

Стратегия развития

УДК 338.28

Какие мини-заводы нужны России

© 2010 г. В.А. Роменец, В.И. Галкин*

В последнее время в научно-технической литературе широко обсуждаются проблемы и перспективы развития мини-заводов черной металлургии в России.

Общеизвестно, что в мировой черной металлургии сектор мини-заводов развивается уже более 40 лет. Первоначально он был ориентирован на удовлетворение региональных потребностей рынка в металлопродукции строительного сортамента, затем проник и на рынок плоского проката, благодаря появлению соответствующих машин непрерывной разливки стали. В настоящее время в мире действуют более 1000 мини-заводов различного профиля. Их доля в общем производстве стали достигла 30 % и по прогнозам будет увеличиваться в дальнейшем.

История развития отечественной мини-металлургии началась в 80-х годах прошлого столетия. Тогда в соответствии со специальной программой Минчермета СССР были построены и введены в эксплуатацию три передельных мини-завода – Белорусский, Молдавский и Амурский. Несмотря на это, дискуссии о целесообразности строительства предприятий подобного типа продолжались. Противником мини-заводов был Гипромез, который в условиях централизованного планирования стремился к экономии удельных капитальных вложений. Поэтому на кафедре Экономики и организации металлургического производства МИСиС было выполнено специальное технико-экономическое исследование по проблеме мини-заводов. Его результаты убедительно доказали экономическую эффективность и целесообразность дальнейшего развития этого сектора черной металлургии еще в условиях бывшего СССР [1]. Однако вплоть до 2002 года на территории России не было построено ни одного мини-завода.

Главными причинами этого во второй половине 1980-х годов были: неповоротливость плановой

экономики, чрезмерная централизация и тотальный дефицит инвестиционных ресурсов. В 1990-е годы о создании новых мощностей не могло быть и речи, в связи с охватившим страну экономическим кризисом. Мощный спад производства во всех отраслях народного хозяйства, высочайшая инфляция, неразвитость кредитно-финансовых институтов, фактическое отсутствие «длинных денег» резко снизили на длительный период инвестиционные возможности всей промышленности, в том числе и отрасли черной металлургии. Среднегодовой объем инвестиций в черную металлургию с 1991 по 1999 годы снизился на 62 %, а остающаяся, крайне малая их часть, направлялась на структурную перестройку действующих предприятий. О каких новых заводах здесь можно было говорить?

Оживление экономики с начала 2000 года изменило ситуацию. Ежегодный рост объемов строительных работ, существенное увеличение внутреннего спроса на стальную арматуру, балки и строительные профили, а также постоянно растущие цены на сталь создали благоприятные условия для развития отечественной мини-металлургии. Компактные, высоко автоматизированные мини-металлургические комплексы, ориентированные на местные рынки сырья и сбыта, оснащенные современным высокопроизводительным оборудованием и передовыми технологиями, имеющие короткие сроки строительства и относительно низкий уровень текущих затрат на производство продукции, как нельзя лучше подходили для быстрого ввода мощностей по производству стали с целью удовлетворения быстрорастущего спроса на металлопродукцию строительного сортамента в различных регионах страны. Поэтому уже в 2002 году вводятся в строй первые два мини-завода по производству литой стальной заготовки – Фроловский электросталеплавильный завод с годовой мощностью 0,24 млн т (Волгоградская обл.) и завод «Новоросметалл», 0,5 млн т (Краснодарский край). Далее последовало множество заявок на проекты. О своих намерениях построить мини-заводы заявили ломозаготовительные, металлургические, трубные компании (Макси-Групп, МАИР, Северсталь, ММК, Эстар, УГМК, ОМК

* В.А. Роменец – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Экономика и менеджмент» МИСиС.

В.И. Галкин – к.э.н., старший научный сотрудник кафедры «Экономика и менеджмент» МИСиС.



Рис. 1. Уровень спроса на металлолом в России, млн. т
(Источник: Металлоинвест)

и др.) а также Правительство Москвы. Число объявленных на сегодняшний день проектов достигло 15-ти. Часть из них уже реализована. В 2005 году запущена первая очередь Нижнесергинского металлургического завода мощностью около 0,8 млн т (Макси-Групп, Свердловская обл.). В 2007 году введены в эксплуатацию Ростовский электрометаллургический завод (Эстар, г. Шахты) мощностью 0,75 млн т и Ярцевский литейно-прокатный завод (Правительство Москвы, Смоленская обл.) на 0,23 млн т. Наконец, в 2008 году пущен литейно-прокатный комплекс ОМК производительностью 1,5 млн т стали в год (г. Выкса, Нижегородская обл.). В отличие от всех вышеперечисленных мини-заводов этот комплекс производит не сорт для строительства, а листовую прокат для нужд трубной промышленности. Из этого следует, что проникновение мини-заводов на рынок плоского проката началось и в России.

Реализация остальных заявленных проектов предполагается в период 2009–2011 годов. Если все эти планы будут выполнены, то к 2012 году объем производства проката на мини-заводах России составит примерно 18 млн т в год, а их доля в общем объеме производства стали достигнет 20–25 %.

Однако необходимо иметь в виду, что объективным препятствием для столь интенсивного развития передельной мини-металлургии уже в недалеком будущем может стать сырьевой фактор.

Как известно, основным сырьем для подобного рода заводов является лом черных металлов. Его ресурсы далеко не безграничны. В 2005 году было собрано около 30 млн т, из них на внутренний рынок было поставлено 14,7 млн т, на экспорт ушло 13,7 млн т. В 2007 году сбор лома составил 31,5 млн т, российские металлурги потребили уже 23,5 млн т, а экспорт сократился до 7,6 млн т. Как видно, рост внутреннего потребления лома в 2005–2007 годах значительно опережал увеличение объемов его

заготовки и достигался в основном за счет снижения экспорта сырья. По мере реализации заявленных проектов мини-заводов эта тенденция вероятнее всего будет нарастать и в конечном счете приведет к дефицитности внутреннего рынка металлолома, даже при условии полного исключения его экспорта. По оценкам «Металлоинвеста», приведенным в статье [3], в связи с ростом объемов электроплавильного производства дефицит металлолома на внутреннем рынке России возникнет уже в 2010 году, а в 2015 году он достигнет порядка 10 млн т (рис. 1). Как справедливо отмечено в работе [4], в долгосрочной перспективе дефицитность этого вида сырья будет нарастать в связи с сокращением металлофонда страны.

Дефицит сырья, как правило, приводит к росту цен на него, соответствующему снижению доходности проектов и рентабельности действующих производств. Последствия такого развития событий известны: в лучшем случае – снижение прибыли и значительное увеличение срока окупаемости вложенных средств, в худшем – полное банкротство предприятия в условиях неблагоприятной конъюнктуры. В истории развития мини-металлургии, например в США, последнее уже случилось в конце 90-х годов прошлого столетия.

Как показывает анализ, решать проблему дефицита сырья для электродуговых печей (ЭДП) можно принятием следующих мер:

- увеличением объемов заготовки и поставки на внутренний рынок металлолома за счет повышения глубины сбора вторичных черных металлов;
- наращиванием мощностей по производству продуктов прямого восстановления железа на ГОКах с последующей поставкой их на внутренний рынок сырья;
- строительством интегрированных мини-заводов, где в качестве головных переделов использовались бы установки бескоксового получения первичного железа.

За счет повышения глубины сбора вторичных черных металлов по самым оптимистичным оценкам можно увеличить объем заготовки металлолома с 30–32 млн т до 40–45 млн т в год. Это несомненно снизит напряженность на внутреннем рынке сырья, однако полностью проблему не решит, особенно в том случае, если развитие сектора мини-заводов не ограничится реализацией заявленных проектов.

Наращивание мощностей по производству продуктов прямого восстановления железа на ГОКах в целом перспективно и соответствует мировым тенденциям развития сырьевого сектора сталеплавильного производства. Такие меры уже принимаются отечественным холдингом

«Металлоинвест». О серьезности намерений холдинга говорит тот факт, что после запуска в 2001 году на Лебединском ГОКе первого модуля по производству горячебрикетированного железа (ГБЖ) мощностью 1 млн т брикетов в год, холдинг там же построил и запустил в 2007 году второй модуль ГБЖ мощностью 1,4 млн т. Уже принято решение о строительстве третьего цеха в составе двух модулей общей мощностью 2,8 млн т. К 2015 году планируется довести объем производства ГБЖ до 8,8 млн т, а при благоприятной конъюнктуре и до 11 млн т в год [5], если не вмешается фактор роста цен на природный газ в стране.

Реализация этих мер вместе с повышением глубины сбора лома черных металлов до 40–45 млн т в год могла бы полностью решить проблему дефицита сырья для ЭДП, если бы цены приобретения ГБЖ на рынке были близки к ценам на металлолом. Последнее маловероятно. Как показывает опыт, рыночная стоимость ГБЖ в силу своей первородности будет всегда выше стоимости качественного металлолома. И это превышение может достигать 50–60 %. Более того, использование ГБЖ в шихте электроплавки из-за присутствия в нем пустой породы будет приводить к ухудшению технико-экономических показателей производства стали – снижению производительности ЭДП, повышению расхода электроэнергии, электродов и себестоимости литой заготовки. Кстати, этот фактор многие «пропагандисты» твердофазного получения железа для использования его вместо металлолома не учитывают.

С учетом отмеченных обстоятельств можно прогнозировать, что замена части лома в шихте электроплавки, приобретаемого на рынке ГБЖ, будет экономически оправдана только при производстве высококачественных марок сталей, а никак не рядовых, на которые ориентировано большинство мини-заводов. Поэтому широкого применения ГБЖ на таких заводах вряд ли можно ожидать.

Менее затратным с позиций себестоимости стали и, следовательно, более привлекательным, на наш взгляд, вариантом производства и использования в ЭДП заменителей лома может стать сооружение установок бескоксowego получения первичного железа в составе предприятия, т.е. проектирование и строительство интегрированных мини-заводов.

В этом случае предприятие становится менее зависимым от рыночных колебаний цен на металлолом и первородное железо, которые могут быть весьма значительными. Стоимость первичного железа для него уменьшается, как минимум, на величину маржи, которую в противном случае получили бы ГОКи, а также на величину затрат на брикетирование, необходимых для безопасной транспортировки продуктов прямого восстановления к потребителю. Появляется также возможность улучшения техни-

ко-экономических показателей производства стали за счет загрузки в ЭДП произведенного железа в горячем состоянии. Все это существенно снижает себестоимость стали, повышает устойчивость функционирования предприятия и конкурентоспособность его продукции на рынке, делает возможным рентабельное производство не только качественных, но и рядовых марок стали.

По пути строительства интегрированных мини-заводов идут в тех регионах мира, где недостаточны ресурсы металлолома, имеются запасы железной руды и дешевого природного газа. В качестве примера создания такого предприятия за рубежом можно привести строительство мини-металлургического комплекса в промышленной зоне Абу-Даби (Объединенные Арабские Эмираты). В составе комплекса будут сооружены: установка прямого восстановления железа мощностью 1,6 млн т, электросталеплавильный цех с отделением непрерывной разливки производительностью 1,4 млн т и два сортопрокатных стана общей производительностью 1,1 млн т в год. Комплекс будет выпускать длинномерный сортовой прокат (круглые арматурные профили и катанку) для нужд строительства, бурно развивающегося в этой стране. Технологией производства стали предусмотрена загрузка в ЭДП части железа прямого восстановления в горячем состоянии [6].

В России по аналогичной технологической схеме еще в прошлом веке построен и успешно функционирует в настоящее время Оскольский электрометаллургический комбинат. Изначально комбинат был ориентирован на производство высококачественных сталей, поэтому его электросталеплавильный цех работает, как правило, с высокой (до 70 %) долей металлизированных окатышей в шихте ЭДП. Основной продукцией комбината является высококачественный сортовой прокат из конструкционных углеродистых и легированных марок стали, предназначенный в основном для машиностроения, производства трубной заготовки для нефтяных и бурильных труб, работающих в сложных условиях.

Сравнительно недавно о намерении построить в течение 5–6 лет в дефицитном по лому регионе Дальнего Востока России интегрированный металлургический завод на базе инновационных технологий прямого восстановления железа, электроплавки и прокатки объявила кампания «Ариком», владеющая железорудными месторождениями в Амурской и Еврейской автономных областях. Предполагается, что завод будет выпускать конкурентоспособную металлургическую продукцию для потребителей Дальневосточного региона страны [7].

В создании интегрированных мини-заводов в первую очередь должны быть заинтересованы те металлургические компании, которые ориенти-

руются на выпуск листового проката. Технология производства последнего, как известно, предъявляет повышенные требования к чистоте выплавляемой стали по вредным примесям тяжелых цветных металлов. Добиться этой чистоты можно разбавлением металлошихты первородным железом, предпочтительнее собственного производства, по отмеченным выше обстоятельствам.

На основании вышеизложенного можно полагать, что в условиях дефицита металлолома более перспективным направлением дальнейшего развития мини-металлургии в России будет строительство не обычных (работающих только на ломе), а интегрированных мини-заводов. Создание последних будет способствовать снижению напряженности на рынке сырья для ЭДП. Одновременно за счет производства первичного железа будет увеличиваться металлофонд страны, а не сокращаться, как при использовании для выплавки стали металлолома.

При проектировании интегрированных заводов исключительно важным является правильный выбор технологии производства первичного железа.

В настоящее время существует два основных класса бескоксовых процессов производства первичного железа – твердофазные и жидкофазные. Продукцией твердофазных процессов является твердое губчатое железо, представленное в большинстве случаев в виде металлизированных окатышей или брикетов (ГБЖ). В качестве топлива-восстановителя в этих процессах может применяться конвертированный природный газ или энергетический уголь. На выходе процессов жидкофазного восстановления получают жидкий чугун. В качестве топлива-восстановителя в них используется энергетический уголь, а также может применяться природный газ.

Среди твердофазных технологий бескоксового производства первичного железа наибольшее распространение получили процессы Мидрекс и Хил-III, использующие природный газ. Доля их в общем объеме производства металлизированного сырья превышает 85 % и изменяется незначительно. Эти процессы с различными модификациями технологии и оборудования уже давно находятся в промышленной эксплуатации. Именно они используются холдингом «Металлоинвест» для производства ГБЖ на Лебединском ГОКе.

Традиционные процессы металлизации железорудного сырья с использованием угля во вращающихся трубчатых и карусельных печах широкого развития не получили. Их доля в общем объеме производства губчатого железа уже длительное время не превышает 10 % и вряд ли будет увеличиваться.

Промышленно освоен и получил некоторое развитие практически твердофазный двухстадий-

ный процесс Корекс (Voest Alpine, Австрия), имеющий стадию довосстановления металлизированных в шахте окатышей в плавильном реакторе-газификаторе, где получают жидкий чугун. В настоящее время работает несколько установок Корекс общей мощностью около 3 млн т в год.

Наиболее применяемыми среди технологий жидкофазного восстановления являются отечественный процесс Ромелт и процесс Хайсмелт (Австралия).

Процесс Хайсмелт был опробован в Австралии на опытно-промышленной установке производительностью 7 т чугуна в час. Сообщено о строительстве промышленной установки мощностью 800 тыс. т чугуна в год. Однако данные о результатах ее эксплуатации отсутствуют.

Процесс Ромелт разработан Московским институтом стали и сплавов.

Технология переработки различных видов железосодержащего сырья, включая отходы металлургического производства, была полностью отработана на установке промышленного (площадь пода печи 20 м²) масштаба на Новолипецком металлургическом комбинате. Произведено более 40 тыс. т чугуна. В настоящее время в Союзе Мьянма сооружается промышленная установка Ромелт для переработки местных железных руд производительностью 240 тыс. т чугуна в год, построен и действует сравнительно небольшой промышленный агрегат в Казахстане.

Выбор технологии для организации производства первичного железа в составе интегрированного мини-завода возможен на основе разработки и сравнительной оценки технико-экономических показателей процессов производства железа и стали по конкурирующим технологическим схемам с применением интегральных экономических критериев.

Далее приводятся результаты такой оценки применительно к условиям Центра Европейской части России. Расчеты выполнены во внутренних ценах России начала 2006 года, так как кризисные условия в них не отражены. Перевод цен в долларовый эквивалент осуществляли по курсу 26 рублей за 1 доллар США. Расходные коэффициенты сырья, топлива и энергоресурсов устанавливали по данным фирм разработчиков процессов, часть из которых носит рекламный характер. Капитальные вложения в сооружение объектов производства первичного железа и стали определяли для условий нового строительства с использованием данных выполненных ранее проектных разработок и индексов изменения цен на строительно-монтажные работы и технологическое оборудование, опубликованных в бюллетене «КО-ИНВЕСТ» (выпуск 58, январь 2007 г.). В качестве критерия сравнительной экономической эффективности использовали

показатель минимальной продажной цены. Под минимальной продажной ценой понимается тот предельный уровень цены реализации продукции, ниже которого инвестиции в объекты строительства будут убыточны, по сравнению с более простой альтернативой их использования, например в банк под процент. Рассчитывается она с применением процедуры приведения к началу строительства денежных потоков за весь срок жизни объектов при заданной норме дисконта, которая в данной работе была принята в размере 10 %. По своей экономической сущности этот показатель является рыночным аналогом использовавшихся ранее приведенных затрат [8].

В табл. 1 представлена сравнительная оценка технико-экономических показателей производства чугуна процессами Корекс, Хайсмелт, Ромелт и губчатого железа процессами Мидрекс и Хил-III. Приведены также показатели одной из лучших доменных печей, работающей с вдуванием пылеугольного топлива.

Видно, что при производстве чугуна по всем экономическим показателям (себестоимости, капиталоемкости, минимальной продажной цене) лучшие результаты имеет процесс Ромелт. Это является следствием более простого конструктивного оформления процесса, использования в процессе неподготовленных и, следовательно, более дешевых сырья и топлива, а также значительным выходом попутной продукции в виде электроэнергии ВЭР, которая вырабатывается в теплоутилизационной электростанции (ТУЭС), входящей в состав комплекса объектов Ромелт.

Из процессов производства губчатого железа лучшие экономические показатели имеет процесс Мидрекс. Лучшими они являются и по сравнению с теми же показателями производства чугуна процессом Ромелт. Минимальная продажная цена металлизированных окатышей Мидрекс на 13,37 долл/т (6,7 %) ниже продажной цены чугуна Ромелт. Объясняется это отсутствием в процессе Мидрекс как текущих, так и капитальных затрат на кислород и ТУЭС, а также меньшим уровнем текущих затрат на топливо, что в свою очередь является следствием все еще низкого (1,25) соотношения цен на взаимозаменяемые виды топлива (природный газ и энергетический уголь) на внутреннем рынке России. По прогнозам Минэкономразвития РФ это соотношение будет постепенно увеличиваться и к 2015 году может достигнуть уровня 1,8–1,9. Тогда полученные в ценах 2006 года экономические преимущества металлизированных окатышей Мидрекс, по сравнению с чугуном Ромелт, сойдут на нет уже на стадии производства первичного железа.

В любом случае, из-за существенного различия в качестве получаемых альтернативными процессами

продуктов окончательные выводы о предпочтительности той или иной технологии для мини-завода необходимо делать по результатам сравнительной экономической оценки показателей получения стали, т.е. на том этапе производства продукции, где проявляется металлургическая ценность сырья.

Влияние качественных характеристик металлизированных окатышей и жидкого чугуна на показатели выплавки стали в ЭДП наиболее детально исследовались фирмой Voest Alpine (Австрия) [9]. Результаты этих исследований представлены в графическом виде на рис. 2. Видно, что увеличение доли металлизированных окатышей в шихте электроплавки сопровождается, как отмечалось ранее, непременным снижением производительности ЭДП, ростом расхода электроэнергии и электродов. Увеличение доли жидкого чугуна в шихте ЭДП до 50 % приводит к диаметрально противоположным и более значимым результатам – существенно растет производительность печи, не менее существенно снижается расход электроэнергии и электродов. Отмеченное влияние металлизированных окатышей и жидкого чугуна на показатели электроплавки подтверждается и опытом отечественных производителей стали.

С использованием данных (рис. 1) были рассчитаны технико-экономические показатели литой стальной заготовки сопоставимого качества. Для более полного представления об экономических возможностях конкурирующих технологий эти показатели рассчитали по четырем технологическим схемам получения стали:

I – плавка на обычном металлоломе с добавкой 45 % лома, чистого по цветным примесям (базовый вариант);

II – плавка с частичной заменой лома жидким чугуном Ромелт (35 % шихты, что обеспечивает эквивалентную чистоту стали);

III – плавка с частичной заменой лома на 35 % холодных металлизированных окатышей Мидрекс собственного производства;

IV – то же, но с использованием горячих окатышей с температурой 600 °С.

В связи с тем, что установки Ромелт и Мидрекс предполагается сооружать в составе предприятия, затраты на получаемое ими сырье учитывали в расчетах по себестоимости и капиталоемкости их производства.

Поэтому объем и структура капитальных и текущих затрат, представленных ниже в удельных величинах, обеспечивают возможность строительства и полностью автономного функционирования интегрированного мини-завода по производству литой заготовки. Металлолом в расчетах учитывали по ценам франко-склад потребителя.

В качестве показателя сравнительной экономической эффективности рассматриваемых тех-

Сравнительная оценка технико-экономических показателей производителей первичного железа по различным технологиям во внутренних ценах России 2006 г., долл/т										Таблица 1
Показатели	Цена	Доменная печь Кол-во/Сумма	Корекс Кол-во/Сумма	Хайсмелт Кол-во/Сумма	Ромелт Кол-во/Сумма	Мидрекс Кол-во/Сумма	Хил III Кол-во/Сумма			
А Мощность установки, тыс. т/год		3500	800	600	500	1000	1000			
Б Себестоимость										
1 Сырье и основные материалы:										
– агломерат*, т	51.20	1.0000/51.20								
– окатыши доменные*, т	58.80	0.6000/35.28	1.4500/85.26							
– окатыши для металлзации*, т	60.00				1.465/76.18	1.4000/84.00	1.4500/87.00			
– концентрат (65% Fe), т	52.00			1.4700/76.44						
Итого сырья:		1.6000/86.48	1.4500/85.26	1.4700/76.44	1.4650/76.18	1.4000/84.00	1.4500/87.00			
2 Флюсы										
– известняк, т	8.40		0.3370/2.83	0.1890/9.45	0.147/7.35					
– известь*, т	50.00									
3 Топливо										
– кокс*, т	138.00	0.3200/44.16								
– пылеуголь*, т	83.00	0.1600/13.28		0.8010/66.48						
– уголь (энергетический, 28% летучих), т	38.50		1.0000/38.50		1.031/39.69					
– природный газ, тыс. м³	48.30	/57.44	/38.50	0.0510/2.46	0.036/1.74	0.3164/15.28	0.3340/16.13			
Итого топлива:		/20.82	/59.19	/67.97	/41.43	/15.28	/16.13			
4 Расходы по переделу					/48.34	/34.31	/40.28			
В том числе:										
– электроэнергия, кВт ч	46.50	0.0231/1.07	0.0800/3.72	0.0600/2.79	0.0750/3.49	0.1100/5.12	0.1000/4.65			
– кислород*, тыс. м³	28.80	0.0300/0.86	0.5270/15.18	0.1634/4.71	0.8390/24.16					
– амортизация		/7.24	/21.44	/22.78	/8.71	/16.08	/20.10			
Расходы по ТУЭС	22.50		1.1250/25.31	0.1580/3.56	1.4100/31.73					
5 Общеаваровские расходы		/2.08	/5.92	/6.80	/4.83	/3.43	/4.03			
Всего затрат:		/166.83	/217.02	/233.16	/209.86	/137.03	/147.44			
6 Попутная продукция (-)										
– тепло ВЭР, ГДж		2.7500/	12.3000/	1.7600/	15.4000/					
– граншлак, т	8.70	0.2650/2.31	0.4400/3.83	0.4200/3.65	0.3900/3.39					
– доменный газ, ГДж	1.30	2.7500/3.58								
– электроэнергия ВЭР, кВт ч	46.50		1.1250/52.31	0.1580/7.35	1.4100/65.57		0.0750/3.49			
Итого попутной продукции:		/5.88	/56.14	/11.00	/68.96		/3.49			
Производственная себестоимость:		/160.95	/160.88	/222.16	/140.90	/137.03	/143.95			
Внепроизводственные расходы:		/4.83	/4.83	/6.66	/4.23	/4.11	/4.32			
Полная себестоимость:		/165.78	/165.70	/228.83	/145.13	/141.14	/148.27			
В Удельные капитальные вложения:										
– собственно цех с ОЗХ		/270.00	/450.00	/486.00	/230.00	/340.00	/425.00			
– агломерат, т	80.00	1.0000/80.00	1.4500/101.50			1.4000/98.00	1.4500/101.50			
– окатыши, т	70.00	0.6000/42.00								
– кокс, т	500.00	0.3200/160.00								
– пылеуголь, т	140.00	0.1600/22.40	0.5270/78.00	0.8010/112.14						
– кислород, тыс. м³	148.00	0.0300/4.44	1.1250/135.00	0.1634/24.19	0.8390/124.17					
– электроэнергия ВЭР, кВт ч	120.00			0.1580/18.96	1.4100/169.20		0.0750/9.00			
– известь, т	76.00			0.1890/14.36	0.1470/11.17					
Г Итого удельные капитальные вложения:		/578.84	/764.50	/655.65	/534.54	/438.00	/535.50			
Д Оборотный капитал		/24.87	/24.86	/34.32	/21.77	/21.17	/22.24			
Е Минимальная продажная цена		/224.58	/242.24	/296.31	/199.26	/185.97	/202.57			
* Учитывается по производственной себестоимости										

* Учитывается по производственной себестоимости

нологических схем использовали, как и в предыдущих расчетах, минимальную продажную цену. Для оценки коммерческой состоятельности возможных (соответствующих вариантам исследования) инвестиционных проектов по каждому варианту рассчитали также показатели чистого дисконтированного дохода (ЧДД, NP) и внутренней нормы доходности (ВНД, RR), определение которых регламентируется официальными Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов. Величины всех трех интегральных показателей определили при следующих условиях осуществления проектов:

- срок строительства мини-завода – 2 года;
- срок службы объектов – 15 лет;
- величина ликвидационной стоимости основных фондов 25 % от первоначальных капитальных вложений, оборотных средств – 100 % ;
- налог на прибыль – 20 %;
- налог на имущество – 2,2 %;
- норма дисконта – 10 %;
- цена реализации литой заготовки – 390 долл/т.

Результаты расчетов приведены в **табл. 2**. Согласно данным таблицы, наименьший уровень расходов по переделу и текущих затрат достигается при производстве литой заготовки по схеме II (Ромелт–ЭДП), наибольший по схеме III (Мидрекс–ЭДП с холодными окатышами). Первое вполне объяснимо высокой производительностью ЭДП и низкими энергетическими затратами, второе – теми же причинами, но с обратным знаком.

Самая низкая капиталоемкость литой заготовки у схемы I (Лом–ЭДП), что связано с отсутствием в ее составе капиталоемких производств первичного железа. Наибольший уровень удельных капитальных затрат имеет схема III. Главной причиной этого является пониженная относительно базы из-за наличия в окатышах пустой породы производительность ЭДП.

По уровню минимальной продажной цены на первое место выходит схема Ромелт–ЭДП. Несмотря на более высокую капиталоемкость стали, анализируемый показатель у этой схемы на 3 % ниже, чем у базовой (Лом–ЭДП). Это значит, что капитальные затраты в производство чугуна Ромелт вполне окупаются достаточно высокой экономией текущих затрат при производстве литой заготовки. В схеме III (Мидрекс–ЭДП) такая экономия отсутствует, поэтому минимальная продажная цена выше базовой на 7 %.

Использование в электроплавке горячих металлизированных окатышей по схеме IV (Мидрекс–ЭДП) существенно улучшает экономические показатели производства литой заготовки относительно схемы III. В результате минимальная продажная цена заготовки, произведенной по этой схеме, становится близкой к цене заготовки базовой схемы, однако ее уровень

остается более высоким, чем у схемы Ромелт–ЭДП. Это превышение составляет 15,2 долл/т или 5 %.

Анализ показателей доходности возможных инвестиционных проектов свидетельствует о том, что при заданном в расчетах уровне цен на сырье, энергоносители и готовую продукцию (литую заготовку) все они имеют право на реализацию. Внутренняя норма доходности по вариантам проектов в 1,7–2,4 раза превышает приемлемую норму прибыли на капитал (10 %). Чистый дисконтированный доход, рассчитанный при указанной норме дисконта, по всем проектам имеет положительную величину и исчисляется сотнями миллионов долларов США. Все это подтверждает выдвинутый ранее тезис о целесообразности строительства и возможности рентабельной эксплуатации не только обычных, но интегрированных мини-заводов.

Наибольший уровень ВНД имеет проект, реализуемый по схеме Лом–ЭДП, что объясняется пониженной капиталоемкостью стали в этом варианте.

Однако по уровню ЧДД на первое место снова выходит вариант проекта с Ромелтом. Его ЧДД в 1,4 раза превышает ЧДД базового варианта, в 1,65 раза – ЧДД проекта с Мидрексом (горячие окатыши), в 2,3 раза – ЧДД проекта с Мидрексом (холодные окатыши).

Столь высокий уровень доходности проекта Ромелт–ЭДП является, в основном, следствием важных преимуществ, которые дает использование в электроплавке жидкого чугуна вместо части твердой шихты (см. **рис. 2**). При этом следует иметь в виду, что особенности чугуна Ромелт, связанные с пониженным содержанием кремния и марганца (не более 0,15 % каждого), обеспечивают более низкий по сравнению с доменным чугуном уровень шлакообразования в ЭДП. Это позволяет безболезненно для ведения плавки увеличивать долю жидкого чугуна в шихте с 35 % до 50–60 %. В таких случаях показатели доходности проекта Ромелт–ЭДП будут только повышаться, а его экономические преимущества относительно других проектов – увеличиваться. По сравнению с проектами Мидрекс–ЭДП эти преимущества в перспективе будут увеличиваться еще и в связи с прогнозируемым Минэкономразвития РФ увеличением соотношения цен на природный газ, используемый в процессе Мидрекс, и энергетический уголь, являющийся основным видом топлива при производстве чугуна Ромелт.

Финансовый кризис, разразившийся во второй половине 2008 года во всем мире, в том числе и в России, несомненно внесет свои коррективы в отмеченные выше планы, прогнозы и оценки. По свидетельствам аналитиков [10] из-за кризиса

Сравнительная оценка технико-экономических показателей производителей стали по различным технологическим схемам во внутренних ценах России 2006 г., долл/т							Таблица 2
Показатели	Цена	Лом-ЭДП		Ромелт-ЭДП		Мидрекс-ЭДП	
		Кол-во	Сумма	Кол-во	Сумма	Кол-во	Сумма
А Производительность сталеплавильного агрегата, тыс. т/год		1000/		1240/		850/	940/
Б Себестоимость стали							
1 Сырье и основные материалы:							
– чугун Ромелт*, т	140.90	/0.00		0.4030/56.78	/0.00		/0.00
– лом качественного, т	166.00	0.5048/83.80		0.7290/110.81	0.7400/112.48		0.7400/112.48
– лом, т	152.00	0.6171/93.80		/0.00	0.4100/56.18		0.4100/56.18
– металлургические окатыши*, т	137.03	/0.00		0.0200/18.98	0.0200/18.98		0.0200/18.98
– ферросплавы	949.00	0.0200/18.98		1.1520/186.57	1.1700/187.64		1.1700/187.64
Итого сырья:		1.1419/196.58		0.0240/0.91	0.0240/0.91		0.0270/1.03
Отходы (-)	38.00	/195.66		/185.66	/186.73		/186.62
Итого за вычетом отходов:							
2 Добавочные материалы							
– известь*, т	50.00	0.0650/3.25		0.0650/3.25	0.0740/3.70		0.0740/3.70
– плакировый шпат, т	200.00	0.0020/0.40		0.0020/0.40	0.0020/0.40		0.0020/0.40
– руда(окатыши), т	58.80	0.0120/0.71		0.0120/0.71	0.0120/0.71		0.0120/0.71
– магниевый порошок, т	169.00	0.0123/2.08		0.0123/2.08	0.0123/2.08		0.0123/2.08
– коксик, т	189.00	0.0130/2.46		0.0110/2.08	0.0120/2.27		0.0120/2.27
– шлакообразующая смесь, т	155.00	0.0010/0.16		0.0010/0.16	0.0010/0.16		0.0010/0.16
Итого добавочных материалов:		/9.05		/8.67	/9.31		/9.31
3 Расходы по переделу		/52.99		/42.13	/61.15		/49.79
В том числе:							
– электроэнергия, кВт ч	46.50	0.4600/21.39		0.3250/15.11	0.5160/23.99		0.4070/18.93
– электроды, кг	4.00	1.40/5.60		1.20/4.80	1.80/7.20		1.50/0.00
– кислород*, тыс. м³	54.20	0.0300/1.63		0.0400/2.17	0.0300/1.63		0.0300/1.63
4 Общезаводские расходы		/5.30		/4.21	/6.12		/4.98
Производственная себестоимость:		/263.00		/240.67	/263.30		/250.69
5 Внепроизводственные расходы:		/7.89		/7.22	/7.90		/7.52
6 Полная себестоимость:		/270.89		/247.89	/271.20		/258.21
В Удельные капложения							
– собственно цех с ОЗХ	534.54	/360.00		/290.00	/424.00		/380.00
– чугун Ромелт, т	438.00	/0.00		0.4030/215.42	/0.00		/0.00
– металлургические окатыши, т	148.00	0.0300/4.44		0.0400/5.92	0.4100/179.58		0.4100/179.58
– кислород, тыс. м³	76.00	0.0650/4.94		0.0650/4.94	0.0300/4.44		0.0300/4.44
– известь, т		/369.38		/516.28	/613.64		/569.64
Итого удельные капложения		/40.63		/37.18	/40.68		/38.73
Г Оборотный капитал		/311.47		/301.87	/334.87		/317.08
Д Минимальная продажная цена		/375.90		/523.40	/224.90		/316.90
Е ЧДД (NPV), млн долл.		/24.30		/22.00	/16.60		/19.20
Ж ВИД (IRR), %				0.4030/	0.4100/		0.4100/
Расходные коэффициенты первичного железа							

*Учитывается по производственной себестоимости

**Используются горячие окатыши

резко упали спрос, объемы производства и цены на все основные виды продукции черной металлургии, снизилась рентабельность предприятий, приостановлен или прекращен ряд инвестиционных программ. Все это негативно скажется на планах и оценках абсолютной эффективности строительства мини-заводов в ближайшее время. Сколько продлится этот кризис прогнозировать сложно. Ясно только одно – рано или поздно кризис закончится, снова начнется рост экономики и тогда проблемы развития мини-заводов и обеспечения сырьем электросталеплавильного производства вновь будут на повестке дня. Думать о путях их решения надо уже сегодня. При этом следует иметь в виду, что кризисным явлениям больше подвержены показатели абсолютной эффективности (рентабельности) металлургического производства. В меньшей степени они скажутся на результатах оценки сравнительной эффективности изучаемых технологических схем производства первичного железа и стали. Это можно видеть из краткого анализа динамики цен на основные виды продукции черной металлургии и топливно-энергетического комплекса. По данным [10] цены на железную руду, кокс, переделный чугун и металлопрокат к февралю 2009 года снизились по сравнению с августом 2008 года соответственно на 42 %, 58 %, 69 % и 40–50 %. Некоторое (до 15 %) снижение цен на коксующиеся и энергетические угли отмечено в угольной промышленности. И только цены на природный газ и тарифы на электроэнергию продолжали расти. В этих условиях экономические преимущества схемы Ромелт–ЭДП по сравнению с любой из схем Мидрекс–ЭДП ни только не утратятся, но будут увеличены.

В завершение статьи необходимо отметить многофункциональный характер отечественной технологии жидкофазного восстановления Ромелт. Она может успешно и эффективно применяться в металлургии, энергетике, цементной промышленности, для переработки твердых бытовых отходов и т.п. Национальный технологический университет МИСиС совместно со Стальпроектом располагает возможностями и опытом разработки жидкофазных технологий, проектирования промышленных агрегатов, комплектованием необходимым оборудованием заводов «под ключ» и предлагает применение процесса жидкофазного восстановления в следующих направлениях:

1. Производство переделного чугуна из железных руд для использования при выплавке стали в электропечах на обычных и интегрированных мини-заводах.
2. Переработка в чугун железосодержащих отходов и шлаков, сотни миллионов тонн которых накоплено в черной и цветной металлургии. Эти отходы загрязняют окружающую среду, а содержащееся в них

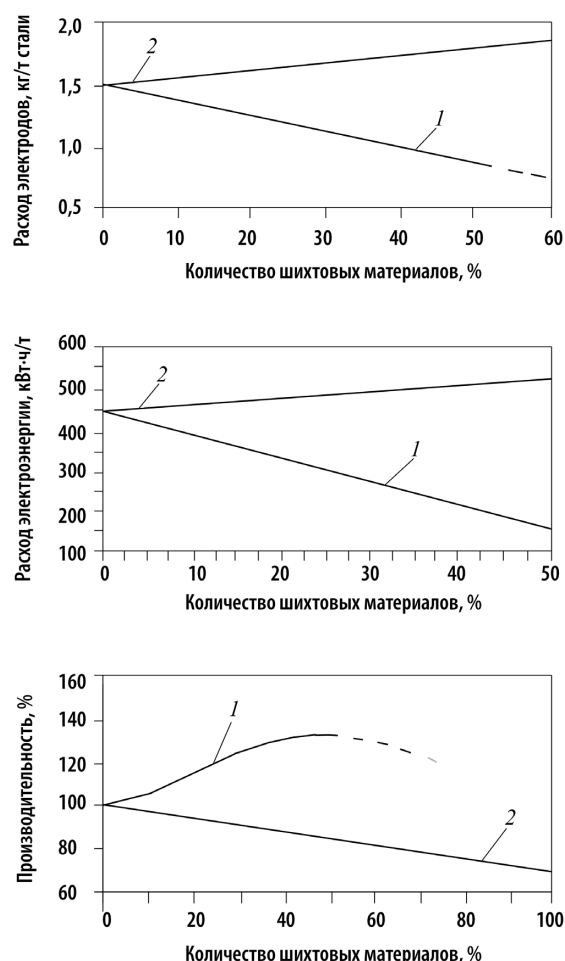


Рис. 2. Влияние использования жидкого чугуна (1) и металлизированного сырья (2) на показатели работы ЭДП

железо пока безвозвратно теряется. Технология переработки таких отходов отработана в ходе опытно-промышленных испытаний процесса Ромелт.

3. Безопасная переработка твердых бытовых отходов в больших городах. Эта проблема до сих пор не решена. Закупаемые за рубежом заводы связаны с образованием диоксинов, фуранов и токсичной золы. Технологию переработки таких отходов МИСиС и Стальпроект успешно опробовали на опытной установке, построенной в Южной Корее по заказу фирмы Samsung Heavy Industries. Стальпроект имеет готовые проекты по переработке мусора на основе жидкофазного процесса.

4. Газификация угля в шлаковом расплаве. Технология разработана и опробована на опытно-промышленной установке. РАО ЕС утвердило проект опытной ТЭЦ с газификацией угля в шлаковом расплаве. Реализация проекта пока приостановлена из-за отсутствия инвесторов. Внедрение этой техноло-

гии позволит решить ряд проблем при переводе ТЭЦ с природного газа на уголь. Экологическая нагрузка на окружающую среду будет сравнима с таковой от газовых электростанций, не понадобятся инвестиции на усреднение углей, исключается золоудаление с захоронением токсичных отходов.

5. Производство различных, в том числе высокомарочных сортов цемента, вне зависимости от качества сырья. Могут быть обеспечены любые составы цементного клинкера при переработке нетрадиционного и рядового сырья. Среди них отходы углеобогащения, золошлаковые отходы угольных ТЭЦ, шлаки металлургического производства. Вовлечение в передел всех этих видов отходов будет способствовать улучшению экологической обстановки. Широкомасштабное получение в жидкой шлаковой ванне цементного клинкера различного состава применимо для изготовления быстротвердеющих цементов, идущих на сборные железобетонные изделия и конструкции, а также цементов, идущих на массивные бетонные гидротехнические сооружения с медленным затвердеванием.

Важно отметить, что все предлагаемые технологии не имеют аналогов за рубежом.

Заключение

Начиная с 2002 года, в России стала бурно развиваться отечественная передельная мини-металлургия. При реализации всех только заявленных проектов на внутреннем рынке страны по оценкам экспертов возникнет уже в недалекой перспективе острый дефицит металлолома. Его покрытие предполагается осуществлять за счет повышения глубины сбора вторичных черных металлов и увеличения производства губчатого железа на ГОКах.

Менее затратным с позиций себестоимости производства электростали на мини-заводе и, следовательно, более перспективным вариантом применения заменителей металлолома в ЭДП следует считать сооружение установок бескоксового получения первичного железа в составе предприятия. Это предполагает проектирование и строительство в дальнейшем интегрированных мини-заводов.

Наиболее вероятными конкурентами при выборе бескоксовой технологии производства первичного железа в составе мини-завода на территории России являются процесс твердофазного восстановления железа конвертированным природным газом Мидрекс и процесс жидкофазного восстановления энергетическим углем Ромелт.

Приведенный в статье предварительный экономический анализ возможных инвестиционных проектов мини-заводов по производству литой стальной заготовки с использованием технологий Мидрекс и Ромелт показал, следующее:

- по уровню показателей доходности проектов (ЧДД и ВНД), рассчитанных в ценах 2006 года, любой из проектов имеет право на реализацию, что подтверждает перспективность создания интегрированных мини-заводов;

- лучшим по всем экономическим показателям является проект строительства интегрированного мини-завода с использованием технологии Ромелт;

- в условиях повышающегося соотношения цен на взаимозаменяемые виды топлива (природный газ и энергетический уголь) сравнительные экономические преимущества интегрированных мини-заводов, использующих технологию Ромелт, будут только увеличиваться.

Библиографический список

1. *Мирской Н.И.* Экономическая эффективность мини-заводов в черной металлургии: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – М., 1988. – 206 с.
2. *Седых А.М., Юзов О.В., Афонин С.З.* Черная металлургия России на фоне мирового рынка. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2003. – 256 с.
3. *Коршикова О.* Металлургия в СНГ 2008. Итоги ежегодного саммита // Национальная металлургия, март–апрель 2008.
4. *Роговая В.* Mini-mills по-русски // Металло-снабжение и сбыт, июль–август 2008.
5. *Яковчик А.* История в брикетах // Металло-снабжение и сбыт, июль–август 2008.
6. *Рушио Э., Мартинис А., Горза М.* Новый металлургический комплекс в Абу-Даби, включающий мини-цехи и установку прямого восстановления железа // Металлургическое производство и технология, № 2, 2007.
7. *Макаров Ю.* «Самородок» передовых технологий // Металлы Евразии, № 5, 2008.
8. Процесс Corex для производства высококачественных сталей на мини-заводах/ Под ред. *А.Г. Шалимова* // Металлург, № 1, 2000.
9. *Галкин В.И., Сакир Н.Ф., Петрова В.В., Роменец В.А.* К вопросу о методах оценки эффективности капитальных вложений в условиях развития рыночных отношений // Изв. Вузов. Черная металлургия. № 5, 1999.
10. *Антипина В.Г., Зиновьева Н.Г.* Черная металлургия России в условиях кризиса экономики // Черная металлургия: Бюл. «Черметинформация», вып. 5, 2009.