

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части
по выбору вуза профессионального цикла**

ИННОВАЦИОННОЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ (часть 1)

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

**Донецк
ДОННТУ
2017**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части
по выбору вуза профессионального цикла**

ИННОВАЦИОННОЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ (часть 1)

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании
кафедры «Механическое оборудование
заводов черной металлургии»
им. проф. Седуша В.Я.
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании
учебно-издательского совета ДОННТУ
Протокол № ____ от __.__. 20__ г.

Донецк
ДОННТУ
2017

УДК 669. (075.8)

Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части по выбору вуза профессионального цикла «Инновационное металлургическое оборудование (часть 1)» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 12 с.

Отображены цель и задачи практических занятий по курсу «Инновационное металлургическое оборудование (часть 1)», их структура, порядок подготовки к ним, последовательность действий преподавателя и студентов, направленных на достижение требуемых результатов в усвоении теоретического материала

Составители: Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.П. Кононенко
к.т.н., доцент С.А. Бедарев

Ответственный за выпуск:

к. т. н., доцент Е. В. Ошовская

© В. А. Сидоров

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия проводятся преподавателем в каждой группе потока ИТМО после прочитанной лекции по курсу «Инновационное металлургическое оборудование». Проведение практического занятия включает следующие этапы:

- самостоятельная подготовка студентов к практическим занятиям;
- проверка степени усвоения студентами теоретического материала, изложенного на лекции;
- подведение итогов проведения занятия.

Во время самостоятельной подготовки к практическим занятиям студент изучает теоретический материал, обозначенный в методических указаниях. При этом кроме конспекта лекций следует использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу и акцентировать внимание на обозначенных в указаниях ключевых моментах.

Контроль степени готовности к проведению к занятиям состоит в проверке знания теоретического материала, имеющего непосредственное отношение к теме, которая изучается, а также умения находить достоинства и недостатки существующих машин и агрегатов доменных цехов.

В ходе проверки уровня теоретической и практической подготовки преподаватель фиксирует сосредоточенность каждого студента на поставленных вопросах, логику их мышления и активность при поиске ответов на них.

Для облегчения усвоения материала о конструктивных особенностях современного механического оборудования и понимания принципа его действия при проведении практического занятия целесообразно использовать действующие модели, физические аналоги устройств и разные другие наглядные материалы (анимационные ролики, демонстрационные схемы, плакаты и др.).

В конце практического занятия преподаватель вместе со студентами подводит результаты, которые были ими получены, отмечает характерные ошибки и дает рекомендации относительно их исправления в дальнейшем.

С целью углубления знаний студентов, проявляющих повышенный интерес к своей будущей профессии, целесообразно ознакомление их с публикациями в ведущих научно-технических журналах и описаниями изобретений преподавателей и научных сотрудников кафедры, в которых освещены последние достижения в области разработки перспективных образцов механического оборудования доменных цехов.

2. ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Тема занятия: «Инвестиции в будущее».

Основной задачей для операторов доменных печей всегда было непрерывное и надежное обеспечение чугуном постоянного уровня качества и по минимально возможной стоимости сталеплавильных цехов. Любые прерывания доменной плавки могут привести к возможным сбоям на последующих стадиях технологического процесса и простоям оборудования. Все это негативно сказывается на объемах продаж и на рыночных позициях. Простои необходимо свести к минимуму при максимально возможном продлении кампании доменной печи. Для получения чугуна стабильного уровня качества следует избегать колебаний технологических параметров при эксплуатации доменной печи. Этого можно достичь только в результате применения интеллектуальных решений в области автоматизации и контроля производственного процесса.

Доменная печь – это инвестиции в будущее. Модернизация сооружений и агрегатов должна соответствовать новым требованиям, предъявляемым к характеристикам оборудования, обеспечению безопасности технологического персонала, низким затратам по техническому обслуживанию и высокого уровня соответствия экологическим нормативам.

Конкурентоспособность доменного и сталеплавильного производств определяется прежде всего такими факторами, как затраты, качество и гибкость технологического процесса в удовлетворении быстро меняющихся требований рынка. Внедрение передовых технологий и хорошо зарекомендовавших себя на практике решений – ключевой фактор длительной и надежной эксплуатации доменной печи.

Полная технологическая компетентность предполагает наличие полного портфеля технологий для доменного производства, отвечающих самым высоким требованиям в отношении обеспечения технических и эксплуатационных параметров, технологической надежности и экологической безопасности. Обеспечение функциональной конкурентоспособности в сочетании с профессиональным управлением и ориентированностью на высококвалифицированный производственный персонал представляет собой главный фактор в решении задачи по быстрому завершению проекта и выводу производственных мощностей на промышленный уровень.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Тема занятия: «Оптимизированные системы колошниковой загрузки доменных печей».

Новая система колошниковой загрузки позволяет реализовать режим точной и гибкой загрузки шихтовых материалов в верхнюю часть доменной печи, обеспечивая равномерный газовый поток и идеальные условия плавления и протекания восстановительных реакций. В комбинации с системой оптимизации и автоматизации технологического процесса, включающей многочисленные технологические модели и экспертную подсистему, в доменной печи можно использовать низкокачественные сырьевые материалы и значительно сократить расход кокса. В результате достигается экономия средств при эксплуатации агрегата.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Тема занятия: «Система колошниковой загрузки».

Автоматизированная система колошниковой загрузки доменной печи, обеспечивает полную гибкость в формировании профиля шихты. Гибкий контроль распределения шихты является одним из ключевых инструментов управления доменным процессом, позволяющим оператору выполнять контроль и оптимизацию технологических параметров.

Распределение шихты на основе применения данной системы достигается за счет инновационной конструкции концентрических желобов с универсальной шарнирной подвеской, регулируемой гидравлическими цилиндрами. Такая конструкция позволяет непрерывно регулировать положение и угол наклона желобов в процессе загрузки шихты.

Система предоставляет возможность формировать разнообразный профиль шихты, направляя материал в любую точку уровня засыпи доменной печи.

Основные преимущества системы колошниковой загрузки доменной печи.

Эксплуатационные: эксплуатация печи при повышенном давлении; оптимизированная гибкость процесса загрузки; увеличенный межремонтный период; стабильный режим эксплуатации при оптимизированных расходах топлива; увеличенный объем инъекции топлива, повышающий производительность печи; снижение тепловой нагрузки и увеличение срока эксплуатации печи.

Инжиниринговые: простота и надежность рычажного механизма с внешним приводом цилиндров; равномерный износ, продолжительный срок службы распределяющего желоба; отсутствие высокоточных механизмов; замкнутая система охлаждения водой.

Управление распределительным желобом осуществляется с помощью системы контроля и обратной связи, которая полностью интегрирована в общее программное обеспечение загрузки доменной печи. Система обеспечивает высокий

уровень точности и контроля перемещения универсальных шарнирных элементов и, следовательно, позиционирования распределительного желоба).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Тема занятия: «Установки газоочистки: удаление мелкодисперсной пыли».

При рассмотрении требований, предъявляемых к газоочистительному оборудованию для доменных печей, следует выбирать установки, которые позволяют максимально утилизировать энергию газа, соблюдая все экологические нормативы. Компании должны иметь богатый положительный опыт в поставке очистительных установок различного типа, включая системы по обработке воды, рециклинга пыли, утилизации энергии и распределения очищенного газа.

Экологическая совместимость. Полное соблюдение всех экологических нормативов обеспечивают последние разработки в области пылеочистителей, циклонов и мокрых скрубберов. Предлагаемые решения позволяют гибко регулировать эффективность процесса сепарации пыли, обеспечивая максимально возможную степень рециклинга пыли в доменной печи и агломерационной линии и, следовательно, восстановления железа без превышения предельно допустимых концентраций цинка и других тяжелых металлов в шихте. В то же время дают возможность существенно сократить объем обрабатываемого и утилизируемого шлама.

Система грануляции шлака позволяет производить продукт, пригодный для использования в цементной промышленности, и выгодно реализовывать его на рынке.

Система первичной очистки газа. Для первичной очистки газа используют пылеулавливающие установки, циклоны или комбинации этих систем. Циклон позволяет оптимизировать процесс рециклинга доменной пыли, переносимой в системе пылеудаления.

Конструкция циклона имеет следующие ключевые особенности:

- тангенциальный вход для оптимизации числа спиралей циклона;
- ровные стенки с керамическим покрытием, уменьшающие процесс эрозии и обеспечивающие длительный срок эксплуатации;
- специальный профиль свободного потока газа, уменьшающий возможность образования конденсационных наростов;
- большой по сечению впускной газопровод, предотвращающий образование заторов даже в условиях скольжения, когда крупные частицы шихты (например, кокса) могут переноситься системой транспортировки неочищенного газа;
- байпасную систему мелкодисперсных частиц для контроля эффективности процесса очистки (классические циклоны обеспечивают ее на уровне 98 %, для доменного производства она должна составлять 85 %);

- байпасную систему с наружным размещением, обеспечивающую внешний доступ для проведения технического обслуживания за пределами защитной газовой оболочки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Тема занятия: «Система вторичной очистки газа».

Традиционная система вторичной очистки газа включает две стадии. Первая стадия процесса очистки происходит в башне с распылительным орошением и в центробежном сепараторе или промывочной установке Вентури с сепарацией воды. Вторая стадия процесса – в электростатическом пылеуловителе с регулированием конечного давления с помощью дроссельных клапанов. Разработаны решения, которые объединяет эти стадии.

В градирне происходит охлаждение газа до температуры его адиабатического насыщения и удаление большей части пыли, оставшейся после первичной очистки. В скруббере завершается процесс очистки газа и обеспечивается содержание пыли в газе на уровне менее 5 мг/м^3 при контроле давления печи в пределах 1,5 % от установленного значения.

Скруббер по очистке газа может иметь от одного до трех кольцеобразных очистительных модулей.

Системы первичной и вторичной очистки в течение многих лет подтвердили свою эффективность на установленных по всему миру доменных печах. Решения, разработанные для новых установок очистки газа, также идеальным образом подходят для интеграции в существующее оборудование.

Специально для того чтобы соответствовать возросшему в последние годы требованию по инъекции различных материалов через фурмы, разработано внутреннее покрытие с высокими антикоррозионными свойствами. Созданы одно- и многосопельные скрубберы Вентури. Многосопельные скрубберы Вентури могут поставляться во встроенном или внешнем исполнении.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Тема занятия: «Коническое сопло».

Новейшая разработка - трехсопловый скруббер Вентури внешнего исполнения, предоставляющий оператору уникальные, не достижимые при использовании другого оборудования возможности.

Наиболее важные особенности конструкции:

- скрубберы Вентури внешнего исполнения устанавливаются на наружной стороне корпуса печи, обеспечивая доступ для проведения технического обслуживания за пределами защитной газовой оболочки;

- трехсопельные внешние конусы имеют одинаковую конструкцию и модульное исполнение и могут быстро заменяться аналогичным модулем за пределами защитной газовой оболочки;
- конструкция имеет определенный запас надежности, обеспечивая бесперебойную эксплуатацию доменной печи даже при функционировании только двух модулей;
- основной резервуар включает градирню и каплеуловитель с фильтрующим слоем и не содержит подвижных частей;
- каплеуловитель с фильтрующим слоем может оснащаться системой обратной промывки для повышения эффективности процесса очистки (в случае остановки доменной печи на проведение технического обслуживания форсунки для распыления воды функционируют в противопоточном режиме);
- эффективность работы каплеуловителя легко оценить, измеряя падение давления поперек фильтрующего слоя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Тема занятия: «Воздухонагреватели доменных печей».

Воздухонагреватели доменных печей имеют самую современную конструкцию с внутренними или внешними камерами горения.

Системы оснащены высокоэффективными керамическими горелками, обеспечивающими минимальный уровень выбросов CO, SO₂ и NO_x. Предоставляется энергосберегающая система утилизации отработанного тепла.

Современный доменный воздухонагреватель с внутренней камерой горения является экономичной альтернативой конструкции с внешней камерой горения. Подобные воздухонагреватели, пригодные для эксплуатации при максимальной температуре в куполе до 1450 °С, обеспечивают температуру дутья до 1250 °С.

Воздухонагреватели этой конструкции имеют грибовидный купол, расширяющийся в виде кольцеобразных стенок. Изготовленная полностью из керамики разделительная стена, сооруженная из взаимосвязанных панелей, позволяет минимизировать утечку газа между секционной камерой и камерой горения.

Воздухонагреватели с внешней камерой горения. Доменный воздухонагреватель с внешней камерой горения наиболее подходит для эксплуатации при очень высоких рабочих температурах и больших объемах дутья. Подобные воздухонагреватели выдерживают максимальную рабочую температуру в куполе до 1550 °С, обеспечивая температуру дутья до 1350 °С.

Современная конструкция воздухонагревателей включает два независимых купола с небольшим взаимным давлением и возможностью автономного смещения. Подобные конструктивные параметры позволяют противодействовать началу

межкристаллической коррозии под напряжением. Хорошо известно, что подобные суровые условия эксплуатации могут негативно повлиять на срок службы воздухонагревателей, даже если оборудование имеет достаточно хорошую защиту, например двухслойное покрытие.

Каждый купол имеет автономное исполнение и адаптируется к внутреннему давлению и усилиям, возникающим от расширения футеровки. Усилия изгиба и неоднородные изгибающие напряжения сведены к минимальному уровню, что предотвращает образование концентраторов напряжений.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

Тема занятия: «Доменное оборудование».

Новый типоряд устройств открывания летки обеспечивает мощное, реализуемое полностью в гидравлическом режиме решение проблемы твердой глиняной массы и более длинной летки на современных доменных печах.

Мехатронный механизм открывания летки

Встроенное устройство измерения длины летки и оптимизированное сверлильное оборудование создают оптимальные условия эксплуатации летки и обеспечивают тем самым более равномерный поток расплавленного чугуна и продолжительный срок службы футеровки желоба.

Последние конструкции механизма открывания летки имеют более продолжительный срок службы и минимальные аварийные простои.

Компоненты гидравлических систем, рассматриваемые обычно как наиболее уязвимые узлы (например, вращающиеся гидравлические соединения и трубопроводы), полностью размещаются в защитном корпусе. При этом сохраняется простота их технического обслуживания или замены.

Привод устройства открывания летки полностью размещается в корпусе и удален от желоба с расплавленным металлом. Техническое обслуживание осуществляется быстро и безопасно благодаря концепции заменяемых модулей.

Подшихтовой зонд для анализа газа

Зонд для анализа газа предназначен для отбора проб в середине печи через боковую стенку на глубине примерно 5 м от поверхности загрузки.

Материалы, используемые в конструкции водоохлаждаемого зонда, обладают стойкостью к воздействию различных эродирующих элементов, присутствующих внутри доменной печи.

В частности, эти материалы обладают повышенной износостойкостью по отношению к опускающейся шихте при отборе зондом проб внутри печи, а также высокой стойкостью к вводимым в охлаждающую воду добавкам в условиях повышенных температур и давления внутри зонда.

Кроме подшихтового зонда для анализа газа, разработано и другое доменное оборудование, в том числе:

- надшихтовой микроволновый измеритель профиля на основе использования волноводной технологии;
- надшихтовые фиксированные зонды отбора проб газа и измерения температуры;
- механические устройства для измерения уровня засыпи;
- микроволновые детекторы уровня засыпи.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

Тема занятия: «Автоматизация и контроль технологического процесса».

Предлагаются современные системы автоматизации и контроля технологического процесса, которые включают:

- контроля колошника со сложными моделями загрузки и распределением шихты;
- складского контроля последовательно дозируемых материалов со взвешиванием и послойной укладкой;
- контроля процесса очистки газа;
- контроля режимов эксплуатации воздухонагревателей: циклический, параллельный, параллельный с перекрытием и ступенчатоопараллельный в четыре агрегата;
- инъекции угля;
- эксплуатации и контроля литейного двора;
- грануляции шлака.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

Тема занятия: «Система оптимизации».

Для обеспечения высоких эксплуатационных параметров доменной печи разработана система оптимизации с замкнутым контуром регулирования.

Экспертная система контроля

Система функционирует на основе использования высокоэффективных технологических моделей, искусственного интеллекта, продвинутых прикладных программных средств, графических интерфейсов пользователя и технологического «ноу-хау». Превосходные технологические характеристики и незначительные производственные затраты – это подтвержденные результаты.

Управление информационным процессом

Система управления информационным процессом аккумулирует, обрабатывает и сохраняет все необходимые данные с целью последующего их использования, например в разветвленных информационных системах заказчика.

Прецизионный контроль работы доменной печи достигается за счет использования высокоэффективных технологических моделей.

Экспертная система с замкнутым контуром регулирования

Экспертная система, которая контролирует все основные параметры доменной печи без вмешательства оператора. Например, контроль расхода кокса, основности, скорости вдувания пара и даже распределения шихты осуществляется непрерывно и автоматически с использованием замкнутого контура регулирования для обеспечения стабильности технологического процесса при низких производственных затратах.

ТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.

Оборудование нагревательного и дутьевого тракта.

Доменная печь Северянка.

Доменные печи в Японии.

Оборудование фирмы Manesman – Demag.

Доменные печи в Китае.

Оборудование заводов НКМЗ, Уралмаш, Азовмаш, ЭЗТМ.

Прямое получение железа.