

**УДК 504.06****Б.И. БОНДАРЕНКО**, академик НАН Украины, докт. техн. наук, профессор, директор,**Б.К. ИЛЬЕНКО**, канд. техн. наук, с.н.с., ученый секретарь

Институт газа Национальной академии наук Украины (ИГ НАН Украины)

НОВЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ПРИРОДООХРАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ИНСТИТУТА ГАЗА НАН УКРАИНЫ

Представлена информация о новейших разработках Института газа НАН Украины в области энергосбережения и экологии в металлургической отрасли, тепло- и электроэнергетике, промышленности строительных материалов, утилизации твердых бытовых отходов и стойких органических загрязнителей. Особое внимание уделено применению возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: энергосбережение, экология, металлургия, тепло- и электроэнергетика, строительные материалы, твердые бытовые отходы, стойкие органические загрязнители, альтернативные источники энергии.

В последние годы получили дальнейшее развитие традиционные работы Института газа НАН Украины в области эффективного использования природного газа в промышленности и коммунальном секторе – осуществлены новые разработки по использованию возобновляемых источников энергии, улучшению экологических показателей промышленных производств, ликвидации опасных отходов, нанотехнологиям и другим направлениям. Ниже приведены примеры внедрения разработок института на промышленных предприятиях, а также дана краткая характеристика новых исследований института. Разделение разработок по отраслям промышленности, разумеется, является условным, поскольку некоторые из них (например, шахтные печи обжига известняка) имеют межотраслевой характер.

РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ

По контракту с Государственной корпорацией NMDC (г. Хайдарабад, Индия) построен «под ключ» демонстрационный завод по производству безуглеродных порошков губчатого железа по энерго- и ресурсосберегающей технологии Института газа НАН Украины (рис. 1).

Главной особенностью нового производства явилось использование газоплотных конвейерных печей конструкции института. Газоплотность печей позволила реализовать технологию рециркуляции и регенерации водорода – в результате удельный расход водорода снижен в 2,3 раза.

На Днепровском металлургическом комбинате им. Дзержинского внедрена новая система обогрева



Рисунок 1 – Общий вид цеха демонстрационного производства безуглеродных порошков губчатого железа. Индия, Хайдарабад, NMDC

проходной печи шарового стана – достигнуто сокращение расхода топлива на 13 %. В разработке использованы усовершенствованные газогорелочные устройства и отработаны режимы сгорания топлива.

В кузнечно-прессовом цехе НПК «Заря-Машпроект» (г. Николаев) модернизирована газопламенная печь для нагрева заготовок, реализован комплекс новых технических решений, в частности применены новые теплоизоляционные огнеупоры и другие материалы, установлены специально разработанные горелки, новая система газо- и воздухообеспечения – внедрение данной разработки обеспечило экономию топлива в объеме 20–30 %.

Разработана новая система отопления шахтных печей обжига известняка с использованием комплекса оборудования, в состав которого входят периферийные скорост-

ные газогорелочные устройства, новая система подачи и эвакуации горячих газов, а также система автоматического регулирования процессом обжига. Предусмотрено регулирование распределения температур и тепловых потоков по периметру и высоте печи, достигнуто существенное увеличение времени пребывания известняка в зоне обжига, что обеспечивает рост активности извести. Это способствовало увеличению производительности печи, а также существенному снижению удельных расходов топлива на обжиг. Указанная разработка внедрена на ряде предприятий металлургического и строительного профиля – Запорожском алюминиевом комбинате, в Таврической строительной компании (г. Херсон), на предприятии «Розвадостройматериалы» (Львовская обл.).

Для нагревательных печей и стенов разогрева сталеплавильных ковшей разработана конструкция струйно-стабилизационных горелок мощностью 30–40 кВт и 2500 кВт с регулируемой длиной факела. Системы разогрева ковшей, включающие газогорелочные устройства, рекуператоры и средства контроля горения, поставлены на Криворожский завод горного оборудования и Днепровский металлургический комбинат. Создана конструкция плоскопламенной дискофакельной горелки с низким давлением воздуха и топлива для получения эффекта разомкнутого факела и с возможностью замены природного газа генераторным или технологическими газами. Изготовлена горелка мощностью 300 кВт для сжигания генераторного газа калорийностью 800–1400 ккал/м³ в условиях нагревательной печи. Разработка имеет хорошую перспективу внедрения в металлургии и машиностроении.

Следует также отметить, что на Керченском стрелочном заводе выполнен значительный объем работ по переводу тепловых агрегатов с мазута на природный газ и обеспечено эффективное сжигание топлива унифицированными газогорелочными устройствами, автоматизированный контроль технологических режимов работы печей; разработаны технология и оборудование для переплавки алюминиевого лома, предусматривающие глубокую очистку продуктов сгорания природного газа от органических примесей термokatалитическим дожиганием, а также тонкую пылеочистку.

Представляет интерес разработанная и смонтированная лабораторная установка прямого получения железа с узлом конверсии природного газа. Проведенные предварительные исследования процесса восстановления железорудных окатышей на стендовой шахтной печи продуктами автотермической конверсии природного газа с воздухом и предварительным подогревом за счет сжигания 40 % очищенного колошникового газа показали, что при этом экономия природного газа может достигать 20 %.

На опытной агломерационной установке выполнены исследования агломерации пылевидных отходов Побужского ферроникелевого комбината. Разработана технология грануляции и спекания агломерационной шихты из пыли шихты вращающейся печи обжига смеси латеритового концентрата и антрацита. Предложено использование мелкодисперсных (до 1 мм) отходов производства высокочистого кремнезема для получения ферросилиция с пониженным содержанием серы и фосфора.

РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Институтом газа НАН Украины выполнена оценка возможностей парогазовой технологии «Водолей» применительно к использованию вторичных энергетических ресурсов. Указанная технология характеризуется высокими энергосберегающими и экологическими показателями. С использованием адаптированного программного комплекса «ГазКондНефть» выполнен эксергетический анализ парогазотурбинных установок «Водолей-16», ГТУ простого цикла и регенеративного цикла «ГТК-10Р» для расчета теплофизических и термодинамических параметров высокотемпературных процессов газотурбинных (ГТУ) и парогазотурбинных установок. Разработаны тепловые схемы глубокой утилизации теплоты отработанных газов турбин простого и регенеративного цикла с дополнительным пентановым циклом. Результаты исследований показали, что эффективный (эксергетический) КПД ГТУ простого цикла можно реально повысить до 40 %, сложных – до 50 % и более.

Разработана технология совместного сжигания биогаза и природного газа (рис. 2).



Рисунок 2 – Совместное сжигание природного газа и биогаза в промышленном котле

При сжигании указанной газовой смеси снижается максимальная температура горения, что обеспечива-



ет пониженный выход оксидов азота. Разработаны конструкции горелок высокой мощности (от 5 до 20 МВт) для совместного и раздельного сжигания биогаза и природного газа, а также технология и соответствующее оборудование для сжигания биогаза на факельной установке – разработка внедрена на спиртовых заводах России и Украины.

Созданы поршневые газовые электростанции, работающие на попутном газе нефтедобычи, газе пиролиза биомассы, а также на генераторном газе газификации биомассы (сельскохозяйственных отходов и отходов деревообработки). Разработаны проектные решения по размещению теплогенерирующего комплекса мощностью 15 МВт на генераторном газе, полученном газификацией пеллет шелухи подсолнечника в котельной масложирового комбината (г. Ильичевск) – проект предусматривает разработку газогенераторов и горелки для сжигания генераторного газа с системой его подвода.

На котле Е 25/14 паропроизводительностью 25 т/час (Малинская бумажная фабрика, Житомирская обл.) установлен разработанный институтом газогенератор мощностью 3 МВт, работающий на древесных отходах производства бумаги.

Институтом газа НАН Украины совместно с Институтом угольных энерготехнологий НАН Украины выполнены экспериментальные и теоретические исследования времени выгорания биотоплива (древесных опилок и шелухи подсолнечника) в топочном пространстве печей и котлов в зависимости от их влажности и фракционного состава. Разработана комбинированная газо-твердотопливная горелка с интенсивной рециркуляцией твердого топлива.

Разработана технология сжигания природного газа с предварительным (до подачи в зону горения) смешением с продуктами сгорания, рециркулирующими из топочного объема. Показано, что при горении такой смеси снижается выход углеводородных радикалов CH и CH_2 , инициирующих образование «быстрых» NO , и термических оксидов азота. Методика расчета влияния рециркуляции продуктов сгорания на образование оксидов азота и конструкторская документация на горелку производительностью по газу 3000 м³/час для энергетических котлов также разработаны институтом. По результатам испытаний, которые проводились на паровых котлах производительностью 120 т/час (Северодонецкая ТЭЦ), достигнуто снижение выхода NO_x в объеме 62–30 % при подаче газов рециркуляции на максимальных и, соответственно, минимальных нагрузках – концентрации NO_x в продуктах сгорания составили 84–106 мг/м³ (в пересчете на $\alpha = 1,4$).

Институтом разработана и исследована на лабораторном стенде малозатратная технология улавли-

вания оксидов серы, основанная на использовании существующего оборудования ТЭЦ (скрубберы Вентури с применением коагулянта) с введением в цикл дополнительных реагентов (CaO , MgO , Na_2O , K_2O), которые подаются с энергоблоков, оборудованных электрофилтрами. Установлено, что наиболее рациональным является применение новой технологии на ТЭЦ с энергоблоками мощностью 200 МВт, оснащенных скрубберами и новыми энергоблоками с электрофилтрами. Следует отметить, что реализация данной разработки требует незначительных капиталовложений.

По договору с Киевской городской государственной администрацией в котельной системы «Київжитлотеплоенерго» введен в эксплуатацию модернизированный котел ТВГ-8М с новыми конвективными поверхностями нагрева и горелками. Котел имеет наибольший (по сравнению с действующими котлами такой мощности) КПД = 94,5–95 %.

Разработаны технические условия на модернизацию паровых котлов мощностью до 20 МВт типа ДЕ и ДКВР, направленные на расширение диапазона регулирования горелок с улучшением их эколого-экономических характеристик, – оснащение горелок газовыми коллекторами малого газа (30 % от мощности котла) для работы в осенне-весенний период и основного газа (70–90 % мощности) – создание двухколлекторных горелок (горелка мощностью 18 МВт и вихревая горелка для котла ДЕ-25), – а также системы регулирования мощности котлов от 10 до 120 %.

Для типового котла производительностью 170 т пара в час (Дарницкая ТЭЦ, г. Киев) разработана принципиально новая конструкция газовой горелки с температурой дутьевого воздуха до 400 °С для двухступенчатого сжигания газа с пониженным образованием оксидов азота.

РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Институтом газа НАН Украины разработан энергоэффективный комплекс производства сиопора. Особенностью этого нового строительного материала являются низкие температуры вспучивания исходного сырья – сиолита, что обеспечивает высокие энергосберегающие показатели производства. Значительным преимуществом данной разработки является возможность получения легкого теплоизоляционного заполнителя из подсушенного сиопора непосредственно на строительной площадке. Создана конструкция мобильной установки производительностью 3 м³ сиопора в час.

Значительный объем работ по внедрению эффективных автоматизированных систем обогрева промыш-

ленных печей выполнен на украинских кирпичных заводах: Шатрищенском (Сумская обл.), Якимовском (Запорожская обл.), Сокальском (Львовская обл.). В основе этих разработок – применение горелок-теплогенераторов типа ГНБ-80-ТГ и скоростных горелок типа ГНБ-80, создающих скоростные рециркуляционные потоки. Внедрение новой системы обогрева обеспечивает значительную экономию природного газа, а также способствует повышению качества обжигаемого кирпича от марки 75 до марки 150. Прогрессивные системы отопления внедрены и на ряде других кирпичных заводов, а также на шахтных печах обжига известняка.

Исследования процесса скоростного нагрева кирпича полусухого формирования применительно к глине Чечельницкого месторождения при различных технологических режимах показали возможность значительной интенсификации процесса производства кирпича и снижения его себестоимости.

На предприятиях по производству огнеупоров выполнены работы, направленные на снижение расхода газа и повышение качества продукции. Введена в эксплуатацию разработанная в институте автоматизированная установка АРТУС-250 на барабанной сушильной печи (Пантелеймоновский завод огнеупоров, Донецкая обл.) – внедрение разработки обеспечивает оптимизацию технологического режима сушки.

В рамках выполнения инновационного проекта НАН Украины «Разработка технологии и оборудования для использования местных видов топлива в промышленности строительных материалов» созданы технология и оборудование для замены природного газа биотопливом во вращающихся печах (рис. 3).

Разработаны технические условия для топлива различного биологического происхождения, учитывающие фракционный состав, влажность и т.п. В состав внедренного опытно-промышленного технологического комплекса (Ватутинский завод огнеупоров, Черкасская обл.) входит система пневмотранспорта шелухи подсолнечника к горелочному устройству, специальное горелочное устройство для сжигания биотоплива во вращающейся печи, необходимое вспомогательное оборудование. В процессе освоения комплекса достигнута замена 70 % природного газа биотопливом – расход газа снизился с 2200 м³/час до 700 м³/час при сжигании 3600 кг/час подготовленного биотоплива.

Осуществлена реконструкция большой вращающейся печи (диаметр – 3 м, длина – 75 м) обжига глины путем модернизации и автоматизации системы обогрева и применения разработанных в институте горелок ПГ-35 с регулируемой длиной факела (Великоанадольский комбинат огнеупоров). Внедрение данной разработки по-



Рисунок 3 – Вращающиеся печи Ватутинского комбината огнеупоров, переведенные на сжигание шелухи подсолнечника (слева – руководитель разработки И.Н. Карп, академик НАН Украины)

зволило обеспечить 30 % экономии природного газа и повышение качества шамотного порошка.

Созданы эффективные аппараты псевдоожиженного слоя желобного типа для сушки и термообработки дисперсных материалов. Разработана конструкция сушильной установки производительностью 10–20 т/час с пониженными на 2 нм³/т удельными расходами природного газа. Шесть таких установок общей производительностью 100 т/час внедрено на ЗАО «Хенкель-Баутехник. Украина».

В настоящее время в Институте газа НАН Украины проводятся исследования по созданию принципиально новой технологии получения легких микросфер – многофункционального наполнителя для изготовления теплоизоляционных композитных материалов. Опытные партии микросфер, полученные из перлита Береговского карьера (Украина) и магаданского вулканического пепла (Россия), проверены при температурах до 1000 °С на предприятиях, использующих микросферы.

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (ТБО) И СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ (СОЗ)

Разработаны научные основы термодинамических расчетов (моделирования) процессов термической утилизации ТБО с учетом возможной неопределенности их состава. Создана математическая модель, описывающая термодинамические условия образования диоксинов и фуранов при термообработке ТБО.

Для утилизации биогаза отечественных полигонов ТБО разработана схема сбора и использования образующегося биогаза для когенерации тепловой и электрической энергии. Показана перспективность очистки биогаза



специально разработанным абсорбентом МДЕА (монодиэтаноламином), который обеспечивает получение товарной углекислоты. С применением программного комплекса «ГазКондНефть» определены газодинамические характеристики системы, оптимизирована технологическая схема и параметры оборудования. Разработка выполнена для утилизации биогаза отечественных полигонов ТБО и полигона г. Астана (Казахстан) с производством 4,5 МВт электроэнергии.

На полигонах ТБО городов Сумы, Борисполь, Белая Церковь, Ивано-Франковск, Киев пробурены и подготовлены для сбора биогаза 23 скважины. В зависимости от морфологического состава отходов концентрация метана в биогазе находится в пределах 40–70 %. Мощность отдельных скважин полигона в Пирогово (г. Киев) достигала 150–200 кВт – или 18–32 м³/час биогаза. Разработаны технологические основы процессов добычи биогаза, его обогащения и использования в качестве универсального топлива, а также передвижная факельная установка для сжигания выбросов биогаза. Внедряется система сбора и утилизации свалочного газа на полигоне ТБО № 5 (Киевская обл.), по разработанному институтом проекту комплекса по добыче и переработке газа пробурено 32 газодобывающие скважины, монтируется трубопроводная система для сбора 800 м³/час биогаза.

Институтом газа НАН Украины совместно с Национальным центром обращения с опасными отходами Министерства экологии и природных ресурсов разработаны концептуальные основы обращения с опасными отходами и технико-экономическое обоснование строительства завода по утилизации и обезвреживанию опасных отходов по модульной схеме. Базовым является модуль для переработки твердых отходов с максимальным содержанием хлора до 3 %. Для переработки отходов с высоким содержанием хлора (до 70 %) технологический комплекс оснащается модулем дехлорирования в расплаве соединений щелочных металлов. Институтом выполнены соответствующие расчетно-аналитические исследования, направленные на оптимизацию параметров термической деструкции хлорорганических токсичных соединений в химически активном расплаве на основе карбонатов щелочных металлов – установлено оптимальное соотношение карбонатов натрия и калия,

а также сульфата натрия, обеспечивающее максимальную эффективность деструкции препаратов ДДТ и связывания хлора при их обезвреживании с минимальным выносом солей с продуктами сгорания.



Рисунок 4 – Технологический комплекс для термического обезвреживания токсичных отходов

На опытно-промышленном комплексе по обезвреживанию непригодных для использования химических средств защиты растений (КУТО-100) в г. Кагарлык проведены исследования по обезвреживанию пестицидов (ДДТ) в плавильно-пиролизной печи (рис. 4), а также подобран состав твердого теплоносителя и отработан технологический режим обезвреживания ДДТ.

Из разработок в сфере переработки промышленных отходов следует отметить технологическую линию по утилизации продуктов очистки подсолнечного масла производительностью 500 кг/час, внедренную на Ильичевском масложировом комбинате. Применение указанных отходов в качестве топлива для получения технологического пара позволило снизить расход природного газа на предприятии на 1,6 млн нм³/год.

Проведены также исследования с целью создания технологий очистки поверхности водоемов, прибрежной полосы и почвы от разливов нефтепродуктов терморасширенным графитом (ТРГ) – эффективным поглотителем органических жидкостей. Институт располагает опытно-промышленной установкой для производства ТРГ с поглотительной способностью по нефти и нефтепродуктам 50–80 кг/кг – отработывается технология выделения поглощенных нефтепродуктов и регенерации ТРГ.

Поступила в редакцию 14.07.2011

Надано інформацію про новітні розробки Інституту газу НАН України в галузі енергозбереження та екології в металургійній промисловості, тепло- та електроенергетиці, промисловості будівельних матеріалів, утилізації твердих побутових відходів та стійких органічних забруднювачів. Особливу увагу приділено використанню відновлювальних джерел енергії.

The latest NAS of Ukraine Gas Institute developments in the field of energy-saving and ecology in metallurgy, heat- and electricity production, building materials industry, solid domestic waste and firm organic pollutants utilization are represented. Special attention was paid to renewable energy sources application.