часов)	17	17
Практические занятия (часов)	17	17
Всего аудиторных (часов)	68	68
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине		
Экзамен (семестр)	3	4

Форма получения высшего образования: **дневная**. Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 6 зачетных единиц.

## **2 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Часть 1 ТЕХНОЛОГИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

#### **Тема 1.1 Введение**

Структура и основные технологические процессы металлургического производства. Общая характеристика процессов сталеплавильного производства. Общая характеристика процессов обработки металлов давлением. Общая характеристика процессов материалобработки.

#### **Тема 1.2 Физико-химические закономерности металлургических процессов**

Физико-химические закономерности металлургических процессов (9 ч.). Структура и основные технологии металлургического производства. Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами. Окисление металлов. Химическая термодинамика. Основные понятия и определения.

Теплоемкость. Тепловые эффекты.

#### **Тема 1.3 Способы преобразования различных видов энергии в тепловую**

Термодинамический анализ реакций гетерогенного горения. Термодинамический анализ реакций неполного и полного горения углерода. Кинетика и механизм реакций гомогенного горения. Положение теории цепных реакций. Воспламенение газовых смесей. Воспламенение и тушение угля. Теловой режим эндотермических гетерогенных реакций.

#### **Тема 1.4 Шлаки, их назначение и строение**

Формирование, технологические функции шлаков. Классификация шлаков. Строение расплавленных шлаков. Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Распределение компонентов между металлом и шлаком. Окислительная способность шлака. Коэффициент распределения и факторы его определяющие.

#### **Тема 1.5 Строение жидких расплавов**

Характеристика жидкого состояния. Особенности дифракционных методов. Модели простых жидкостей. Расчеты физико-химических свойств расплавов по дифракционным сплавам.

#### **Тема 1.6 Газы и неметаллические включения в сплавах**

Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими расплавами. Кинетика растворения газов в расплавах на основе железа. Взаимодействие газов со шлаками.

#### **Тема 1.7 Кристаллизация стального слитка и качество металла. Способы внешних воздействий на кристаллизующийся металл**

Строение металлического слитка. Особенности формирования кристаллической структуры. Легирование. Схема промышленных методов легирова-

ния. Влияние легирующих элементов на свойства сплавов. Модифицирование. Рафинирование. Технологические схемы процессов. Оборудование для разливки в слитки. Оборудование для непрерывной разливки стали. Непрерывная разливка и листопрокатное производство. Кристаллизация стального слитка и качество металла. Особенности строения слитка спокойной стали. Усовершенствование конструкций кристаллизаторов. Роль промежуточного ковша на установках непрерывной разливки стали.

### **Тема 1.8 Современные технологии получения стали высокого качества. Способы внешних воздействий на кристаллизирующийся металл**

Передовые достижения научно-технического прогресса в усовершенствовании технологии производства сталей и сплавов.

Методы и способы внепечной обработки металлов. Технология и оборудование для внепечной обработки. Методы интенсификации металлургических процессов. Обработка металла вакуумом. Обработка металла вакуумом и кислородом. Продувка металла инертными газами. Аргоно-кислородная продувка. Обработка металла синтетическими шлаками. Введение реагентов вглубь металла. Комбинированные (комплексные) методы внепечной обработки. Получение стали со сверхнизким содержанием углерода. Предотвращение вторичного окисления. Методы отделения шлака от металла («отсечка» шлака). Флотация и фильтрация неметаллических включений. Перспективы использования кислых сталеплавильных процессов. Переплавные процессы.

### **Тема 1.9 Проблемы охраны природы и ресурсосбережения в металлургическом производстве**

Металлургические технологии переработки отходов. Использование металлургических агрегатов для переработки (утилизации) отходов. Подготовка отходов к переработке.

Использование химического тепла отходящих газов сталеплавильных агрегатов. Использование физического тепла отходящих газов при подогреве металлолома. Переработка и утилизация шлаков. Использование шламов. Ресурсосбережение и проблемы охраны природы в металлургии. Отходы и их утилизация. Охрана природы и ресурсосбережение в металлургии. Экономия энергоресурсов.

## **Часть 2 ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

### **Тема 2.1 Основы горячей сортовой прокатки**

Общие сведения и виды прокатки. Продольная и поперечная прокатка. Оборудование для прокатки, классификация и обозначения прокатных станов. Калибровка валков прокатных станов. Типовые технологические схемы производства проката. Производство труб и специальных профилей.

### **Тема 2.2 Основы волочения**

Общие сведения и виды волочения. Сортамент продукции. Волочение труб, прутков, проволоки. Канатное производство. Оборудование и инструмент. Типовая технологическая схема волочения проволоки.

### **Тема 2.3 Основы метизного производства**

Общие сведения о технологии изготовления метизов. Схема высадки как основная технологическая операция при производстве метизов. Изготовление шурупов, винтов, гаек, гвоздей. Оборудование для производства метизов.

### **Тема 2.4 Основы технологииковки и горячей и холодной штамповки**

Общие сведения о ковке металлов. Характеристикаковки с позиций ресурсосбережения. Температурные интервалыковки. Оборудование и инструмент дляковки. Основные и вспомогательные операцииковки. Получение, обработка и дефекты кузнечных слитков. Резка металла в кузнечно-штамповочных цехах. Этапы разработки технологического процесса производства поковок.

Горячая и холодная объемная штамповка. Формоизменение при объемной штамповке. Штампы. Штамповка в открытых штампах. Усилие деформации и выбор оборудования. Штамповка в закрытых штампах. Технологическое назначение заусенца. Штамповка выдавливанием.

Общие сведения о листовой штамповке. Достоинства и особенности. Разделительные и формоизменяющие операции листовой штамповки. Оборудование и инструмент.

### **Тема 2.5 Основы технологии прессового производства**

Общие сведения и виды прессования. Сортамент прессовой продукции. Прессование на горизонтальных гидравлических прессах. Прямое и обратное прессования. Технологические характеристики прессования. Полунепрерывное и непрерывное прессование. Имитационные модели прессования. Производство профилей, прутков, панелей и труб. Типовая технологическая схема прессования профилей. Оборудование и инструмент для прессования. Элементы проектирования матриц и форкамер для прессования алюминиевых профилей.

## **Часть 3 ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛООБРАБОТКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **Тема 3.1 Технологии резки материалов**

Плазменная резка. Лазерная резка. Гидроабразивная резка. Сравнение технологических процессов резки металла.

### **Тема 3.2 Передовые технологические процессы обработки металлов давлением**

Разработка новых технологий пластической деформации. Точная



штамповка. Гидроформовка. Ротационная штамповка. Радиальная ковка. Ротационная прокатка. Штамповка с обкатыванием. Электровысадка. Сравнение технологических возможностей современных методов обработки материалов давлением

### **Тема 3.3 Технологии литья**

Классификация и перспективы развития литейных технологий. Технология вакуумно-пленочной формовки (ВПФ). Литье в кокиль. Литье под давлением. Центробежное литье. Литье по выплавляемым моделям. Сравнение показателей различных технологий литья.

### **Тема 3.4 Технологии получения неразъемных соединений**

Передовые технологические процессы сварки. Электродуговая сварка в среде защитных газов. Лазерная сварка. Сварка электронным лучом. Контактная сварка. Сварка трением. Сварка взрывом. Ультразвуковая сварка. Гибридная сварка. Плазменная и микроплазменная сварка.

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСРЖ	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские	Лабораторные занятия	Итого		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>3-й семестр</b>								
	<b>1 ТЕХНОЛОГИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА</b>	<b>34</b>	<b>17</b>		<b>17</b>			
1.1	Введение. Структура и основные технологии металлургического производства	4						устный опрос
1.2	Физико-химические закономерности металлургических процессов	4	4		4			защита ЛР №1; защита ПР. №1
1.3	Способы преобразования различных видов энергии в тепловую	4			8			защита ЛР №2,3, устный опрос
1.4	Шлаки, их назначение и строение	4	4					защита ПР. №2
1.5	Строение жидких расплавов	4						устный опрос
1.6	Газы и неметаллические включения в сплавах	4	4					защита ПР. №3
1.7	Кристаллизация стального слитка и качество металла.	4						устный опрос
1.8	Современные технологии получения стали высокого качества	4	5		5			защита ЛР. №4 защита ПР. №4
1.9	Проблемы охраны природы и ресурсосбережения в металлургическом производстве	2						устный опрос
<b>Итого (часов) в 3-м семестре:</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>экзамен</b>
<b>4-й семестр</b>								
	<b>2 ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ</b>	<b>20</b>	<b>12</b>		<b>12</b>			
2.1	Основы горячей сортовой прокатки	4	8		8			защита ЛР №5,6; ПР. №5,6
2.2	Основы волочения	4	4		4			защита ЛР №7; ПР. №7
2.3	Основы метизного производства	4						устный опрос
2.4	Основы технологииковки и горячей и холодной штамповки	4						устный опрос
2.5	Основы технологии прессового производства	4						устный опрос
	<b>3 ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛООБРАБОТКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА</b>	<b>14</b>	<b>5</b>		<b>5</b>			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.1	Технологии резки материалов	2	5		5			защита ЛР №5; ПР. №8
3.2	Передовые технологические процессы обработки металлов давлением	4						защита ЛР №6
3.3	Технологии литья	4						защита ЛР. №7
3.4	Технологии получения неразъемных соединений	4						защита ЛР. №8
<b>Итого (часов) в 4-м семестре:</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>экзамен</b>
<b>Итого (часов) по дисциплине:</b>		<b>68</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	

### Перечень и тематика лабораторных занятий:

№ п/п	Наименование тем и их содержание	Объем, час.
<b>3-й семестр</b>		
1	Определение удельной теплоты плавления льда	4
2	Определение удельной теплоемкости твердых тел	4
3	Определение удельной теплоемкости металлов	4
4	Изучение явления поверхностного натяжения	5
<b>Итого за 3-й семестр:</b>		<b>17</b>
<b>4-й семестр</b>		
5	Изучение параметров очага деформации при продольной прокатке алюминиевых полос	4
6	Изучение уширения при прокатке	4
7	Изучение параметров очага деформации при волочении	4
8	Изучение процесса резки полосы с ножами различной геометрии реза.	5
<b>Итого за 4-й семестр:</b>		<b>17</b>
<b>ИТОГО:</b>		<b>34</b>

### Перечень и тематика практических занятий:

№п/п	Наименование тем и их содержание	Объем, час.
<b>3-й семестр</b>		
1	Шихта металлургического производства. Методы расчета шихты	4
2	Расчет равновесий реакций по термическим данным	4
3	Определение равновесных коэффициентов распределения серы между шлаком и металлом	4
4	Расчеты восстановительных процессов в металлургических процессах	5
<b>Итого за 3-й семестр:</b>		<b>17</b>
<b>4-й семестр</b>		
5	Расчеты параметров очага деформации при продольной прокатке	4

6	Расчет скоростного режима непрерывной продольной прокатки	4
7	Расчеты параметров очага деформации при волочении	4
8	Расчет усилия резки металла на механических ножницах	5
<b>Итого за 4-й семестр:</b>		<b>17</b>
<b>ИТОГО:</b>		<b>34</b>

Библиотека ГГТУ им. П.О.Семанова

## 4 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Основная литература

1. Воскобойников, В.Г. Общая металлургия: учеб.для вузов. / Кудрин В.А., Якушев А.М. - М.: Металлургия, 2005. – 768 с.
2. Кудрин А.В. Теория и технология производства стали: учебник для вузов. - Москва: Мир: АСТ, 2003. - 527с.
3. Меркер, Э.Э. Индустриальные системы, технологические процессы и оборудование в металлургии: учебное пособие для ВУЗов / Э.Э. Маркер. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 131 с.
4. Пикунов, М. В. Плавка металлов. Кристаллизация сплавов. Затверждение отливок.: учеб. пособие для вузов. - Москва: МИСИС, 2005. - 415 с.
5. Уткин, Н.И. Производство цветных металлов. – 2-е изд. - М.: Интернет Инжиниринг, 2004. – 442 с.
6. Физические свойства материалов : учебное пособие / В.И. Грызунов, Т.И. Грызунова, О.А. Клецова и др. – 3-е изд., доп. – Москва: Флинта, 2019. – 137 с.: схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461082> – ISBN 978-5-9765-2404-0. – Текст: электронный.
7. Анисович, А.Г. Структуры металлов и сплавов в технологических процессах машиностроения: научное издание / А.Г. Анисович, А.А. Андрушевич - НАН Беларуси, Физико-технический институт. – Мн: Беларуская навука, 2018. – 136 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=498688> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-985-08-2363-2. – Текст: электронный.

### 4.2 Дополнительная учебная и научная литература

8. Тарасов, А.В. Технология цветной металлургии. / Уткин Н.И.; под ред. А.В.Тарасова - М.: ТОО "П-Центр", 1999
9. Глебов, А.Г., Машкевич Е.И. Электрошлаковый переплав.-М.: Металлургия, 1985. -343 с.
10. Севрюков, Н.Н. Общая металлургия: учеб.для вузов. / Н.Н. Севрюков, Кузьмин Б.А., Челищев Е.В. - М.: Металлургия, 1976.
11. Попель, С.И. Теория металлургических процессов. / С.И. Попель, А.И. Сотников, В.Н. Бороненков и др. - М.: Металлургия, 1987.- 463 с.

### 4.3 Учебно-методические комплексы

12. ЭУМК №156 Жаранов, В. А. Технология металлургического производства: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/2054>

#### 4.4 Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Устный опрос.

Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

Отчеты по практическим работам с их устной защитой.

Письменный экзамен.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, должно быть ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, развитие навыков анализа и самостоятельности в принятии инженерных решений в будущей инженерной деятельности, умение работать с научной и технической литературой.

При изучении дисциплины также рекомендуется использовать такую форму управляемой самостоятельной работы, как решение индивидуальных заданий в аудитории, написание рефератов по отдельным темам, выходящим за рамки лекционного курса.

Рекомендуется не все вопросы программы 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 включать в перечень вопросов к экзамену.

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

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным заданиям;
- подготовка докладов и сообщений по индивидуальным темам.

##### *Диагностика компетенций студента*

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий, закрепления и углубления теоретических знаний по дисциплине:

- проведение текущих контрольных опросов на лекционных занятиях, защите лабораторных и практических работ;
- экзамен по дисциплине;
- выступление студентов с докладами на научно-технических конференциях по подготовленным материалам.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний в форме тестирования, коллоквиумов по темам и разделам курса (модулям).

##### *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.

#### 4.5 Перечень контрольных вопросов:

1. Свойства металлов: физические, механические.
2. Химическая активность металлов. Классификация металлов.
3. Черные металлы, масштабность их производства.
4. Способы восстановления металлов. Прямое и косвенное восстановление.
5. Технический процесс металлургического производства и развитие теории металлургических процессов. Основы термодинамики металлургических процессов
6. Диссоциация твердых окислов и карбонатов.
7. Термодинамический анализ.
8. Механизм и кинетика диссоциации.
9. Кинетика окисления твердых металлов.
10. Общая характеристика восстановительных процессов.
11. Термодинамика восстановления металлов газами и твердым углеродом.
12. Механизм и кинетика восстановления металлов из твердых оксидов.
13. Понятие кислородного потенциала сложной газовой фазы.
14. Общие характеристики окислительного потенциала газовой фазы.
15. Расчет равновесного давления кислорода и кислородных потенциалов в равновесной газовой смеси.
16. Факторы, влияющие на изменение равновесного состава газовой фазы при окислении твердого углерода.
17. Характеристика жидкого состояния.
18. Особенности дифракционных методов.
19. Расчеты физико-химических свойств расплавов по дифракционным сплавам.
20. Общая схема восстановления оксидов железа газами.
21. Металлургические шлаки.
22. Функции и строение шлаков.
23. Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Поверхностные свойства.
24. Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами.
25. Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими расплавами.
26. Кинетика растворения газов в расплавах на основе железа.
27. Взаимодействие газов со шлаками.
28. Диссоциация и прочность химических соединений.
29. Термическая диссоциация. Упругость диссоциации.
30. Критерии прочности химических соединений. Аналитический метод определения величины упругости диссоциации.
31. Влияние фазовых переходов на величину упругости диссоциации.

32. Понятие термодинамической активности компонентов расплава.
33. Типы стандартных состояний.
34. Термодинамические параметры взаимодействия первого и второго порядка.
35. Связь коэффициентов активности и параметров взаимодействия.
36. Расчет активностей компонентов сложнолегированного металлического расплава.
37. Кинетический и диффузионный контроль скорости роста окисной пленки. Закономерности окисления железа.
38. Свойства и состав высокотемпературной газовой атмосферы.
39. Расчет равновесного состава газовой фазы.
40. Расчет степени диссоциации  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .
41. Термодинамический анализ реакций гетерогенного горения.
42. Термодинамический анализ реакций неполного и полного горения углерода.
43. Кинетика и механизм реакций гомогенного горения. Положение теории цепных реакций.
44. Основные закономерности восстановительных процессов.
45. Общие закономерности окислительно-восстановительных реакций.
46. Восстановление газами. Минимальный расход газа восстановителя.
47. Прямое восстановление. Условие прямого восстановления различных оксидов.
48. Металлотермическое восстановление. Косвенное восстановление из раствора.
49. Прямое восстановление из раствора. Условия косвенного и прямого восстановления при переходе продукта реакции в раствор.
50. Механизм восстановления оксидов газами.
51. Металлургические шлаки. Формирование, технологические функции шлаков.
52. Классификация шлаков. Строение расплавленных шлаков. Химические потенциалы и активности компонентов шлака.
53. Закономерности науглероживания железа.
54. Науглероживание железа оксидом углерода.
55. Зависимость степени науглероживания железа от давления и состава газовой фазы.
56. Металлические расплавы. Вязкость, плотность, поверхностное натяжение.
57. Основы взаимодействия металлической, оксидной и газовой фаз.
58. Термодинамические основы окислительного рафинирования металлов.
59. Раскисление стали.
60. Неметаллические включения в металлах.



## 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
Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов	МиТОМ	Ю.Л. Бобарикин, нет
Теория и технология электроплавки цветных металлов	МиТОМ	Ю.Л. Бобарикин, нет