



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОМЕННОГО  
ПРОЦЕССА***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Металлургия черных металлов

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 04.12.2015 г. № 1427)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallurgy and chemical technologies  
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук  С. К. Сибэгатуллин

Рецензент:  
Директор ООО "Шлаксервис" канд. техн. наук  А. Б. Великий

**Лист актуализации рабочей программы**

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от 31.08.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой А.С. Харченко А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у студентов общекультурных и личностных качеств для производственно-технологической и научно-исследовательской деятельности
- овладение представлениями, знаниями, умениями и навыками в соответствии с видом профессиональной деятельности: способностью осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке, готовностью оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория, технология и автоматизация доменного процесса входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

«Химия», «Физика», «Физическая химия пирометаллургических процессов», «Методы контроля и анализа веществ», «Основы металлургического производства», «Металлургическая теплотехника», «Информатика и информационные технологии»

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория, технология и автоматизация доменного процесса» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-10 способностью осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке	
Знать	<ul style="list-style-type: none"><li>- основные определения и понятия, используемые при осуществлении и корректировке технологии и автоматизации доменного процесса;</li><li>- основные методы исследований, используемых при осуществлении и корректировке технологии и автоматизации доменного процесса;</li><li>- определения понятий по выплавке чугуна в доменной печи, называет характеристики хода доменного процесса;</li><li>- шихтовые материалы доменной плавки; основные технико-экономические показатели доменной плавки и способы их улучшения; общие правила построения алгоритмов автоматизированного управления доменным процессом;</li><li>- определения процессов: движение шихтовых материалов при загрузке в печь, горение топлива у фурм доменной печи, теплообмен в доменной печи, движение материалов в доменной печи, движение газов в доменной печи, восстановление и формирование чугуна, плавление и шлакообразование.</li></ul>

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выделять наиболее значимые составляющие теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения задач по повышению производительности доменной печи, снижению удельного расхода кокса, улучшению качества чугуна, обеспечению длительной службы печи;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного при изменении технологии доменной плавки;</li> <li>- объяснять (выявлять и строить) типичные модели задач, относящихся к теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> <li>- применять знания по теории, технологии и автоматизации доменного процесса в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне;</li> <li>- приобретать знания в области доменного процесса;</li> <li>- корректно выражать и аргументировано обосновывать положения теории, технологии и автоматизации доменного процесса.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками использования элементов теории, технологии и автоматизации доменного процесса на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на практике;</li> <li>- способами демонстрации умения анализировать ситуацию при изменении технологических параметров доменной плавки;</li> <li>- методами определения удельного расхода кокса и производительности доменной печи при изменении условий работы;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности в области технологии доменной плавки;</li> <li>- способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов при моделировании доменного процесса;</li> <li>- возможностью междисциплинарного применения теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> <li>- основными методами исследования в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса, практическими умениями и навыками их использования;</li> <li>- основными методами решения задач в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> <li>- профессиональным языком теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды по направлению Металлургия</li> </ul>
ПК-13 готовностью оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов	

Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения и понятия, используемые при оценке рисков и определении мер по обеспечению безопасности технологии осуществления доменного процесса;</li> <li>- основные методы исследований по оценке рисков и определению мер для обеспечения безопасности осуществления доменного процесса;</li> <li>- определения понятий по выплавке чугуна в доменной печи, называет характеристики хода доменного процесса;</li> <li>- шихтовые материалы доменной плавки и правила их использования;</li> <li>- определения рисков и мер по обеспечению безопасности процессов: движение шихтовых материалов при загрузке в печь, горение топлива у фурм доменной печи, теплообмен в доменной печи, движение материалов в доменной печи, движение газов в доменной печи, восстановление и формирование чугуна, плавление и шлакообразование.</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выделять наиболее значимые составляющие рисков и мер по безопасности в технологии доменного процесса;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения задач по оценке рисков при повышении производительности доменной печи, снижении удельного расхода кокса, улучшении качества чугуна, обеспечении длительной службы печи;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного при оценке рисков изменения технологии доменной плавки;</li> <li>- объяснять (выявлять и строить) типичные модели задач, относящихся к теории, технологии и автоматизации доменного процесса, с учётом рисков и мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- применять знания по теории, технологии и автоматизации доменного процесса с оценкой рисков и мер для обеспечения безопасности в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне;</li> <li>- приобретать знания в области рисков и определению мер для обеспечения безопасности при осуществлении доменного процесса;</li> <li>- корректно выражать и аргументировано обосновывать положения по оценке рисков и определению мер для обеспечения безопасности при изложении теории, технологии и автоматизации доменного процесса</li> </ul>

Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками оценки рисков и определению мер для обеспечения безопасности совместно с положениями теории, технологии и автоматизации доменного процесса на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на практике;</li> <li>- способами демонстрации умения анализировать ситуацию по оценки рисков и определению мер безопасности при изменении технологических параметров доменной плавки;</li> <li>- методами определения удельного расхода кокса и производительности доменной печи при изменении условий работы с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности в области технологии доменной плавки с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов при моделировании доменного процесса с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;;</li> <li>- возможностью междисциплинарного применения теории, технологии и автоматизации доменного процесса с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- основными методами исследования в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса, практическими умениями и навыками их использования с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- основными методами решения задач в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- профессиональным языком теории, технологии и автоматизации доменного процесса, оценке рисков и определению мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды по направлению Metallurgia.</li> </ul>
---------	---

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 107 акад. часов;
- аудиторная – 102 акад. часов;
- внеаудиторная – 5 акад. часов
- самостоятельная работа – 37,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - курсовая работа, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Шихтовые материалы и их загрузка в печь								
1.1 Шихтовые материалы доменной плавки: сырьевые, промывочные, формирующие гарнисаж, флюсы, кокс. Химический состав, физико-механические и физико-химические свойства шихтовых материалов. Требования, предъявляемые к качеству шихтовых	5	4	4/2И	4/2И	4	Подготовка к выполнению лабораторной работы №1, подготовка к устному опросу	Защита лабораторной работы №1, устный опрос	ПК-10 ПК-13
1.2 Движение шихтовых материалов при загрузке в печь конусным и бесконусным загрузочными устройствами. Формирование слоя шихты на колошнике доменной печи. Требования к распределению шихтовых материалов на колошнике. Управление распределением.		4	4/2И	4/2И	4	Подготовка к устному опросу и к решению задач  Оформление лабораторной работы №2 Подготовка к семинару «Управление распределением шихтовых материалов в колошниковом пространстве печей»	Демонстрирование на физической модели, устный опрос. Решение задач Защита лабораторной работы №2 Выступление на семинаре	ПК-10 ПК-13
Итого по разделу		8	8/4И	8/4И	8			
2. Горение топлива и теплопередача								

<p>2.1 Горение топлива у фурм доменной печи. Реакции горения углерода кокса, вдуваемого пылеугольного топлива, углеводородов газообразного и жидкого топлива. Физическое состояние зоны горения. Окисление чугуна в фурменном очаге. Показатели, характеризующие горение топлива. Виды топливных добавок и восстановителей, вдуваемых через фурмы для улучшения результатов доменной</p>	5	4	4/2И	4/2И	5	<p>Оформление лабораторной работы №3. Подготовка к устному опросу и решению задач</p>	<p>Демонстрирование на физической модели лабораторной работы №3 Решение задач устный опрос Защита лабораторной работы №3</p>	<p>ПК-10 ПК-13</p>
<p>2.2 Теплообмен в доменной печи. Тепловые балансы. Характер изменения температур по высоте и сечению доменной печи. Ступени теплообмена. Виды общих и зональных тепловых балансов. Показатели тепловой работы доменной печи. Способы расчёта удельного расхода кокса при</p>		4	4/2И	4/2И	5	<p>Оформление лабораторной работы №4. Подготовка к выступлению на семинаре «Теплообмен в доменной печи», устному опросу, решению задач</p>	<p>Решение задач Защита лабораторной работы №4. устный опрос Выступление на семинаре Демонстрирование на физической модели лабораторной работы №4</p>	<p>ПК-10 ПК-13</p>
<p>Итого по разделу</p>		8	8/4И	8/4И	10			
<p>3. Движение материалов и газов в доменной печи</p>								
<p>3.1 Движение материалов в доменной печи. Освобождение объёма и действие вертикального давления шихты как факторов, обеспечивающих возможность непрерывного опускания шихты в доменной печи при периодическом выпуске продуктов плавки. Характер движения материалов по высоте и сечению печи. Время пребывания материалов в доменной печи.</p>	5	4	4/2И	4/2И	5	<p>Оформление лабораторной работы №5. Выполнение домашнего задания «Движение материалов в доменной печи». Подготовка к решению задач.</p>	<p>Демонстрирование на физической модели лабораторной работы №5 Решение задач Защита лабораторной работы №5. Выполненное домашнее задание</p>	<p>ПК-10 ПК-13</p>

3.2 Движение газов в доменной печи. Потери напора газа, сопротивление шихты движению газа, подъёмная сила газового потока по высоте и сечению доменной печи. Определяющие зоны по силовому взаимодействию потоков шихты и газа и их значение для работы доменной печи. Влияние различных факторов на потери напора газа в	4	4/2И	4/2И	5	Оформление лабораторной работы №6. Подготовка к устному опросу и к решению задач.	Демонстрирование на физической модели лабораторной работы №6 Решение задач Защита лабораторной работы №6, устный опрос	ПК-10 ПК-13	
Итого по разделу	8	8/4И	8/4И	10				
4. Процессы восстановления и плавления, автоматизация, результаты доменной плавки								
4.1 Процессы восстановления в доменной печи и формирования чугуна. Реакции восстановления железа из оксидов и их распределение по высоте доменной печи. Прямое и косвенное восстановление, оптимальное развитие их. Механизм восстановления. Показатели, характеризующие развитие восстановления. Восстановление кремния, марганца, фосфора, титана, ванадия. Науглероживание чугуна. Особенности выплавки ванадиевого	5	2	2/2И	2/2И	5	Оформление лабораторной работы №7. Подготовка к устному опросу и к решению задач. Выполнение домашнего задания «Процессы восстановления в доменной печи и формирования чугуна».	Решение задач Защита лабораторной работы №7, устный опрос Результаты выполнения домашнего задания	ПК-10 ПК-13

4.2 Плавнение и шлакообразование в доменной печи. Функции шлака в доменной печи. Ход плавнения и шлако-образования по высоте и сечению печи. Показатели, характеризующие свойства шлака. Управление свойства-ми шлака. Поступление серы в доменную печь. Поведение серы в доменной печи. Влияние различных факторов на содержание серы в чугунае. Внедоменная десульфурация. Возможности производства малосернистого чугуна.	4	4	4		Оформление лабораторной работы №8. Подготовка к защите результатов курсовой работы . Выполнение домашнего задания «Плавнение и шлакообразование в доменной печи».	Решение задач Защита результатов курсовой работы Защита лабораторной работы №8. Результаты выполнения домашнего задания	ПК-10 ПК-13
4.3 Основные технико-экономические показатели доменной плавки и способы их улучшения. Общие принципы построения алгоритмов автоматизированного управления доменным процессом. Локальные и объединённые системы. Модели, используемые в современных системах управления ходом доменных печей. Информационные системы поддержки принятия решений. Способы переработки доменного шлака	4	4	4	4,3	Оформление лабораторной работы №9. Подготовка к защите результатов курсовой работы «Определение технических показателей доменной плавки при изменении условий работы» и к решению задач.	Решение задач Защита результатов курсовой работы Защита лабораторной работы №9	ПК-10 ПК-13
Итого по разделу	10	10/2И	10/2И	9,3			
Итого за семестр	34	34/14И	34/14И	37,3		экзамен,кр	
Итого по дисциплине	34	34/14И	34/14И	37,3		курсовая работа, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория, технология и автоматизация доменного процесса» используются традиционная и информационно-коммуникационная технологии.

Лекции и практические занятия проходят как в традиционной форме, так и в форме занятий с визуализацией путём использования презентаций.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ и практических занятий, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Изучаемый материал усваивается в ходе семинаров, практических занятий, демонстрация на физических и математических моделях, выполнения курсовой работы и домашних заданий, ответов на тестовые вопросы. Выявляются связи между конкретным знанием и его применением.

При проведении практических занятий используется кейс-метод – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия работы доменных печей ПАО «ММК». Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, выполнить расчёты, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них. Кейсы базируются на реальных фактических показателях работы доменных печей. На практических занятиях используются компьютерные модели хода процессов в доменной печи и модели явлений доменного процесса.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к творческой проработке тем в процессе выполнения курсовой работы, индивидуальных домашних заданий, подготовки к семинарам, тестированию и к итоговой аттестации.

Следует использовать комплекс интерактивных методов обучения, включающий в себя:

- указание проблемных ситуаций в работе доменных печей с показательным решением проблемы преподавателем и без него;

- самостоятельную поисковую деятельность в решении проблем по осуществлению доменного процесса, направляемую преподавателем;

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем осуществления и корректировки доменного процесса (ПК-10), оценке рисков и определении мер по обеспечению безопасности при выплавке чугуна в доменных печах (ПК-13);

- демонстрация разных подходов к решению проблемы снижения удельного расхода кокса и повышения производительности доменных печей;

- анализ полученных результатов и отыскание границ применимости новых направлений улучшения работы доменных печей.

При проведении заключительного контроля необходимо выявить степень правильности, объема, глубины знаний, умений, владений, полученных при изучении дисциплины наряду с выявлением степени самостоятельности в их применении.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Основы металлургического производства : учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев, В.М. Салганик. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-2486-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90165>

2. Ивлев, С.А. Металлургические технологии. Металлургия чёрных металлов : учебное пособие / С.А. Ивлев, М.П. Ключев. — Москва : МИСИС, 2017. — 45 с. — ISBN 978-5-906846-57-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108106>. — Ре-жим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Теория и технология доменного процесса [Электр. ресурс]: Учебное пособие - Режим доступа:

<http://www.kodges.ru/nauka/148148-teoriya-texnologiya-domennogo-prozessa.html/>

2. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления процессом выплавки чугуна в доменных печах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухоносова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 215 с. : ил., табл., схемы, граф., ди-агр., номогр., эскизы. - ISBN 978-5-9967-1208-3 - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3635.pdf&show=dcatalogues/1/1524803/3635.pdf&view=true>

### в) Методические указания:

1. Сибатуллин С.К., Ваганов А.И., Харченко А.С. Влияние уровня засыпи и газового потока на углы откоса материалов в модели колошника доменной печи. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 17 с.

2. Сибатуллин С.К., Ваганов А.И., Харченко А.С. Изучение влияния вида шихтовых материалов доменной плавки и их распределения по сечению колошника на газопроницаемость. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 16 с.

3. Сибатуллин С.К., Ваганов А.И., Харченко А.С. Изучение влияния крупности и формы материалов на их газопроницаемость. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 11 с.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018

MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория доменного производства - специализированная мебель;
  - физические модели доменных печей; лабораторные установки для исследований процессов, протекающих в доменных печах: модель конусного загрузочного устройства, модель горна доменной печи
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
4. Учебная аудитория для выполнения курсовых работ оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
6. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
7. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

По дисциплине «Теория, технология и автоматизация доменного процесса» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту лабораторных работ, тестирование, участие в семинаре, решение задач и работу на физических моделях, тестирование.

Курсовая работа выполняется обучающимся самостоятельно в соответствии с заданием, выданным преподавателем. Исходные данные и методические указания представлены в образовательном портале. Исходные данные включают фактическую производственную информацию о работе доменных печей.

При выполнении курсовой работы обучающийся должен определить основные технологические параметры работы доменной печи при изменении условий работы.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

#### *Виды лабораторных занятий:*

1. Влияние уровня засыпи и газового потока на углы откоса материалов в модели колошника доменной печи.
2. Изучение влияния вида шихтовых материалов доменной плавки и их распределения по сечению колошника на газопроницаемость.
3. Изучение влияния крупности и формы материалов на их газопроницаемость.
4. Анализ факторов, влияющих на равномерность состава шихты на колошнике доменной печи.
5. Анализ дренажной способности горна доменной печи.
6. Распределение материалов по окружности в колошниковом пространстве доменной печи.
7. Изучение схода сыпучего материала через отверстие.
8. Давление шихты на жидкие продукты плавки.
9. Распределение материалов на колошнике доменной печи при загрузке с использованием подвижных плит.

#### *Примерные практические занятия:*

1. По реакциям прямого восстановления Fe из FeO и Si из SiO<sub>2</sub> образовалось 115 кг СО/т чугуна. Всего восстановилось 940 кг железа, содержание Si в чугуне 0,65 %. Определить степень прямого восстановления по Павлову М.А.
2. Определить степень прямого восстановления по Павлову М.А. по известным исходным данным: количество отнятого кислорода при прямом восстановлении Fe из FeO и Si из SiO<sub>2</sub> - 55 кг на 1 т чугуна, общее количество восстановленного железа 940 кг/т чугуна, содержание Si в чугуне 0,65 %.
3. Определить количество фурменного газа, образовавшегося из 300 кг углерода кокса при горении его в дутье, содержащем 25% кислорода, при влажности его 1,0 %.
4. Определить состав фурменного газа, образовавшегося при горении углерода кокса в дутье, содержащем 25% кислорода, при влажности его 1,0 %.
5. Определить количество фурменного газа, образующегося из 100 м<sup>3</sup> природного газа (в виде СН<sub>4</sub>) при содержании кислорода в дутье 25% и влажности его 1,0 %.
6. Определить состав продуктов горения природного газа в дутье, содержащем 25% кислорода, при влажности его 1,0 % (применительно к условиям доменной плавки).

*Вопросы к экзамену:*

1. Основные показатели химического состава железорудных материалов доменной плавки.
2. Основные пути снижения удельного расхода кокса при выплавке чугуна.
3. Виды материалов, используемых для “промывки” доменной печи и формирования гарнисажа на футеровке.
4. Основные показатели тепловой работы доменной печи.
5. Физико-механические свойства материалов, используемых в доменной плавке
6. Изменение степени восстановления железа от фурм до колошника.
7. Показатели качества кокса.
8. Влияние основности шлака на его свойства
9. Показатели CSR и CRI и их влияние на работу доменной печи в современных условиях.
10. Поведение серы по высоте доменной печи.
11. Показатели, характеризующие современные требования к качеству железорудного сырья.
12. Реакции перехода серы в шлак при выплавке чугуна в доменной печи.
13. Формирование слоя шихты на колошнике доменной печи.
14. Производство шлаковой пемзы.
15. Матрица загрузки материалов лотковым загрузочным устройством.
16. Показатели, характеризующие температуру плавления шлака.
17. Контроль распределения материалов по окружности и сечению доменной печи.
18. Плавление и шлакообразование по высоте доменной печи.
19. Управление распределением материалов по сечению доменной печи с двухконусным засыпным аппаратом.

*Вопросы устного опроса:*

1. Компонент газа, имеющий максимальную скорость молекулярной диффузии (варианты ответов:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ).
2. Виды диффузии газа-восстановителя в доменной печи диффузии (варианты ответов: внешняя (обычная), молекулярная (кнудсеновская), атомная, активированная).
3. Основной механизм восстановления железа из оксидов в доменной печи (варианты ответов: адсорбционно-каталитический, дисоциационный, пароксидный, дисоциационно-адсорбционный).
4. Режим восстановления железа из оксидов по лимитирующей стадии является (варианты ответов: диффузионным; кинетическим; кинетическим при низких температурах, диффузионным при высоких температурах; диффузионным при низких температурах, кинетическим при высоких температурах).
5. Влияние повышения содержания железа в шихте на удельный расход кокса в условиях доменной печи диффузии (варианты ответов: увеличивается с ростом содержания железа в шихте до достижения предельно допустимого его уровня, а затем уменьшается; уменьшается; остается примерно постоянной; увеличивается).
6. Химический элемент или соединение, восстановление которым требует наименьшего количества тепла диффузии (варианты ответов: водород; монооксид углерода ( $\text{CO}$ ); углерод).
7. В доменной печи по ходу движения газа первым восстанавливается оксид диффузии (варианты ответов:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{FeO}$ ;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).
8. Коэффициент перехода фосфора в металл при выплавке передельного чугуна (варианты ответов: 0,02 – 0,08; 0,2 – 0,8; 0,5 – 0,7; около 1).
9. Вид оксида  $\text{MgO}$  по влиянию на свойства шлака (варианты ответов: нейтральный; амфотерный; кислый; основной).

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-10 - способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>		
Знать	<p>- основные определения и понятия, используемые при осуществлении и корректировке технологии и автоматизации доменного процесса;</p> <p>- основные методы исследований, используемых при осуществлении и корректировке технологии и автоматизации доменного процесса;</p> <p>- определения понятий по выплавке чугуна в доменной печи, называет характеристики хода доменного процесса;</p> <p>- шихтовые материалы доменной плавки; основные технико-экономические показатели доменной плавки и способы их улучшения; общие правила построения алгоритмов автоматизированного управления доменным процессом;</p> <p>- определения процессов: движение шихтовых материалов при загрузке в печь, горение топлива у фурм доменной печи, теплообмен в доменной печи, движение материалов в доменной печи, движение газов в доменной печи,</p>	<p><b>Теоретические вопросы к экзамену:</b></p> <p>. Основные показатели химического состава железорудных материалов доменной плавки.</p> <p>. Основные пути снижения удельного расхода кокса при выплавке чугуна.</p> <p>. Виды материалов, используемых для “промывки” доменной печи и формирования гарнисажа на футеровке.</p> <p>. Основные показатели тепловой работы доменной печи.</p> <p>. Физико-механические свойства материалов, используемых в доменной плавке</p> <p>. Изменение степени восстановления железа от фурм до колошника.</p> <p>. Показатели качества кокса.</p> <p>. Влияние основности шлака на его свойства</p> <p>. Показатели CSR и CRI и их влияние на работу доменной печи в современных условиях.</p> <p>0. Поведение серы по высоте доменной печи.</p> <p>1. Показатели, характеризующие современные требования к качеству железорудного сырья.</p> <p>2. Реакции перехода серы в шлак при выплавке чугуна в доменной печи.</p> <p>3. Формирование слоя шихты на колошнике доменной печи.</p> <p>4. Производство шлаковой пемзы.</p> <p>5. Матрица загрузки материалов лотковым загрузочным устройством.</p> <p>6. Показатели, характеризующие температуру плавления шлака.</p> <p>7. Контроль распределения материалов по окружности и сечению доменной печи.</p> <p>8. Плавление и шлакообразование по высоте доменной печи.</p> <p>9. Управление распределением материалов по сечению доменной печи с двухконусным засыпным аппаратом.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	восстановление и формирование чугуна, плавление и шлакообразование.	<p>0. Распределение реакций восстановления оксидов железа и примесей чугуна по высоте доменной печи.</p> <p>1. Влияние скорости газа на потери напора его при движении через слой сыпучего материала.</p> <p>2. Термодинамика восстановления железа монооксидом углерода. Диаграмма предельной степени использования CO.</p> <p>3. Влияние распределения железорудного сырья и кокса по радиусу печи на потери напора газа.</p> <p>4. Особенности технологии доменной плавки при работе на сырье, имеющем повышенном содержание TiO<sub>2</sub>.</p> <p>5. Влияние смешивания железорудного сырья и кокса на потери напора газа.</p> <p>6. Термодинамика восстановления водородом. Диаграмма предельной степени использования водорода.</p> <p>7. Влияние отсева мелочи из железорудного сырья на потери напора газа.</p> <p>8. Механизм восстановления железа из оксидов.</p> <p>9. Влияние содержания железа в сырье на скорость восстановления.</p> <p>0. Механизм поступления кокса в зону горения.</p> <p>1. Влияние крупности агломерата и окатышей на скорость восстановления.</p> <p>2. Определяющие по газодинамике зоны доменной печи.</p> <p>3. Влияние расхода газа-восстановителя на скорость восстановления железа из оксидов.</p> <p>4. Виды зональных тепловых балансов и их характеристика.</p> <p>5. Влияние температуры на скорость восстановления в кинетическом и диффузионном режимах протекания процесса.</p> <p>6. Виды общих тепловых балансов и их характеристика.</p> <p>7. Виды топливных добавок.</p> <p>8. Характер движения материалов по высоте и сечению доменной печи</p> <p>9. Влияние вида оксида и способа подготовки сырья на скорость восстановления железа.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>40. Виды диффузии газов в условиях доменной плавки.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сущность расчёта удельного расхода кокса по тепловому балансу нижней зоны доменной печи.</li> <li>2. Влияние содержаний MgO и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на свойства шлака.</li> <li>3. Преимущества и недостатки прямого и косвенного восстановления железа из оксидов.</li> <li>4. Особенности выплавки ванадиевого чугуна.</li> <li>5. Реакции горения в доменной печи.</li> <li>6. Потери напора газа, коэффициент сопротивления шихты и динамический напор газа по высоте доменной печи.</li> <li>7. Температуры и теплоёмкости потоков шихты и газа по высоте и сечению доменной печи.</li> <li>8. Показатели, характеризующие горение топлива у фурм доменной печи.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выделять наиболее значимые составляющие теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения задач по повышению производительности доменной печи, снижению удельного расхода кокса, улучшению качества чугуна, обеспечению длительной службы печи;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного при изменении технологии доменной плавки;</li> <li>- объяснять (выявлять и строить) типичные модели задач, относящихся к теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</li> </ul>	<p><b>На практических занятиях решаются задачи:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить степень прямого восстановления по Павлову М.А. по известным исходным данным: расход углерода на восстановление железа из FeO равен 50 кг, общее количество железа в чугуне равно 945 кг, в том числе поступившего в металлическом состоянии 10 кг.</li> <li>2. Определить степень прямого восстановления по Павлову М.А. Исходные данные: количество образовавшегося CO по всем реакциям восстановления составляет 120 м<sup>3</sup>/т чугуна, в том числе по реакциям восстановления примесей чугуна 20 м<sup>3</sup>/т чугуна; количество восстановленного по всем реакциям железа 940 кг/т чугуна.</li> <li>3. По реакциям прямого восстановления Fe из FeO и Si из SiO<sub>2</sub> образовалось 115 кг CO/т чугуна. Всего восстановилось 940 кг железа, содержание Si в чугуне 0,65 %.</li> <li>4. Определить степень прямого восстановления по Павлову М.А. по известным исходным данным: количество отнятого кислорода при прямом восстановлении Fe из FeO и Si из SiO<sub>2</sub> - 55 кг на 1 т чугуна, общее количество восстановленного железа 940</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>- применять знания по теории, технологии и автоматизации доменного процесса в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне;</p> <p>- приобретать знания в области доменного процесса;</p> <p>- корректно выражать и аргументировано обосновывать положения. теории, технологии и автоматизации доменного процесса.</p>	<p>кг/т чугуна, содержание Si в чугуне 0,65 %.</p> <p>5. Определить количество фурменного газа, образовавшегося из 300 кг углерода кокса при горении его в дутье, содержащем 25% кислорода, при влажности его 1,0 %.</p> <p>6. Определить состав фурменного газа, образовавшегося при горении углерода кокса в дутье, содержащем 25% кислорода, при влажности его 1,0 %.</p> <p>7. Определить количество фурменного газа, образующегося из 100 м<sup>3</sup> природного газа (в виде CH<sub>4</sub>) при содержании кислорода в дутье 25% и влажности его 1,0 %.</p> <p>8. Определить состав продуктов горения природного газа в дутье, содержащем 25% кислорода, при влажности его 1,0 % (применительно к условиям доменной плавки).</p> <p>9. Определить степень использования CO в доменной печи. Состав колошникового газа: CO = 23%, CO<sub>2</sub> = 20%, H<sub>2</sub> = 8 %.</p> <p>10. Определить расход кокса на восстановление кремния в 1 тонне чугуна при содержании его 0,8%. Содержание углерода в коксе 85 %.</p> <p>11. Определить расход кокса на восстановление марганца в 1 тонне передельного чугуна при содержании его 0,5%. Содержание углерода в коксе 85 %.</p> <p>12. В доменную печь, выплавляющую литейный чугун, поступает 3 кг серы. Содержание серы в чугуне 0,02%. Выход шлака 300 кг/т чугуна. Определить содержание CaS в шлаке при условии перехода в это соединение всей серы шлака.</p> <p>13. Определить расход кокса на восстановление фосфора при содержании его в передельном чугуне 0,08%. Содержание углерода в коксе 85 %.</p> <p>14. Содержание железа в агломерате 58%, содержание железа в чугуне 94,5%. Определить расход агломерата на выплавку 1 т чугуна.</p> <p>15. Расход железорудного материала, содержащего 0,15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, составляет 1600 кг/т чугуна. Определить возможное содержание фосфора в передельном чугуне.</p> <p>16. Расход железорудных материалов, содержащих 1% MnO, составляет 1600 кг/т чугуна. Определить возможное содержание марганца в передельном чугуне.</p> <p>17. Определить расход кислорода для сжигания у фурм 340 кг кокса,</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>содержащего 85% углерода.</p> <p>18. Известняк содержит 98% <math>\text{CaCO}_3</math> и 1,4% <math>\text{SiO}_2</math>. Определить флюсующую способность его при основности шлака 1,1.</p> <p>19. Шихтовые материалы вносят в доменную печь 183 кг <math>\text{SiO}_2</math> и 191 кг <math>\text{CaO}</math>. Содержание кремния в чугуна 0,7%. Определить потребность в кварците с содержанием <math>\text{SiO}_2 = 98\%</math> для обеспечения основности шлака, равной 1,05.</p> <p>20. Шихтовые материалы вносят в доменную печь 163 кг <math>\text{SiO}_2</math>. Содержание кремния в чугуна 0,6%. Выход шлака 300 кг/т чугуна. Каково содержание кремнезема в шлаке?</p> <p>21. Насыпная плотность шихты 1100 кг/м<sup>3</sup>. Степень уравнивания её газовым потоком составляет 45%. Определить перепад давления газа в слое шихтовых материалов высотой 23 м.</p> <p>22. Железорудная смесь в соотношении 40:60 состоит из агломерата и окатышей, содержащих 0,3 и 0,08% <math>\text{MnO}</math> и 58 и 65 % <math>\text{Fe}</math>. Определить ориентировочное содержание марганца в передельном чугуна.</p> <p>23. В реакциях прямого восстановления в газ переходит кислорода 80 м<sup>3</sup>/т чугуна. Всего отнимается кислорода от оксидов 380 кг/т чугуна. Определить показатель прямого восстановления по А.Н. Рамму.</p> <p>24. В реакциях прямого восстановления в газ переходит кислорода 90 кг/т чугуна, в том числе 10 кг/т чугуна при восстановлении примесей. Всего отнимается кислорода от оксидов 400 кг/т чугуна. Определить показатель прямого восстановления по А.Н. Рамму</p>
Владеть	<p>- практическими навыками использования элементов теории, технологии и автоматизации доменного процесса на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на практике;</p> <p>- способами демонстрации умения</p>	<p align="center"><b>Пример задания к курсовой работе</b></p> <p align="center">Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»</p> <p align="center">Кафедра технологии металлургии и литейных процессов</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																															
	<p>анализировать ситуацию при изменении технологических параметров доменной плавки;</p> <p>- методами определения удельного расхода кокса и производительности доменной печи при изменении условий работы;</p> <p>- навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности в области технологии доменной плавки;</p> <p>- способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов при моделировании доменного процесса;</p> <p>- возможностью междисциплинарного применения теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</p> <p>- основными методами исследования в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса, практическими умениями и навыками их использования;</p> <p>- основными методами решения задач в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса ;</p> <p>- профессиональным языком теории, технологии и автоматизации доменного процесса;</p>	<p style="text-align: center;"><b>ЗАДАНИЕ</b> на выполнение курсовой работы по дисциплине «Теория, технология и автоматизация доменного процесса» на тему «Определение технических показателей доменной плавки при изменении условий работы» студенту _____</p> <p>Выполнить расчет технических показателей для следующих условий:</p> <p>1. Вид чугуна по заказу: предельной марки П1, группы I, класса Б, категории 2.</p> <p>2. Даны: химический состав железорудной части шихты, флюса и золы кокса Содержание мелкой фракции (m), влажность (W).</p> <p>3. Состав рудной части шихты, %: агломерат 58,6 окатыши 32,7 руда 8,7</p> <p>4. Расход добавок, кг/т чугуна: магнитный продукт 8 Химический состав компонентов шихты</p> <table border="1" data-bbox="931 901 2085 1254"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Наименование материала</th> <th colspan="13">Массовая доля %</th> </tr> <tr> <th>W</th> <th>m</th> <th>Fe</th> <th>FeO</th> <th>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></th> <th>SiO<sub>2</sub></th> <th>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></th> <th>CaO</th> <th>MgO</th> <th>M</th> <th>S</th> <th>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></th> <th>ПМП</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Агломерат</td> <td>-</td> <td>7,5</td> <td>56,7</td> <td>11,1</td> <td>68,7</td> <td>6,4</td> <td>1,78</td> <td>8,6</td> <td>1,92</td> <td>0,26</td> <td>0,048</td> <td>0,06</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Окатыши</td> <td>-</td> <td>3,0</td> <td>63,5</td> <td>2,7</td> <td>89,1</td> <td>5,1</td> <td>0,43</td> <td>1,4</td> <td>0,94</td> <td>0,18</td> <td>0,036</td> <td>0,03</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Руда</td> <td>4,0</td> <td>10,5</td> <td>51,7</td> <td>6,2</td> <td>67,0</td> <td>7,9</td> <td>1,9</td> <td>3,2</td> <td>0,21</td> <td>2,2</td> <td>0,14</td> <td>0,059</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Магнитный продукт</td> <td></td> <td>5,1</td> <td>66,1</td> <td>11,4</td> <td>7,9</td> <td>6,7</td> <td>1,69</td> <td>9,5</td> <td>4,46</td> <td>1,76</td> <td>0,053</td> <td>0,26</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Известняк</td> <td>3,0</td> <td>3,1</td> <td>0,2</td> <td>-</td> <td>0,26</td> <td>0,73</td> <td>0,27</td> <td>54,9</td> <td>0,46</td> <td>0,014</td> <td>0,022</td> <td>0,015</td> <td>43,2</td> </tr> <tr> <td>Зола кокса</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>6,3</td> <td>-</td> <td>9,0</td> <td>53,1</td> <td>23,8</td> <td>4,6</td> <td>1,8</td> <td>0,08</td> <td>0,79</td> <td>0,52</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>5. Показатели качества кокса</p> <p>6. Состав природного газа</p>	Наименование материала	Массовая доля %													W	m	Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	M	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ПМП	Агломерат	-	7,5	56,7	11,1	68,7	6,4	1,78	8,6	1,92	0,26	0,048	0,06	-	Окатыши	-	3,0	63,5	2,7	89,1	5,1	0,43	1,4	0,94	0,18	0,036	0,03	-	Руда	4,0	10,5	51,7	6,2	67,0	7,9	1,9	3,2	0,21	2,2	0,14	0,059	-	Магнитный продукт		5,1	66,1	11,4	7,9	6,7	1,69	9,5	4,46	1,76	0,053	0,26	-	Известняк	3,0	3,1	0,2	-	0,26	0,73	0,27	54,9	0,46	0,014	0,022	0,015	43,2	Зола кокса	-	-	6,3	-	9,0	53,1	23,8	4,6	1,8	0,08	0,79	0,52	—
Наименование материала	Массовая доля %																																																																																																																
	W	m	Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	M	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ПМП																																																																																																				
Агломерат	-	7,5	56,7	11,1	68,7	6,4	1,78	8,6	1,92	0,26	0,048	0,06	-																																																																																																				
Окатыши	-	3,0	63,5	2,7	89,1	5,1	0,43	1,4	0,94	0,18	0,036	0,03	-																																																																																																				
Руда	4,0	10,5	51,7	6,2	67,0	7,9	1,9	3,2	0,21	2,2	0,14	0,059	-																																																																																																				
Магнитный продукт		5,1	66,1	11,4	7,9	6,7	1,69	9,5	4,46	1,76	0,053	0,26	-																																																																																																				
Известняк	3,0	3,1	0,2	-	0,26	0,73	0,27	54,9	0,46	0,014	0,022	0,015	43,2																																																																																																				
Зола кокса	-	-	6,3	-	9,0	53,1	23,8	4,6	1,8	0,08	0,79	0,52	—																																																																																																				

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды по направлению Metallургия.</p>	<p>7. Параметры дутья  8. Избыточное давление газа на колошнике  9. Простои  10. Тихий ход  11. Выполнение графика выпусков чугуна</p> <p style="text-align: right;">Содержание работы</p> <p>оценка возможности выплавки чугуна, удовлетворявшего требованиям потребителя;  определение удельного расхода кокса и доменной печи по известным базовым значениям и их изменениям под действием внедряемых мероприятий;  определение интенсивности по дутью и его давления, исходя из газодинамических условий работы печи;  расчет степени прямого восстановления по балансу углерода (без предварительного задания её);  расчетное определение температуры колошниковога газа, температуры газа в зоне замедленного теплообмена, потерь тепла путем совместного решения уравнений общего и зональных тепловых балансов;  составление тепловых балансов по фактическому ходу окислительно-восстановительных процессов, учет в балансах расширения газа при снижении его давления.</p> <p style="text-align: center;">Список рекомендуемых источников</p> <p>1. Сибгатуллин С.К., Ваганов А.И., Прохоров И.Е., Майорова Т.В. Расчет технических показателей доменной плавки. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 72 с.  2. Сибгатуллин С.К., Макарова И.В., Насыров Т.М. Определение технических показателей доменной плавки при проектировании нового металлургического предприятия. Магнитогорск: Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. 50 с.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. Сибагатуллин С.К., Харченко А.С. Анализ причин изменения удельного расхода кокса и производительности доменной печи по производственным данным. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 18 с.</p> <p>4. Сибагатуллин С.К. Определение удельного расхода кокса и производительности доменной печи при изменении условий работы. Магнитогорск: ГОУ ВПО “МГТУ им. Г.И. Носова”. 2009. 14 с.</p> <p>5. Сибагатуллин С.К., Харченко А.С. Анализ факторов, влияющих на равномерность состава шихты на колошнике доменной печи. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 17 с.</p> <p>Руководитель работы: проф кафедры МиЛП, д.т.н. <span style="float: right;">С.К. Сибагатуллин</span></p>
<b>ПК-13 - готовность оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения и понятия, используемые при оценке рисков и определении мер по обеспечению безопасности технологии осуществления доменного процесса;</li> <li>- основные методы исследований по оценке рисков и определению мер для обеспечения безопасности осуществления доменного процесса;</li> <li>- определения понятий по выплавке чугуна в доменной печи, называет характеристики хода доменного процесса;</li> <li>- шихтовые материалы доменной плавки и правила их использования;</li> <li>- определения рисков и мер по обеспечению безопасности процессов:</li> </ul>	<p>Тесты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компонент газа, имеющий максимальную скорость молекулярной диффузии (варианты ответов: CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ).</li> <li>2. Виды диффузии газа-восстановителя в доменной печи диффузии (варианты ответов: внешняя (обычная), молекулярная (кнудсеновская), атомная, активированная).</li> <li>3. Основной механизм восстановления железа из оксидов в доменной печи (варианты ответов: адсорбционно-каталитический, дисоциационный, пароксидный, дисоциационно-адсорбционный).</li> <li>4. Режим восстановления железа из оксидов по лимитирующей стадии является (варианты ответов: диффузионным; кинетическим; кинетическим при низких температурах, диффузионным при высоких температурах; диффузионным при низких температурах, кинетическим при высоких температурах).</li> <li>5. Влияние повышения содержания железа в шихте на удельный расход кокса в условиях доменной печи диффузии (варианты ответов: увеличивается с ростом содержания железа в шихте до достижения предельно допустимого его уровня, а затем уменьшается; уменьшается; остается примерно постоянной; увеличивается ).</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>движение шихтовых материалов при загрузке в печь, горение топлива у фурм доменной печи, теплообмен в доменной печи, движение материалов в доменной печи, движение газов в доменной печи, восстановление и формирование чугуна, плавление и шлакообразование.</p>	<p>6. Химический элемент или соединение, восстановление которым требует наименьшего количества тепла диффузии (варианты ответов: водород; монооксид углерода (CO); углерод).</p> <p>7. В доменной печи по ходу движения газа первым восстанавливается оксид диффузии (варианты ответов: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; FeO; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).</p> <p>8. Коэффициент перехода фосфора в металл при выплавке передельного чугуна (варианты ответов: 0,02 – 0,08; 0,2 – 0,8; 0,5 – 0,7; около 1).</p> <p>9. Вид оксида MgO по влиянию на свойства шлака (варианты ответов: нейтральный; амфотерный; кислый; основной).</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выделять наиболее значимые составляющие рисков и мер по безопасности в технологии доменного процесса;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения задач по оценке рисков при повышении производительности доменной печи, снижении удельного расхода кокса, улучшении качества чугуна, обеспечении длительной службы печи;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного при оценке рисков изменения технологии доменной плавки;</li> <li>- объяснять (выявлять и строить) типичные модели задач, относящихся к теории, технологии и автоматизации доменного процесса, с учётом рисков и мер для обеспечения</li> </ul>	<p>На семинарах:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Управление распределением на печах с конусным, лотковым и роторным загрузочным устройством.</li> <li>2. Теплообмен в доменной печи.</li> </ol> <p>При выполнении домашних заданий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Движение материалов в доменной печи.</li> <li>2. Процессы восстановления в доменной печи и формирования чугуна.</li> <li>3. Плавление и шлакообразование в доменной печи.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>безопасности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять знания по теории, технологии и автоматизации доменного процесса с оценкой рисков и мер для обеспечения безопасности в профессиональной деятельности;</li> <li>использовать их на междисциплинарном уровне;</li> <li>- приобретать знания в области рисков и определению мер для обеспечения безопасности при осуществлении доменного процесса;</li> <li>- корректно выражать и аргументировано обосновывать положения по оценке рисков и определению мер для обеспечения безопасности при изложении теории, технологии и автоматизации доменного процесса</li> </ul>	
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками оценки рисков и определению мер для обеспечения безопасности совместно с положениями теории, технологии и автоматизации доменного процесса на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на практике;</li> <li>- способами демонстрации умения анализировать ситуацию по оценки рисков и определению мер</li> </ul>	<p>Путём выполнения лабораторных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Влияние уровня засыпи и газового потока на углы откоса материалов в модели колошника доменной печи.</li> <li>2. Изучение влияния вида шихтовых материалов доменной плавки и их распределения по сечению колошника на газопроницаемость.</li> <li>3. Изучение влияния крупности и формы материалов на их газопроницаемость.</li> <li>4. Распределение материалов по окружности в колошниковом пространстве доменной печи.</li> <li>5. Распределение материалов на колошнике доменной печи при загрузке с использованием подвижных плит.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>безопасности при изменении технологических параметров доменной плавки;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами определения удельного расхода кокса и производительности доменной печи при изменении условий работы с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности в области технологии доменной плавки с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов при моделировании доменного процесса с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- возможностью междисциплинарного применения теории, технологии и автоматизации доменного процесса с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li> <li>- основными методами исследования в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Движение материалов и газов в фурменных очагах доменной печи.</li> <li>7. Давление шихты на жидкие продукты плавки.</li> <li>8. Изучение схода сыпучего материала через отверстие.</li> <li>9. Изучения теплообмена и восстановления в доменной печи. Изучения плавления и шлакообразования в доменной печи</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>практическими умениями и навыками их использования с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основными методами решения задач в области теории, технологии и автоматизации доменного процесса с оценкой рисков и определением мер для обеспечения безопасности;</li><li>- профессиональным языком теории, технологии и автоматизации доменного процесса, оценке рисков и определению мер для обеспечения безопасности;</li><li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды по направлению Metallurgia.</li></ul>	

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория, технология и автоматизация доменного процесса» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений; проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает два теоретических вопроса и одно практическое задание в виде задачи.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Курсовая работа** выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении дисциплины «Теория, технология и автоматизация доменного процесса». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение использовать нормативные материалы и другие литературные источники, систематизировать и анализировать фактический материал, самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

### **Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.