

**В.И.Большаков**

## **ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ИЧМ В ОБЛАСТИ МЕТАЛЛУРГИИ ЧУГУНА**

Выполнен анализ разработок ИЧМ и результатов исследований, направленных на совершенствование управления процессом доменной плавки на печах оснащенных бесконусными загрузочными устройствами и современными средствами контроля распределения шихты и газов.

Институт черной металлургии им.З.И.Некрасова НАН Украины уже более полувека является головным институтом по металлургии чугуна. Коллективом ученых ИЧМ разработаны, испытаны и реализованы в промышленном масштабе следующие перспективные направления повышения эффективности производства чугуна [1,2]:

- показана целесообразность и эффективность обеспечения доменных печей высококачественными железосодержащими шихтовыми материалами (ЖСМ) и коксом (К) как важнейшего фактора повышения эффективности доменной плавки;
- обоснована и подтверждена на практике целесообразность и эффективность строительства доменных печей большого объема 2000–5000 м<sup>3</sup>, применение которых позволяет уменьшить удельные капитальные, энергетические и трудовые затраты на выплавку чугуна;
- предложено и реализовано применение повышенного колошникового давления газов как средства увеличения производительности и эффективности использования восстановительной способности газов;
- технология увеличения интенсивности доменной плавки с использованием комбинированного дутья, обогащенного кислородом до 35% с применением природного газа;
- показана необходимость и эффективность предпусковых исследований распределения шихтовых материалов на новых и реконструированных доменных печах и участия ученых в их освоении;
- на промышленной установке оригинальной конструкции проведены опытные плавки и опробована технология применения пылеугольного топлива;
- на доменной печи Макеевского металлургического завода реализована промышленная технология доменной плавки с применением коксового газа;
- на опытно–промышленной установке проверена возможность производства частично восстановленных железосодержащих материалов с добавкой углеродсодержащих материалов [2].

Отличительной особенностью разработок ИЧМ является сочетание результатов фундаментальных исследований с экспериментальной про-

веркой и реализацией в промышленности. Примером может служить разработка технологических заданий, исследование и освоение крупнейших в мире доменных печей объемом 5000 и 5580м<sup>3</sup>, печи № 6 НЛМК объемом 3200м<sup>3</sup>, оснащенных бесконусными ЗУ фирмы П. Вюрт [3,4], и четырех доменных печей (ДП) различного объема, оснащенных отечественными бесконусными загрузочными устройства (БЗУ) [5,6].

В 1980–1990 годах разработан научно–методический подход, методы расчета соотношения объема бункеров и печи для двухбункерных БЗУ, оценки пропускной способности систем загрузки (шихтоподача – подъемник – загрузочное устройство) различных конструкций с конвейерными и скиповыми подъемниками, методики проведения предпусковых исследований [4], расчета и контроля траекторий движения шихты в колошниковом пространстве, расчета показателей радиального распределения шихтовых материалов по величине рудных нагрузок и объемов в кольцевых зонах [3]. Ключевым моментом комплекса указанных исследований явилось создание базовой методики приближенного расчета показателей распределения шихтовых материалов (массы и объемов ЖСМ и К, рудных нагрузок. Применение этой методики, в которой в качестве исходных данных используются лишь заданные программой загрузки данные, позволило впервые осуществлять оперативный расчет достаточно достоверных показателей распределения [3–7] при составлении и оценке программ загрузки для различных доменных печей, оснащенных БЗУ.

Анализ результатов исследований и опыта освоения доменных печей, оснащенных БЗУ показал, что использование возможностей современных систем загрузки, обеспечение необходимой их пропускной способности, управление радиальным и окружным распределением шихты в печи с помощью методики расчета показателей радиального распределения шихты и выбора на их основе рациональных программ и режимов загрузки играет решающую роль в обеспечении производительной, экономичной работы доменных печей [3]. Оперативный расчет существенно расширил возможность сравнения показателей различных программ загрузки. Создание компьютерной версии инженерной методики позволяет быстро рассчитывать и сравнивать достаточно большое количество вариантов программ загрузки. Достоинством методики является то, что расчеты опираются на задаваемое (обычно аналогичное требуемому распределению CO<sub>2</sub>) распределение рудных нагрузок по позициям распределительного лотка, в них не рассматривается влияние многих менее значимых факторов, учесть которые затруднительно из-за их неопределенности и изменчивости. При этом результаты расчета распределения объемов используются для ориентировочной оценки профиля поверхности засыпи и предотвращения самопроизвольного смещения по его откосу материалов последующих порций.

Применение базовой методики расчета программ загрузки в сочетании с результатами предпусковых исследований, а также с результатами

оценки на печи профиля засыпи при загрузке отдельных подач шихты во время кратких остановок ДП и с данными о распределении газового потока подтвердило эффективность её использования для обоснованного, оперативного выбора рациональных программ и режимов загрузки [4–8]. Одновременно в ИЧМ была разработана математическая модель, позволяющая при заданных исходных данных рассчитывать распределение шихтовых материалов, траектории движения шихты в колошниковом пространстве и обоснованно выбирать рациональную длину лотка БЗУ, оценивать влияние различных дополнительных факторов на распределение шихтовых материалов, конструктивных особенностей и режимов работы БЗУ [3].

Результаты исследований показали, что основным инструментом обеспечения высокопроизводительной и экономичной работы печи является управление радиальным распределением шихтовых материалов, и подтвердили, что обеспечение эффективной работы доменных печей, оснащенных БЗУ и обладающих значительно большими возможностями управления, чем конусные загрузочные устройства, требует создания и совершенствования технологии управления загрузкой и распределения шихты в ДП [7]. Вторым по весомости фактором обеспечения эффективной работы ДП является управление окружным распределением шихты [3,9]. В ИЧМ разработан и широко применяется набор приемов, обеспечивающих как равномерное, так и направленное неравномерное распределение шихты на ДП, оснащенных БЗУ [7,10,11]. Для реализации приемов управления радиальным и окружным распределением шихты и газов в ДП важно правильно назначать рабочие и предельные углы раскрытия шихтовых затворов и корректировать их при изменениях гранулометрии и влажности шихтовых материалов. Такие приемы основываются на результатах предпусковых исследований и контроле продолжительности разгрузки бункеров БЗУ [12].

Важной составляющей обеспечения устойчивой высокопроизводительной работы доменной печи является достаточная для интенсивной работы и догонки меры пропускная способность системы загрузки. В ИЧМ разработана методика расчета пропускной способности всей системы загрузки (шихтоподача – подъемник – БЗУ), в которой учитываются особенности работы механизмов и системы управления, объемы и степень заполнения бункеров, а также закладывается нормированный резерв пропускной способности на догонку меры [13]. В этих разработках используются результаты исследований, выполненных в работе [14] по исследованию систем загрузки ДП, подсистем шихтоподачи [15], подъемников доменных печей и БЗУ [3,4]. Показано, что уменьшение массы порций приводит к уменьшению пропускной способности системы загрузки и увеличению интенсивности работы механизмов [7].

В последнем десятилетии XX века была создана научно–методическая база для обоснованного расчета программ загрузки, технологические тре-

бования к оборудованию и системам контроля и управления распределением шихты и газов в доменных печах, обобщен опыт практического применения результатов фундаментальных и прикладных исследований при освоении и эксплуатации доменных печей, оснащенных БЗУ [1,3,7,14]. В процессе этих исследований было обнаружено, описано и применено на практике для управления распределением шихты и газового потока явление образования локальных зон с пониженной газопроницаемостью при загрузке лотковым распределителем шихты [16]. Разработана система критериев, позволяющая количественно оценивать влияние на технологический процесс и его результаты таких факторов как режим загрузки, качество железосодержащих материалов, дутьевой режим, качество кокса и чугуна и др. [7,17].

В связи с увеличением производства чугуна и стали все острее становится проблема обеспечения доменных печей железорудными материалами и энергоносителями. На доменных печах Украины и России расширяется применение многокомпонентных шихтовых материалов. Наряду с использованием традиционных – агломерата и окатышей, в состав шихтовых материалов доменной плавки вводятся такие материалы как обогащенные шлаки, железо– и углеродсодержащие брикеты, а также антрацит и другие углеродсодержащие материалы. Сравнительная оценка эффективности применения нетрадиционных многокомпонентных шихтовых материалов с традиционными подтвердила эффективность применения подготовленных вторичных шихтовых материалов и позволила определить рациональное их доленое содержание в шихте [14,18]. Комплексный подход к решению задач применения многокомпонентной шихты потребовал разработки новых приемов формирования порций шихтовых материалов на конвейере или в скипах подъемника для упорядоченной укладки материалов разного химсостава в кольцевые зоны печи и обеспечения контроля шлаков [14]. Проблемы применения низкоосновных окатышей и др. составляющих многокомпонентных шихтовых материалов тесно связаны и с увеличением длительности кампании доменных печей, поскольку попадание агрессивных шлаков в пристенную зону печи приводит к смыванию гарнисажа и разрушению футеровки [19]. Автоматизированная система непрерывного контроля конечных шлаков и разгара футеровки позволяет следить за состоянием горна и прогнозировать необходимый состав шихтовых материалов, для получения требуемого химсостава конечного шлака, предотвращающего быстрый износ углеродистой футеровки горна [14,19]. Разработаны также способы контроля температуры кожуха печи, позволяющие определять расположение настывшей внутри печи и оценивать потери тепла при различных режимах работы печи. Выполнены оценки тепловых потерь через систему охлаждения на ДП различного объема при разных режимах работы, показано, что удельные потери тепла на доменных печах большого объема на 20–25% меньше, чем на печах малого объема [14]. В рамках этой работы выполнены исследо-

вания и показана целесообразность применения газопутилизационных турбин на доменных печах, оснащенных БЗУ, где при эксплуатации стабильно поддерживается давление колошниковых газов около 2 ати [20].

В 2002–2006 годах выполнена под руководством автора фундаментальная работа по проекту ОФТПМ НАН Украины «Новые материалы». В работе ТО–008–02 «Развитие теории доменного процесса для установления предельных величин степени использования газа при заданном качестве продуктов плавки в текущих и перспективных шихтовых условиях». В работе изучался комплекс актуальных проблем доменного производства: влияние распределения шихтовых материалов с различными физико–химическими характеристиками на формирование жидких фаз в доменной печи, на особенности формирования и расположения в печи зоны размягчения – плавления, структуры столба шихты на изменение распределения газов, тепловое состояние печи и степень использования восстановительной способности газов, которая определяет эффективность работы агрегата и расход энергоносителей на выплавку чугуна [21]. Разработана математическая модель термо– физико–химических превращений, с помощью которой выполнено расчетно–аналитическое исследование процесса доменной плавки по высоте и поперечному сечению печи, позволившее впервые выполнить научно–обоснованную оценку и дать рекомендации по совершенствованию программ загрузки на основе выявленных закономерностей и количественной оценки влияния режимов загрузки на показатели плавки. Сформирована база знаний в наименее изученной области технологии доменного процесса – взаимосвязи распределения по радиусу печи шихтовых материалов на колошнике, состава и свойств жидких фаз на уровне горна и технологических параметров плавки [7,18].

Впервые на основе расчетов распределения ШМ по радиусу печи по методике [3] и усовершенствованных балансовых методов расчета теплообмена и восстановительных процессов в двенадцати вертикальных тепловых зонах по высоте печи разработана новая методическая база [22] расчета процессов теплообмена в кольцевых зонах по высоте печи, в которой используются показатели распределения рудных нагрузок и объемов материалов в кольцевых зонах. Применение указанной методики позволяет обнаруживать, в каких кольцевых зонах возникает вырождение верхней ступени теплообмена, что вызывает потребность компенсации увеличенной теплопотребности за счет увеличения расхода кокса. Рациональное перераспределение рудных нагрузок между кольцевыми зонами позволяет ослабить или ликвидировать такой процесс путем направленной коррекции программы загрузки и способствует улучшению использования тепла газов и уменьшает среднюю температуру колошниковых газов [23].

Крупной перспективной разработкой ИЧМ является применение стационарного радиолокационного профилемера для контроля хода доменной печи и использование обработанных данных профилемера для обос-

нованного выбора необходимых управляющих воздействий с целью повышения эффективности доменной плавки. Первая, по существу программная, публикация сотрудников ИЧМ по разработке этого направления разработок и исследований вышла из печати в 2002 г. [24]. В этой работе изложены соображения о целесообразности применения радиолокационных многоточечных стационарных профилемеров, применение которых позволит получать информацию, необходимую для эффективного использования возможностей современных систем загрузки и обоснованного управления ходом доменной плавки. В том же году разработаны основные технологические требования к установке радиолокационных измерителей профилемера в куполе доменной печи [25].

Показано, что в отличие от дорогих, недостаточно надежных профилемеров, сканирующих поверхность засыпи, и от периодически включаемых профилемеров для сканирования профиля засыпи по радиусу доменной печи, профилемеры со стационарно установленными в куполе печи радиолокаторами, непрерывно измеряющими дальность до определенных точек на поверхности засыпи, позволяют получить значительно больший объем информации, необходимой для контроля процесса плавки и принятия решений по управлению.

После наладки и освоения стационарного двадцатиточечного профилемера на ДП–9 «Криворожстали» разработана система представления для персонала информации о профиле поверхности и распределении скоростей схода шихты по радиусу и окружности печи, которая стала важным средством непрерывного контроля особенностей хода плавки, распределения шихты при реализации различных программ загрузки и режимов плавки [26]. С помощью профилемера выполнены исследования изменения и оценки предельных углов откоса шихтовых материалов на поверхности засыпи, распределения скоростей схода шихты в различных кольцевых зонах печи [27], особенности изменения глубины и смещения осевой воронки относительно оси печи [28] при различных режимах работы ДП. В процессе этих исследований постоянно совершенствовалось программное обеспечение для обработки и представления информации, определялись выдержки времени между окончанием выгрузки порций и фиксацией положения точек поверхности засыпи для получения надежной и сравнимой информации, изучались особенности формирования слоев шихтовых материалов при реализации различных программ загрузки и изменении интенсивности плавки [14,29].

На основании результатов исследований и обобщения опыта эксплуатации профилемеров разработаны технологические требования к установке профилемеров на доменных печах, оснащенных конусными загрузочными устройствами, совершенствовались алгоритмы и форма представления информации профилемера, разрабатывались приемы и регламент использования этой информации для управления ходом доменных печей [30], разработан способ прогнозирования содержания кремния по измене-

нию скорости схода шихты в осевой зоне печи, на который получен патент [31]. Определены перспективные направления разработок по применению информации профилемера для управления ходом доменной плавки [32]. Исследования и разработки этого направления продолжаются, устанавливаются при реконструкции доменных печей различного объема стационарные радиолокационные профилемеры разных модификаций по технологическим заданиям ИЧМ, формируются научные основы эффективного их применения для контроля и управления процессом плавки.

Внимание ученых и практиков–доменщиков издавна привлекали проблемы рационального формирования газового потока в доменных печах, в решении которых существенная роль принадлежит установлению такого соотношения между интенсивностью газовых потоков в периферийной, промежуточной и осевой зонах печи, когда достигается продуктивная и экономичная выплавка чугуна. Управление интенсивностью газового потока в периферийной зоне удовлетворительно осуществлялось и на печах малого и среднего объема, оснащенных конусными загрузочными устройствами. Эффективное управление осевым газовым потоком или осевой отдушиной на таких печах невозможно. В связи с оснащением доменных печей бесконусными загрузочными устройствами, которые обладают большими возможностями достаточно точного непосредственного управления распределением шихты по всему радиусу печи [3–8], внимание исследователей к формированию рациональной структуры столба шихты и организации осевой и периферийной отдушин с заданной газопроницаемостью существенно возросло [8].

Исследования распределения рудных нагрузок и объемов материалов, их формирования с помощью БЗУ, методов расчета показателей распределения и разработки приемов формирования сбалансированного соотношения интенсивности газовых потоков на периферии, в промежуточной и осевой зонах активно ведутся в ИЧМ. Они включают результаты разработок по управлению радиальным распределением шихтовых материалов по радиусу печи и использование новых средств контроля распределения шихты и газов в доменных печах, в том числе и профилемеров [24]. Показано влияние параметров осевой и периферийной отдушин на формирование газовых потоков [33] и оценена их взаимосвязь с формированием рациональной структуры столба шихты в печи [34].

Важной составляющей столба шихты, определяющей распределение газового потока по сечению печи является пластичная зона (размягчения и плавления железосодержащих компонентов), называемая еще зоной когезии. Расположение, форма и газопроницаемость этой зоны существенно влияют на газораспределение и эффективность плавки. Экспериментальное определение параметров этой зоны весьма затруднительно, поэтому её характеристики определяются с помощью моделей или приближенных методик [35]. Следует заметить, что расположение и форма зоны плавления тесно связаны с формой тотермана, они изменяются при изменениях

дутьевого режима, программы загрузки и химсостава шихтовых материалов. Знание распределения газов по сечению печи необходимо для управления её ходом, разработки рациональных программ загрузки и обеспечения продуктивной и экономичной доменной плавки [36].

Особенностью выполнения фундаментальных и прикладных работ в ИЧМ является органическая связь между ними через обмен информацией. Для фундаментальных исследований при выполнении экспериментов на доменных печах накапливаются объективные исходные данные, изучается степень влияния различных факторов на процесс доменной плавки и показатели работы ДП. Постановка и содержание прикладных исследований основывается на результатах фундаментальных разработок и полученных в них зависимостях, методах оценки взаимосвязи различных параметров процесса и управляющих воздействий. Тесная взаимосвязь фундаментальных и прикладных разработок обеспечивает целенаправленное и оперативное решение задач исследований при минимизации трудовых затрат и времени. Выполнение программ фундаментальных исследований в ИЧМ сочетается с выполнением комплекса работ по освоению и совершенствованию оборудования, систем контроля и управления, технологии доменной плавки [7].

Примерами являются работы по освоению и сопровождению крупнейших ДП, оснащенных БЗУ, конвейерными и скиповыми подъемниками порций шихтовых материалов ДП-6 НЛМК, ДП-9 Криворожстали, ДП-5 и ДП-4 Северстали [3–8], а также реконструированных ДП Криворожстали, Запорожстали, Карметкомбината, НТМК и Енакиевского завода [3–7, 14,37,38]. Во время проведения двух предпусковых исследований в 1989 году на ДП-9 Криворожстали [39] и в 1986 г. на ДП-5 Северстали [40] были проведены обстоятельные исследования характера формирования потока различных шихтовых материалов и их смесей, в результате которых определялась ширина потока шихты и изменение распределения интенсивности движения материалов по ширине потока, при загрузке смесей материалов с помощью специальных пробоотборников, расположенных на консоли примерно на 1 метр ниже выходного носка лотка, отбирались пробы, в каждой ячейке оценивались их масса, фракционный состав и доля различных материалов. Результаты этих уникальных исследований [39, 40] по указанию МЧМ СССР не публиковались до 2007 года, но широко использовались в исследованиях ИЧМ. Накопленный опыт проведения фундаментальных исследований, освоения и сопровождения доменных печей, оснащенных БЗУ, применение комплексного подхода к решению задач и проблем доменного производства (шихтовые материалы, оборудование систем загрузки, оценка пропускной способности, режимы и программы загрузки, дутьевой шлаковый режим, структура столба шихты, распределение газов и теплопотери), применение оригинальной методики расчета показателей распределения шихтовых материалов, анализ работы печи с использованием всех средств контроля (в том числе и про-

филемера), позволил ИЧМ стать лидером в этой области, успешно выводить доменные печи на проектные показатели и оказывать научно–техническую помощь доменщикам Украины и СНГ. О признании высокого научно–технического уровня свидетельствуют проведение в 2008 г. в ИЧМ представительной научно–технической конференции доменщиков, посвященной 100–летию академика З.И. Некрасова, приглашение ученых ИЧМ для участия в мировых конгрессах в Японии [41], Китае [42] и США [43].

Одним из направлений деятельности ИЧМ является анализ отечественного и мирового развития металлургии. В рамках этого направления сотрудники ИЧМ разрабатывают программы развития металлургии, в том числе и доменного производства, выполняют мониторинг реализации этих программ и разрабатывают предложения по решению конкретных задач повышения эффективности металлургического производства [37–46]. В этих публикациях рассмотрены тенденции и перспективы развития доменного производства в Украине и в мире [41–43], экономические и экологические проблемы [42], особое внимание уделено энергосбережению [44]. Показана важная роль реконструкции доменных печей с увеличением их объема и оснащением бесконусными загрузочными устройствами [45] и применением газоутилизационных турбин, в которых используется давление доменных газов для выработки дешевой электроэнергии [42,44]. Для оценки современного уровня технологии доменного производства выполнена сравнительная оценка проектных показателей эффективности плавки в крупнейшей в 1974 году доменной печи объемом 5000 м<sup>3</sup> и достигнутых на ней в настоящее время показателей производства при существующих шихтовых условиях [46]. Показано, что при несколько худших шихтовых материалах проектные показатели по производству чугуна и расходу кокса практически достигнуты и есть перспективы их улучшения.

### **Заключение**

Являясь головным научно–исследовательским центром СССР и Украины ИЧМ более 50 лет разрабатывал, исследовал и реализовал в производстве новые технологии доменной плавки, которые сегодня получили широкое распространение во всем мире. Методической основой создания новых технологий в ИЧМ является сочетание фундаментальных и прикладных исследований. Глубокие знания технологии, оборудования, систем контроля и управления, анализ опыта работы металлургических агрегатов и всей отрасли, умение продуктивно работать не только в научных лабораториях, но и на доменных печах, позволяет оказывать металлургическим заводам эффективную помощь в освоении новых и реконструированных агрегатов, в повышении эффективности их работы, во внедрении новых технических решений в области технологии, оборудования и систем автоматизированного контроля и управления.

Разработанные в ИЧМ методические основы расчета рациональных программ загрузки, методики расчета траекторий движения шихты в ко-

лошниковом пространстве, оценки пропускной способности систем загрузки, совершенствование методов и средств контроля движения шихты и газового потока, новых методов оценки и прогнозирования шлакового режима, систем контроля, алгоритмов обработки и представления информации о профиле засыпи и скоростях опускания шихты в различных по сечению печи точках, усовершенствованные методические основы расчета теплового баланса по сечению и высоте доменной печи – составляют современную научно–техническую базу для повышения эффективности работы доменных печей и энергосбережения при выплавке чугуна. Эти разработки широко используются на различных доменных печах, они позволяют целенаправленно решать задачи увеличения производства качественного чугуна, уменьшения расхода энергоносителей и вредных выбросов в окружающую среду, задачи продления кампании доменных печей.

1. *Развитие металлургии Украинской ССР.* / Кол. авторов. Отв. редактор акад. З.И.Некрасов. // К.: Наукова думка, 1980. – 960с.
2. *Большаков В.И., Можаренко Н.М.* Творческое наследие академика З.И. Некрасова. // Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова. Дн–ск.: АРТ–ПРЕСС, 2007. – 448с.
3. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. // М.: Металлургия, 1990. – 256 с.
4. *Освоение системы загрузки современной доменной печи.* / В.И.Большаков, А.Ю.Зарембо, Н.Г.Иванча и др. // Обзорн. информ. Ин–т Черметинформ. М., 1988.– 53 с.
5. *Большаков В.И., Покрышкин В.Л.* Освоение доменных печей, оснащенных при реконструкции бесконусными загрузочными устройствами. // Сталь. – 1989. – № 11. – С.8–13.
6. *Освоение оборудования систем загрузки доменных печей с бесконусным загрузочным устройством.* / В.И. Большаков, А.Ю.Зарембо, Н.Г.Иванча и др. // Сталь. – 1994. – № 1. – С. 4–9.
7. *Большаков В.И.* Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. // К.: Наукова думка, 2007. – 412 с.
8. *Большаков В.И., Шутьлев Ф.М., Лебедев В.В.* Инженерная методика расчета показателей распределения шихты для доменных печей, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 76–80.
9. *Большаков В.И.* Особенности управления окружным распределением и газов в доменных печах. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – № 5. – С. 80–84.
10. *Большаков В.И., Шутьлев Ф.М.* Рациональный режим работы вращающегося распределителя шихты бесконусного загрузочного устройства. // Сталь. – 1993. – № 3. – С.17–20.

11. *Большаков В.И., Рослик Н.А.* Исследование неравномерности окружного распределения материалов в доменной печи лотковым распределителем. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1997. – № 1. – С.10–12.
12. *Большаков В.И., Шутылев Ф.М., Мамчиц Е.К.* Технологические требования к точности остановки рабочего органа шихтового затвора. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1991. – № 2. – С.54–56.
13. *Анализ пропускной способности систем загрузки доменных печей / В.И.Большаков, Ф.М.Шутылев, Н.Г.Иванча и др.* // *Металлург.* – 1986– № 5. – С.13–15.
14. *Доменное производство «Криворожстали».* Монография под редакцией чл.–корр. НАН Украины В.И.Большакова. // *Дн–ск. ИЧМ – Криворожсталь, 2004.* – 378 с.
15. *Праздников А.В., Клоцман Е.Я., Головкин В.И.* Системы шихтоподачи в доменном производстве. // *М.: Metallurgia, 1980.* – 290 с.
16. *Распределение шихты и газового потока в доменной печи большого объема / В.И.Большаков, И.Е.Варивода, С.Т.Шулико и др.* // *Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства.* Тр. Международной научно–технической конференции. Череповец, 1998. – С.15–18.
17. *Критерий режима загрузки доменной печи. / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, Ф.М.Шутылев и др.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2001, № 6. – С. 5–8.
18. *Сравнительная оценка проектных и существующих показателей работы доменной печи № 9 объемом 5000 м<sup>3</sup> / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, И.Г.Муравьева и др.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2007. – №5. – С. 10–15.
19. *Научно–технические решения по обеспечению продолжительной безопасной работы доменных печей / В.И.Большаков, Н.Г.Иванча, А.С.Нестеров и др.* // *Сб. тр. ИЭС Проблемы ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин.* К.: ИЭС. – 2006. – С. 440–444.
20. *Эффективность применения газовых утилизационных турбин на доменных печах / В.И.Большаков, Д.В.Сталинский, Г.М.Казенок и др.* // *Бюл. Черная металлургия.* – 2007 – № 10. – С. 18–23.
21. *Большаков В.И., Жучков С.М., Муравьева И.Г.* Итоги деятельности Института черной металлургии НАН Украины в 2006 г. // *В сб. ИЧМ Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии.* – Вып. № 14. – 2007. – С.3–18.
22. *Товаровский И.Г., Большаков В.И., Шутылев Ф.М.* Оценка влияния распределения шихты на тепловые процессы и показатели доменной плавки. Там же. – С.31–29.
23. *Товаровский И.Г., Большаков В.И.* Методика численного анализа процессов доменной плавки в радиальных кольцевых сечениях по высоте печи. // *Черные металлы.* – Март 2006. – С.23–29.
24. *Большаков В.И., Муравьева И.Г.* Средства контроля профиля поверхности засыпи шихты в доменной печи // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2002. – № 2. – С. 91–94.
25. *Технологические требования к установке радиолокационного профиломера на колошнике доменной печи. / И.Г.Муравьева, В.И.Большаков, С.Т.Шулико и др.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2002. – № 4. – С.109–112.

26. *Технологические особенности автоматизированного измерения профиля засыпи шихты в доменной печи, оснащенной БЗУ.* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, С.Т.Шулико и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2003. – № 2. – С. 112–114.
27. *Анализ результатов исследования скоростей опускания шихты в доменных печах* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научн. тр. ИЧМ.* – Вып.№ 12. – 2006. – С.3–18
28. *Оценка положения центра воронки поверхности засыпи шихты относительно оси доменной печи* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов и др.// *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2006. – № 2. – С. 106–111.
29. *Особенности представления информации, полученной радиолокационным профилемером* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов и др. // *Труды ИЧМ. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии.* – Вып.№ 9. – 2004. – С.45–50.
30. *Использование информации профилера для выбора управляющих воздействий на ход доменной плавки.* // В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, С.Т.Шулико и др. // *Бюл. Черная металлургия.* – 2006. – Вып.5. – С.29–34.
31. *Патент на изобретение UA № 82305. Способ прогнозирования содержания кремния в чугуне* / В.И.Большаков, С.Т.Шулико, И.Г.Муравьева и др. // *Опубл. 25.03.08. Бюл. № 6.*
32. *Большаков В.И., Муравьева И.Г. Перспективы управления ходом доменной печи с использованием результатов измерения профиля засыпи.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2004. – № 4.–С.81–84.
33. *Роль отдушин в структуре столба шихты и формировании газовых потоков* / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, Ф.М.Шутылев и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии.* – Вып.№4. – К.: Наукова думка, 2001. – С.71–76.
34. *Роль структуры столба шихты в достижении высокой эффективности доменной плавки.* / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, Ф.М.Шутылев и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии.* – Вып. 5. – К.: Наукова думка, 2002. – С.27–38.
35. *Определение границ пластичной зоны в доменной печи.* / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, И.Г.Муравьева и др. // *Бюл. Черная металлургия.* – 2006. – №12. – С. 29–33.
36. *Исследование газодинамики столба шихты в доменной печи.* // В.И.Большаков, Н.А.Гладков, И.Г.Муравьева и др. // *Изв. Вузов Черная металлургия.* – 2007. – № 7. – С.9–15.
37. *Освоение оборудования систем загрузки доменных печей с бесконусными загрузочными устройствами.* / В.И.Большаков, А.Ю.Зарембо, Н.Г.Иванча и др. // *Сталь.* – 1994. – № 1. – С.4–9.
38. *Реконструкция и освоение систем загрузки доменных печей.* / В.И.Большаков, Н.Г.Иванча, С.Т.Шулико и др. // *Бюл. Черная металлургия. Аглодомное производство.* – 2005. – 56 с.
39. *Большаков В.И., Зарембо А.Ю., Иванча Н.Г. Движение шихты в колошниковом пространстве доменной печи при загрузке лотковым распределителем.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2007. – № 4. – С.75–79.

40. *Исследование* потока смешанных порций шихты при загрузке в доменную печь лотковым распределителем / В.И.Большаков, А.Ю.Зарембо, Н.Г.Иванча и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – № 5. – С.100–105.
41. *Большаков В.И.* Современные тенденции развития доменного производства // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – № 2. – С.6–12.
42. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г.* Экономические и экологические аспекты перспективных металлургических технологий. // *Экология и промышленность*. – 2006. – № 2. – С.7–14.
43. *Большаков В.И.* Перспективы развития доменного производства. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – № 2. – С.5–8.
44. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г.* Перспективы энергосбережения в металлургии Украины. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – №3. – С.1–5.
45. *Большаков В.И., Товаровский И.Г., Шутылев Ф.М.* Особенности применения различных загрузочных устройств на современных доменных печах. // *Бюл. Черная металлургия*. – 2007. – № 9. – С.24–32.
46. *Сравнительная* оценка проектных и существующих показателей работы доменной печи № 9 объемом 5000 м<sup>3</sup> / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, И.Г.Муравьева и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – №5. – С.10–15.

*Статья рекомендована к печати  
докт.техн.наук, профессором И.Г.Товаровским*