

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

  
О.Д. Асенчик

(подпись)

28.06.2017

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-33-28/уч.

## ТЕОРИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

- 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»
- 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)»
- 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов»

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-42 01 01-2013 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»;  
учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» № I 42-1-16/уч. от 17.09.2013.

### **СОСТАВИТЕЛЬ:**

А.В. Ткаченко, старший преподаватель кафедры «Металлургия и литейное производство» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Е.А. Зюзьков, главный металлург ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ»».

Д.Г.Кроль, декан заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.ф.-м.н., доцент

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и литейное производство» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 26.04.2017 г.)

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

(протокол № 5 от 06.05.2017 г.)

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

(протокол № 6 от 27.06.2017г.)

Регистрационный № МТФ УД 006-18/уч от 06.05.2017 г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Теория металлургических процессов» является одной из важных дисциплин при подготовке инженеров металлургического профиля.

Учебная программа «Теория металлургических процессов» подготовлена в соответствии со следующими нормативными документами первой ступени высшего образования специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»: ОСВО 1-42 01 01-2013, утвержденный и введенный в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. № 88; учебный план: № I-42-1-16/уч. от 17.09.2013.

### Цели и задачи учебной дисциплины

Возрастающие требования к качеству стали, используемой для нужд существующих отраслей промышленности и, особенно, для развития новых, прогрессивных направлений вызывают потребность в более подробном, тщательном изучении свойств производимого металла на самых ранних стадиях процесса, включая жидкое состояние. Металлургические процессы подчиняются общим законам физики и физической химии, но имеют свои отличительные особенности, которые могут играть решающую роль при осуществлении их на практике

Цель – 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.

Задачи – подготовка инженеров владеющих основами восстановления и окисления металлов, строения и свойств расплавленных металлов и сплавов, способами управления процессами, протекающими в металлургических агрегатах.

Место учебной дисциплины – дисциплина «Теория металлургических процессов» занимает важное место в системе подготовке специалиста с высшим образованием.

### Требования к освоению учебной дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

*знать:*

- теоретические основы металлургических процессов, основы теории их расчета и анализа эффективности;
- методы исследований термодинамики и массообменных процессов в агрегатах для получения металлов, особенности металлургии цветных и черных сплавов;
- основы рафинирования, модифицирования и легирования металлических расплавов;

*уметь:*

- проводить аналитическое исследование динамики физико-химических процессов в металлических расплавах,
- рассчитывать методы воздействия на расплавы во время выплавки, ковшевой обработки, разливки, и кристаллизации,
- использовать в практической деятельности современные достижения в области металлургии и литейного производства

*владеть:*

- навыками термодинамического анализа металлургических систем и процессов;
- навыками расчета фазового и химического состава равновесных систем технологических процессов металлургического производства;
- навыками проведения физико-химических расчетов применительно к системам и процессам черной металлургии;
- информацией о современных принципах совершенствования технологических процессов на металлургическом производстве

Требования к академическим компетенциям специалиста  
Специалист должен:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками;
- АК-4. Уметь работать самостоятельно;
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста  
Специалист должен:

- СЛК-1. Обладать качествами гражданственности;
- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения;
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике;
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

в производственно-технологической деятельности:

- ПК-1. Проводить расчет состава шихты для плавки стали, чугунов, алюминиевых, медных и цинковых сплавов;
- ПК-2. Разрабатывать технологические процессы получения отливок в разовые и постоянные литейные формы с учетом экологической безопасности, производственной санитарии и ресурсосбережения;
- ПК-3. Выбирать плавильные агрегаты и нагревательные печи, разрабатывать технологические процессы плавки и термической обработки, обеспечивающие высокое качество отливок и заготовок;
- ПК-5. Анализировать брак отливок и поковок, устанавливать его причины;
- ПК-6. Использовать компьютерную технику для расчета состава шихты и обоснования выбора литниково-питающей системы и режимов нагрева заготовок;
- ПК-7. Выбирать способы модифицирования сплавов черных и цветных металлов для получения требуемой макро- и микроструктуры сплавов;
- ПК-8. Обосновывать технологические параметры процесса рафинирования в зависимости от предъявляемых требований к отливкам и литым заготовкам;
- ПК-9. Разрабатывать мероприятия по снижению потребления материалов и энергоресурсов при производстве отливок;
- ПК-11. Выбирать оптимальные варианты обрубки и очистки отливок;
- ПК-17. Осуществлять оперативный контроль за функционированием основного технологического оборудования и режимами его работы;
- ПК-20. Владеть методиками определения основных физико-механических свойств сплавов черных и цветных металлов;
- ПК-21. Анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий;
- ПК-22. Быть готовым к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, к работе над комплексными проектами;

в проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности:

- ПК-23. Выполнять технико-экономическое обоснование способов получения литых заготовок, их нагрева и термообработки, в составе группы специалистов по проектированию технологической оснастки или самостоятельно;
- ПК-24. Разрабатывать технологические процессы получения отливок из сплавов черных и цветных металлов в разовые и постоянные

литейные формы, назначать режимы нагрева и термической обработки заготовок;

– ПК-25. Анализировать перспективы и направления развития литейного производства, металловедения и металлургической теплотехники, выбирать оптимальные технологии плавки и заливки металла с учетом экологических требований и энергосбережения;

– ПК-27. Составлять техническое задание на проектируемое технологическое оборудование или разрабатываемый технологический процесс с учетом результатов научно-исследовательских работ, планировать и проводить исследования по повышению качества сплавов черных и цветных металлов;

– ПК-28. Работать с научной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их обработки, обеспечивающей необходимые показатели свойств;

– ПК-30. Проводить сравнительный анализ технологических процессов плавки, заливки, изготовления форм и стержней, нагрева заготовок, термической обработки;

в организационно-управленческой деятельности:

– ПК-34. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей;

– ПК-35. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей, анализировать и оценивать собранные данные;

– ПК-40. Понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности;

– ПК-41. Налаживать контроль основных параметров технологических процессов плавки и разлива сплавов черных и цветных металлов.

в инновационной деятельности:

– ПК-42. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;

– ПК-44. Работать с научной, технической и патентной литературой

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Форма получения высшего образования дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Теория металлургических процессов», в соответствии с учебным планом по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет – 192 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

			Итого
Курс	3	3	3
Семестр	5	6	5, 6
Лекции (часов)	17	34	51
Лабораторные занятия (часов)	17	–	17
Практические занятия (часов)	–	17	17
Всего аудиторных часов	34	51	85

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:

Зачет, семестр	5	–	5
Экзамен, семестр	–	6	6

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основы теории металлургических процессов.

Тема 1.1. Цели и задачи изучения дисциплины. Технический процесс металлургического производства и развитие теории металлургических процессов. Основы термодинамики.

Состав металлургического комплекса. Типы производств в металлургическом комплексе. Специфика металлургического комплекса. Общая(или физическая) термодинамика, техническая термодинамика и химическая термодинамика.

Раздел 2. Диссоциация твердых окислов и карбонатов.

Тема 2.1. Окисление металлов. Термодинамический анализ. Механизм и кинетика диссоциации. Кинетика окисления твердых металлов.

Основные флюсующие компоненты при спекании железных руд и концентратов. Диссоциация карбонатов. Разложение карбонатов. Упругость диссоциации оксидов. Кинетика окисления гладкой поверхности металлов.

Раздел 3. Восстановление металлов из твердых оксидов.

Тема 3.1. Общая характеристика восстановительных процессов. Термодинамика восстановления металлов газами и твердым углеродом. Восстановление железных руд до металла. Процессы прямого получения железа. Процессы металлизации. Степень металлизации.

Тема 3.2. Механизм и кинетика восстановления металлов из твердых оксидов.

Процессы жидкофазного восстановления. Варианты процессов жидкофазного восстановления. Комплексная переработка железосодержащих материалов с примесями ценных компонентов.

Раздел 4. Характеристика жидкого состояния.

Тема 4.1. Особенности дифракционных методов. Модели простых жидкостей. Расчеты физико-химических свойств расплавов по дифракционным сплавам.

Модели строения жидкого металла. Гистерезис вязкости. Рентгенографический фазовый анализ. Понятие о дифракционном сплаве. Расчеты физико-химических свойств расплавов по дифракционным сплавам

Раздел 5. Металлургические шлаки.

Тема 5.1. Функции и строение шлаков. Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Поверхностные свойства. Полупроводниковые свойства шлаков.

Требования, предъявляемые к сталеплавильному шлаку. Основные методы контроля состава шлака. Степень подвижности шлака. Вязкость шлаков. Степень подвижности промышленных шлаков. Ионная теория шлаков. Молекулярная теория шлаков.

Раздел 6. Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами.

Тема 6.1. Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими расплавами. Кинетика растворения газов в расплавах на



основе железа.

Стадии процесса растворения газов в металле. Влияние температуры на растворимость газов. Закон квадратного корня или закон Сивертса. Изменение растворимости (поглощения) газов в металле при образовании раствора и химического соединения. Растворение водорода. Растворение азота. Растворение кислорода.

Тема 6.2. Взаимодействие газов со шлаками.

Источники газов, растворенных в металле. Удаление газов из металла. Источники газов в шлаках. Взаимодействие шлаков с газовой фазой печи. Влияние газовой атмосферы печи на состав и свойства шлаков. Влияние газов в шлаке на процессы дегазации металла.

Раздел 7. Диссоциация и прочность химических соединений.

Тема 7.1. Термическая диссоциация. Упругость диссоциации. Критерии прочности химических соединений. Аналитический метод определения величины упругости диссоциации. Влияние фазовых переходов на величину упругости диссоциации.

Виды диссоциации. Константа равновесия. Термодинамический анализ процессов диссоциации. Равновесное состояние. Упругость диссоциации. Диаграммы состояния металлургических систем.

Тема 7.2. Диссоциация оксидов железа. Кинетика и механизм процессов диссоциации и образования химических соединений. Зарождение и рост новой фазы.

Термодинамика процессов диссоциации оксидов железа. Стандартная энергия Гиббса реакций диссоциации оксидов железа. Области устойчивого существования железа и его оксидов. Энтальпия образования химических соединений. Закономерности зарождения новой фазы и последующего роста зародышей при кристаллизации.

Тема 7.3. Окисление металлов. Кинетический и диффузионный контроль скорости роста окисной пленки. Закономерности окисления железа.

Законы роста оксидных пленок на металлах. Процесс роста пористой пленки. Адсорбция окислителя на внешней поверхности оксида. Параболический и степенной законы окисления. Закономерности окисления железа.

Раздел 8. Свойства и состав высокотемпературной газовой атмосферы.

Тема 8.1. Термодинамический анализ реакций гомогенного горения. Окислительно-восстановительные свойства смеси CO-CO<sub>2</sub>. Расчет равновесного состава газовой фазы.

Состав газообразного топлива. Компоненты топлива. Пирометаллургические процессы производства металлургических расплавов. Термодинамический анализ реакций, протекающих в сложных газовых атмосферах.

Тема 8.2. Термодинамический анализ реакции горения водорода. Расчет степени диссоциации CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.

Воспламенение же газовой смеси (H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>). Анализ кинетических характеристик реакций горения водорода. Условия воспламенения газовой

смеси ( $\text{H}_2 + \text{O}_2$ ).

Раздел 9. Термодинамический анализ реакций гетерогенного горения.

Тема 9.1. Термодинамический анализ реакций неполного и полного горения углерода. Кинетика и механизм реакций гомогенного горения. Положение теории цепных реакций.

Распространение пламени в газоздушных смесях. Скорость распространения пламени. Ламинарный и турбулентный газовый факел. Методы сжигания газов. Цепной механизм реакции горения и его стадии.

Тема 9.2. Воспламенение газовых смесей. Воспламенение и тушение угля. Теловой режим эндотермических гетерогенных реакций.

Реакции воспламенения газовых смесей. Пределы воспламенения газовой смеси. Непрерывное воспламенение газовой смеси. Термически неравновесные процессы при воспламенении и горении водородных и углеводородных топлив. Воспламенение угля в результате непрерывно развивающихся окислительных реакций. Теория теплового режима гетерогенных экзотермических реакций.

Раздел 10. Основные закономерности восстановительных процессов.

Тема 10.1. Общие закономерности окислительно-восстановительных реакций. Восстановление газами. Минимальный расход газа-восстановителя.

Типы ионных реакций. Окислительно-восстановительные реакции с раздельным протеканием окисления и восстановления (электрохимические). Степени окисления (СО). Показатели процессов восстановления. Ход восстановительных процессов. Изменение хода восстановительных процессов. Условия восстановления газами. Определение расхода газа-восстановителя

Тема 10.2. Прямое восстановление. Условие прямого восстановления различных оксидов. Металлотермическое восстановление. Косвенное восстановление из раствора.

Восстановление оксидов железа углеродом. Суммарная скорость прямого восстановления. Кинетика восстановления железа. Скорость восстановления оксидов железа. Восстановление оксидов других металлов, кроме железа.

Раздел 11. Прямое восстановление из раствора.

Тема 11.1. Условия косвенного и прямого восстановления при переходе продукта реакции в раствор. Косвенное восстановление оксидов железа. Прямое восстановление оксидов железа.

Восстановление оксидов железа твёрдыми и газообразными восстановителями. Равновесный состав газовой фазы. Механизм и кинетика процессов косвенного и прямого восстановления.

Тема 11.2. Восстановление оксидов железа водородом. Механизм восстановления оксидов газами.

Механизм и кинетика процессов восстановления оксидов железа водородом. Повышение эффективности процесса прямого восстановления железа.

Раздел 12. Металлургические шлаки.

Тема 12.1. Формирование, технологические функции шлаков. Классификация шлаков. Строение расплавленных шлаков.

Классификация металлургических шлаков. Виды металлургических шлаков. Строение шлакового расплава. Состав металлургических шлаков. Физико-химические свойства металлургических шлаков. Термодинамические свойства шлаковых расплавов. Молекулярная теория шлаковых расплавов, особенности и недостатки.

Тема 12.2. Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Распределение компонентов между металлом и шлаком.

Расчеты химических потенциалов компонентов металлургических шлаков. Полимеризационная теория шлаковых расплавов. Вязкость шлаков. Газопроницаемость металлургических шлаков. Плавление и затвердевание многофазной кристаллической системы (шлака). Эмпирические модели вязкости жидких шлаков.

Тема 12.3. Окислительная способность шлака. Коэффициент распределения и факторы его определяющие.

Существующие теории строения металлургических расплавов. Методы расчета свойств металлургических шлаковых расплавов и результатов взаимодействия металла со шлаком. Базовая модель структуры шлаковых расплавов. Интегральными характеристиками шлаковых расплавов.

Раздел 13. Закономерности науглероживания железа.

Тема 13.1. Науглероживание железа оксидом углерода. Науглероживание железа метаном.

Теоретическая физико-химическая модель процесса науглероживания. Процесс науглероживания расплава без или с участием карбонатов щелочноземельных металлов. Механизмам насыщения расплава углеродом на границе металл–науглероживатель. Реакция газификации углерода. Процесс образования CO на гранулах науглероживателя.

Тема 13.2. Активность углерода в расплаве железа. Зависимость степени науглероживания железа от давления и состава газовой фазы.

Константа равновесия реакции газификации углерода. Кинетическая схема процесса науглероживания. Процессы восстановления при доменной выплавке чугуна.

Раздел 14. Металлические расплавы.

Тема 14.1. Вязкость, плотность, поверхностное натяжение, электрическое сопротивление жидких металлов. Строение бинарных расплавов.

Высокотемпературные металлургические процессы. Высокотемпературная обработка расплава. Квазихимическая модель микронеоднородного строения расплава. Термодинамические свойства металлических расплавов.

Тема 14.2. Кристаллизация бинарного сплава Al-Si. Понятие о модифицировании силуминов.

Структура и механические свойства системы Al-Si. Признаки промежуточных фаз в системах Al-Si. влияние скорости охлаждения при

кристаллизации на структурно-фазовый состав/

Раздел 15. Основы взаимодействия металлической, оксидной и газовой фаз.

Тема 15.1. Термодинамические основы окислительного рафинирования металлов. Растворимость кислорода в жидких металлах и сложных расплавах. Поведение кремния и марганца в сталеплавильных процессах.

Эндотермические процессы растворения газов в металлах (железе, никеле и др.). Влияние легирующих элементов на растворимость азота в расплавах на основе железа или никеля. Особенности взаимодействия азота с металлическими расплавами.

Тема 15.2. Раскисление стали. Распределение серы, фосфора между расплавами железа и оксидными расплавами.

Основные задачи раскисления. Изменение содержания кислорода в железоуглеродистых расплавах. Законы химической термодинамики процесса раскисления стали. Аппарат химической кинетики процесса раскисления стали. Осаждающий или глубинный метод раскисления стали. расчета активностей компонентов расплава. Комплексное раскисление. Раскислительная способность элементов.

Тема 15.3. Термодинамические и кинетические закономерности растворения азота и водорода в металлах и сплавах. Неметаллические включения в металлах.

Равновесие газовой и твердой фаз по азоту. Равновесие газовой и твердой фаз по углероду. Равновесие газовой и твердой фазы по кислороду. Газохроматографическое определение термодинамических характеристик растворения азота и водорода в металлах и сплавах. Характеристика неметаллических включений. Источники образования неметаллических включений.

**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
1	Основы теории металлургических процессов.							
1.1	Цели и задачи изучения дисциплины. Технический процесс металлургического производства и развитие теории металлургических процессов. Основы термодинамики.	2			2			О, ЗЛР, Э
2	Диссоциация твердых окислов и карбонатов.							
2.1	Окисление металлов. Термодинамический анализ. Механизм и кинетика диссоциации. Кинетика окисления твердых металлов.	2			2			О, ЗЛР, Э
3	Восстановление металлов из твердых оксидов.							
3.1	Общая характеристика восстановительных процессов. Термодинамика восстановления металлов газами и твердым углеродом.	2			2			О, ЗЛР, Э
3.2	Механизм и кинетика восстановления металлов из твердых оксидов.	2			2			О, ЗЛР, Э
4	Характеристика жидкого состояния.							
4.1	Особенности дифракционных методов. Модели простых жидкостей. Расчеты физико-химических свойств расплавов по дифракционным сплавам.	2			2			О, ЗЛР, Э
5	Металлургические шлаки.							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.1	Функции и строение шлаков. Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Поверхностные свойства. Полупроводниковые свойства шлаков.	2			2			О, ЗЛР, Э
6	Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами.							
6.1	Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими расплавами. Кинетика растворения газов в расплавах на основе железа.	2			2			О, ЗЛР, Э
6.2	Взаимодействие газов со шлаками.	1			2			О, ЗЛР, Э
7	Диссоциация и прочность химических соединений.							
7.1	Термическая диссоциация. Упругость диссоциации. Критерии прочности химических соединений. Аналитический метод определения величины упругости диссоциации. Влияние фазовых переходов на величину упругости диссоциации.	2			1			О, ЗЛР, Э
7.2	Диссоциация оксидов железа. Кинетика и механизм процессов диссоциации и образования химических соединений. Зарождение и рост новой фазы.	2						УО, Э
7.3	Окисление металлов. Кинетический и диффузионный контроль скорости роста окисной пленки. Закономерности окисления железа.	1	2					О, ЗЛР, Э
8	Свойства и состав высокотемпературной газовой атмосферы.							
8.1	Термодинамический анализ реакций гомогенного горения. Окислительно-восстановительные свойства смеси CO-CO <sub>2</sub> . Расчет равновесного состава газовой фазы.	2						УО, Э
8.2	Термодинамический анализ реакции горения водорода. Расчет степени диссоциации CO <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O.	1	2					УО, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Термодинамический анализ реакций гетерогенного горения.							
9.1	Термодинамический анализ реакций неполного и полного горения углерода. Кинетика и механизм реакций гомогенного горения. Положение теории цепных реакций.	2	2					УО, Э
9.2	Воспламенение газовых смесей. Воспламенение и тушение угля. Теловой режим эндотермических гетерогенных реакций.	2						УО, Э
10	Основные закономерности восстановительных процессов.							
10.1	Общие закономерности окислительно-восстановительных реакций. Восстановление газами. Минимальный расход газавосстановителя.	2						УО, Э
10.2	Прямое восстановление. Условие прямого восстановления различных оксидов. Металлотермическое восстановление. Косвенное восстановление из раствора.	2	2					УО, Э
11	Прямое восстановление из раствора.							
11.1	Условия косвенного и прямого восстановления при переходе продукта реакции в раствор. Косвенное восстановление оксидов железа. Прямое восстановление оксидов железа.	2						УО, Э
11.2	Восстановление оксидов железа водородом. Механизм восстановления оксидов газами.	1						УО, Э
12	Металлургические шлаки.							
12.1	Формирование, технологические функции шлаков. Классификация шлаков. Строение расплавленных шлаков.	2						УО, Э
12.2	Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Распределение компонентов между металлом и шлаком.	2	2					УО, Э
12.3	Окислительная способность шлака. Коэффициент распределения и факторы его определяющие.	1	2					УО, Э

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Закономерности науглероживания железа.							
13.1	Науглероживание железа оксидом углерода. Науглероживание железа метаном.	2	2					УО, Э
13.2	Активность углерода в расплаве железа. Зависимость степени науглероживания железа от давления и состава газовой фазы.	1						УО, Э
14	Металлические расплавы.							
14.1	Вязкость, плотность, поверхностное натяжение, электрическое сопротивление жидких металлов. Строение бинарных расплавов.	2						УО, Э
14.2	Кристаллизация бинарного сплава Al-Si. Понятие о модифицировании силуминов.	1						УО, Э
15	Основы взаимодействия металлической, оксидной и газовой фаз.							
15.1	Термодинамические основы окислительного рафинирования металлов. Растворимость кислорода в жидких металлах и сложных расплавах. Поведение кремния и марганца в сталеплавильных процессах.	2	1					УО, Э
15.2	Раскисление стали. Распределение серы, фосфора между расплавами железа и оксидными расплавами.	2	2					УО, Э
15.3	Термодинамические и кинетические закономерности растворения азота и водорода в металлах и сплавах. Неметаллические включения в металлах.	2						УО, Э
	Всего (часов):	51	17			17		

Принятые обозначения: УО- устный опрос; О- отчет по лабораторной работе; ЗЛР- защита лабораторной работы; Э- экзамен



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 2000. - 768 с.
2. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 1998. - 768 с.
3. Линчевский Б. В. Техника металлургического эксперимента : учебное пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 1992. - 240с.

## Дополнительная литература

4. Леви , Л. И. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов : учебник / Л. И. Леви, Л. М. Мариенбах. - Москва : Машиностроение, 1970. - 496 с
5. Борнацкий, И. И. Теория металлургических процессов / И. И. Борнацкий. - Киев-Донецк : Вища школа, 1978. - 287 с.
6. Вольский, А.Н. Теория металлургических процессов / А.Н. Вольский, Е.М. Сергиевская. - Москва : Металургия, 1968. - 344 с.
7. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 6-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Академкнига, 2002. - 768 с.
8. Казачков , Е. А. Расчеты по теории металлургических процессов : Учеб. пособие / Евгений Александрович Казачков. - М. : Металлургия, 1988. - 288 с
9. Погорелый, А. Д. Теория металлургических процессов / А. Д. Погорелый. - Москва : Металлургия, 1971. - 504 с
10. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г. Б. Сиярев [и др.]; АН СССР, Урал. науч. центр, Ин-т металлургии. - Москва : Наука, 1982. - 263 с., 1 л. схем
11. Уманский Я. С. Рентгенография металлов и полупроводников : учеб. пособие для студентов металлургических спец. вузов. - Москва : Металлургия, 1969. - 496с.
12. Физико-химические методы исследования металлургических процессов : [учеб. для металлург. спец. вузов ] / П. П. Арсентьев и др.. - Москва : Металлургия, 1988. - 509 с.
13. Физико-химические основы металлургических процессов / А. А. Жуховицкий и др.. - Москва : Металлургия, 1973. - 392 с.

## Электронные учебно-методические комплексы

14. Жаранов, В. А. Теория металлургических процессов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель : ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск (№ метод. ук.: ЭУМКД56). Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

15. Жаранов, В. А. Технология металлургического производства : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск (№ метод. ук.: ЭУМКД156). Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

16. Теория и технология плавки. Теория металлургических процессов : пособие по выполнению контрольных работ для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / Д. Н. Каржов ; кафедра "Машины и технология литейного производства". - Гомель : ГГТУ, 2006. - 36 с. (№ метод. ук.: 3243). Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

*Список литературы введен АМ - (Лисцова Г.В.)*

### Примерный перечень лабораторных работ

1. Изучение процессов диссоциации карбонатов и твердых окислов в процессах плавки, окисления и восстановления в металлургических печах.
2. Изучение основных физико-химических свойств жидких расплавов.
3. Термическая диссоциация химических соединений при восстановлении чугуновой стружки.
4. Изучение параметров процессов сжигания топлива в металлургических печах. Основные характеристики твердого, жидкого и газообразного топлив.
5. Изучение процессов прямого твердофазного восстановления оксидов металлов.
6. Аналитическое исследование процессов и закономерностей науглероживания железа.
7. Кинетика химических взаимодействий в металлических расплавах.

### Примерный перечень тем практических занятий.

1. Расчеты восстановительных процессов в металлургических процессах.
2. Термодинамика процессов в расплавах металлов.
3. Термодинамика и физико-химические процессы в шлаковых расплавах.

4. Расчеты процессов химической диссоциации в металлургических процессах.
5. Расчет реакций в газовой фазе металлургических плавильных агрегатов.
6. Расчет окислительно-восстановительных реакций.
7. Моделирование и расчет процессов в металлургических шлаках.
8. Расчет межфазных взаимодействий в сталеплавильных агрегатах.

#### Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Технический процесс металлургического производства и развитие теории металлургических процессов. Основы термодинамики металлургических процессов.
2. Диссоциация твердых оксидов и карбонатов.
3. Окисление металлов.
4. Термодинамический анализ.
5. Механизм и кинетика диссоциации.
6. Кинетика окисления твердых металлов.
7. Восстановление металлов из твердых оксидов.
8. Общая характеристика восстановительных процессов.
9. Термодинамика восстановления металлов газами и твердым углеродом.
10. Особенности восстановления оксидов железа водородом.
11. Механизм и кинетика восстановления металлов из твердых оксидов.
12. Понятие кислородного потенциала сложной газовой фазы.
13. Общие характеристики окислительного потенциала газовой фазы.
14. Расчет равновесного давления кислорода и кислородных потенциалов в равновесной газовой смеси.
15. Факторы, влияющие на изменение равновесного состава газовой фазы при окислении твердого углерода.
16. Характеристика жидкого состояния.
17. Особенности дифракционных методов.
18. Расчеты физико-химических свойств расплавов по дифракционным сплавам.
19. Общая схема восстановления оксидов железа газами.
20. Факторы, влияющие на последовательность восстановления оксидов железа.
21. Термодинамические особенности восстановления оксидов железа водородом.
22. Металлургические шлаки.
23. Функции и строение шлаков.
24. Химические потенциалы и активности компонентов шлака. Поверхностные свойства.
25. Полупроводниковые свойства шлаков.
26. Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами.

27. Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими расплавами.
28. Кинетика растворения газов в расплавах на основе железа.
29. Взаимодействие газов со шлаками.
30. Диссоциация и прочность химических соединений.
31. Термическая диссоциация. Упругость диссоциации.
32. Критерии прочности химических соединений.
33. Аналитический метод определения величины упругости диссоциации химических соединений.
34. Влияние фазовых переходов на величину упругости диссоциации.
35. Диссоциация оксидов железа. Кинетика и механизм процессов диссоциации и образования химических соединений.
36. Зарождение и рост новой фазы в расплавах при кристаллизации.
37. Понятие термодинамической активности компонентов расплава.
38. Типы стандартных состояний.
39. Расчет активностей компонентов сложнолегированного металлического расплава.
40. Кинетический и диффузионный контроль скорости роста окисной пленки. Закономерности окисления железа.
41. Свойства и состав высокотемпературной газовой атмосферы.
42. Термодинамический анализ реакций гомогенного горения.
43. Окислительно-восстановительные свойства смеси CO-CO<sub>2</sub>.
44. Расчет равновесного состава газовой фазы.
45. Термодинамический анализ реакции горения водорода.
46. Расчет степени диссоциации CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.
47. Термодинамический анализ реакций гетерогенного горения.
48. Термодинамический анализ реакций неполного и полного горения углерода.
49. Кинетика и механизм реакций гомогенного горения. Положение теории цепных реакций.
50. Основные закономерности восстановительных процессов.
51. Общие закономерности окислительно-восстановительных реакций.
52. Восстановление газами. Минимальный расход газа-восстановителя.
53. Прямое восстановление. Условие прямого восстановления различных оксидов.
54. Металлотермическое восстановление. Косвенное восстановление из раствора.
55. Прямое восстановление из раствора. Условия косвенного и прямого восстановления при переходе продукта реакции в раствор.
56. Косвенное восстановление оксидов железа.
57. Прямое восстановление оксидов железа. Восстановление оксидов железа водородом.
58. Механизм восстановления оксидов газами.
59. Металлургические шлаки. Формирование, технологические функции шлаков.

60. Классификация шлаков. Строение расплавленных шлаков. Химические потенциалы и активности компонентов шлака.

61. Распределение компонентов между металлом и шлаком. Окислительная способность шлака. Коэффициент распределения и факторы его определяющие.

### Перечень методов (технологий) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- чередование теоретических лекционных занятий с лабораторными и практическими занятиями, а также с самостоятельной работой;
- использование во время теоретических занятий современных средств, презентаций и обучающих программ;
- использование модульно-рейтинговой оценки знаний.

### Организация и выполнение самостоятельной работы

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения лабораторных и практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка индивидуальных домашних заданий в соответствии с конкретным вариантом исходных данных;
- подготовка к сдаче экзамена.

Контроль самостоятельной работы студентов и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка, а также контроль и оценка со стороны преподавателя. Самостоятельную работу студентов можно разделить на обязательную и дополнительную. Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполненных контрольных работ, тестовых заданий и других форм текущего контроля. Баллы, полученные студентом по результатам аудиторной работы, формируют рейтинговую оценку текущей успеваемости студента по дисциплине.

Дополнительная самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. Подведение итогов и оценка результатов таких форм самостоятельной работы осуществляется во время контактных часов с преподавателем. Баллы, полученные по этим видам работы, формируют

оценку по дополнительной самостоятельной работе студента и учитываются при итоговой аттестации по курсу.

#### Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

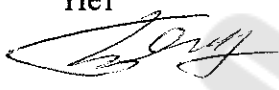
Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

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

#### Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний студентов в баллах по десятибалльной шкале применяется критерий оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013г. № 09-10/53-ПО).

## 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)
Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов	Металлургия и технологии обработки материалов	Нет  Ю.Л, Бобарикин	