

УДК 658.26:669.1

**С.Г. ГРИЩЕНКО**, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор,  
**В.К. ГРАНОВСКИЙ**, канд. техн. наук, с.н.с., директор по металлургии

Центр управления проектами в области геологической разведки, добычи и переработки металлургического сырья «ЦУП «Трансгеорудмет», г. Киев

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК ДОМИНАНТА РАЗВИТИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ

Рассмотрены основные показатели развития горно-металлургического комплекса Украины за последние годы. Показано, что металлургия, невзирая на кризис, по-прежнему остается ведущей отраслью отечественной экономики. Приведены мероприятия, позволяющие обеспечить выпуск качественной, конкурентоспособной продукции с использованием энергосберегающих и экологически безопасных технологий.

**Ключевые слова:** горно-металлургический комплекс, энергоемкость продукции, альтернативные виды энергии, экологическая безопасность, мини-заводы, непрерывные технологические процессы, вторичные энергоресурсы.

Человечеству потребовалось не одно столетие, чтобы к 2000 г. выйти на значимую величину производства стали – 1 млрд т в год. И только 10 лет понадобилось для того, чтобы, несмотря на кризис, пришедший на конец десятилетия, в 2010 г. увеличить этот показатель почти в полтора раза – до 1,413 млрд т. Безусловно, доминантой в этом процессе является китайский фактор: стартовав со 100 млн т стали в 1991 г., китайские металлурги в 2010 г. выплавляли 627 млн т – 42 % мирового производства [1].

Рассмотрим на этом фоне состояние в минувшем десятилетии горно-металлургического комплекса (ГМК) Украины – базовой отрасли отечественной промышленности. Нет необходимости доказывать многократно подтвержденный тезис – от того, как работает сегодня и будет развиваться в дальнейшем отечественный ГМК, зависит состояние экономики Украины в целом. Доля ГМК в ВВП страны, несмотря на имевшее место падение производства, составляет 25–30 %. Пока другие отрасли пробуксовывают, металлургия остается тем «локомотивом», который уже много лет продолжает двигать отечественную экономику, вопреки чередующимся мировым кризисам и внутренним катаклизмам. Вместе с тем проблемы в отечественной металлургии за последние 20 лет если и не увеличились, то значительно усложнились.

Имея производственные мощности на уровне 45–50 млн т стали в год, развитую сырьевую и энергетическую базы, Украина в 2010 г. произвела 32,7 млн т стали (загруженность мощностей составила около 70 %). Следует отметить, что в последнее время рейтинг

Украины среди мировых производителей стали медленно, но неуклонно снижается. По итогам 2010 г. Украина заняла 9-е место среди мировых производителей стали, а совсем недавно уверенно занимала седьмую позицию. Тем не менее, есть все предпосылки к тому, что еще долгие годы место в десятке мировых производителей стали останется за нами. Вопрос заключается только в том, какая это будет металлургия – современная, конкурентоспособная, отвечающая требованиям по энергосбережению и экологической безопасности, или безнадежно отсталая в техническом смысле и не имеющая перспективы. Необходимо определить, на какие оптимальные объемы производства должна выйти отечественная металлургия в ближайшие годы, исходя из состояния сырьевой, энергетической базы, перспектив развития внутреннего и внешнего рынков.

За последние годы объемы производства стали в Украине колебались от 52 млн т (1988 г.) до 22 млн т (1995 г.) – пик падения. За счет поддержки со стороны государства (в 1999 г. принят Закон Украины «Об экономическом эксперименте на предприятиях ГМК») ситуация в отрасли начала улучшаться – с начала 2000-х отрасль из года в год наращивала объемы производства. Способствовало этому некоторое улучшение конъюнктуры внутреннего рынка и, главным образом, развитие внешнего рынка металлопродукции, к которому отечественный ГМК тесно привязан. Так, доля экспорта в общем объеме произведенной металлопродукции ежегодно занимает в среднем 75–85 %, доля полуфабрикатов в объеме экспорта продукции достигает 45 %, что делает



наш ГМК весьма зависимым от конъюнктуры мирового рынка стали и, естественно, от кризисных явлений в мировой экономике.

Кризис 2008–2009 г. подтверждает этот факт. Следует отметить, что даже первая половина 2008 г. для украинской и мировой металлургии была безоблачной и, казалось бы, ничто не предвещало кризиса, поскольку внутренних условий для него не было – это был кризис не металлургии, а металлопотребляющих отраслей, следствие общеэкономического мирового кризиса. Чтобы удержать на рельсах и спасти свой надежный «локомотив», правительство Украины с осени 2008 г. в интересах металлургов предприняло беспрецедентные меры, «заморозив» на докризисном уровне цены и тарифы на продукцию и услуги угольщиков, энергетиков, транспортников и др. [2].

Стрелка конъюнктуры в 2010 г. качнулась вверх, и вновь стал ощущаться подъем производства в отечественном ГМК. Востребованность украинского металла способствовала тому, что использование производственных мощностей в ГМК Украины также стало расти, достигнув показателя 70–80 %, что соответствует уровню развитых стран. Эта тенденция сохраняется и в текущем году. Отрасль продолжает наращивать объемы производства, о чем свидетельствуют результаты работы ГМК за 5 месяцев 2011 г.

Вместе с тем, отмечая определенный положительный сдвиг в работе комплекса, связанный главным образом с наращиванием объемов производства (за счет роста спроса на отечественную металлопродукцию за рубежом), нельзя не отметить серьезные проблемы, требующие своего решения на пути развития ГМК.

Эти проблемы обусловлены, в первую очередь, структурным несовершенством и технологическим отставанием отрасли, неудовлетворительным техническим состоянием большинства основных производственных фондов, высокой удельной энергозатратностью производства. Проблемы технического характера имеют относительно простое решение, а проблемы, связанные с неразвитостью внутреннего рынка металлопродукции и зависимостью от конъюнктуры мирового рынка, обусловлены макроэкономическими процессами, не зависят от металлургов и требуют решения на государственном уровне [1].

Тема участия ГМК Украины в глобальных процессах также заслуживает отдельного рассмотрения, выходящего за рамки данной статьи. Здесь все же нельзя не отметить негативного влияния на развитие отечественного ГМК процессов глобализации мировой экономики. В связи с этим возникает необходимость принятия неотложных мер, направленных на выработку основных

направлений развития отрасли и решение проблем управления и координации деятельности предприятий, внесения изменений и корректив в отраслевую инновационную, инвестиционную и амортизационную политику.

Главной проблемой, имеющей системное значение для развития ГМК, является высокая степень износа основных фондов и отставание технического уровня металлургического производства от лучших мировых достижений. Большинство металлургических предприятий длительные годы работало без проведения коренной реконструкции основного производства, внедрения современных энергосберегающих, экологически безопасных технологий. Это привело к сверхнормативному износу (более 60 %) основных фондов, низким качественным показателям и высокой энергоемкости продукции (рис. 1).

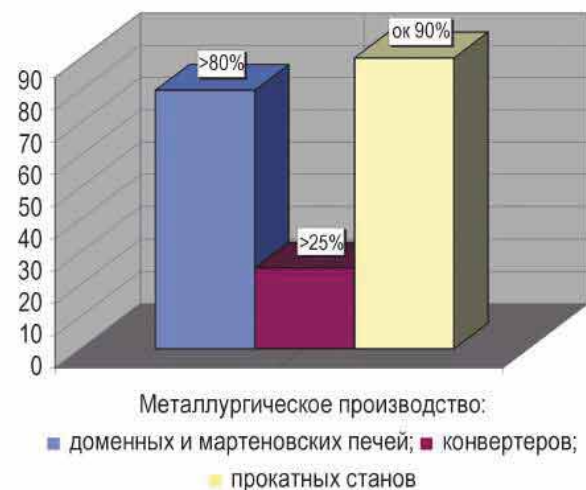


Рисунок 1 – Сверхнормативный срок эксплуатации основного оборудования металлургических предприятий

Уровень потребления сырьевых и топливно-энергетических ресурсов является индикатором состояния оборудования и уровня технологических процессов, которые напрямую связаны с количеством вредных выбросов в окружающую среду. Сегодня энергоемкость продукции металлургических предприятий Украины значительно выше энергоемкости металлургической продукции большинства ведущих зарубежных стран.

По металлургическим переделам использование энергоресурсов неравномерное. Наибольшее их количество используется в доменном производстве – до 40–60 % всего энергопотребления отрасли (рис. 2), поэтому именно этот энергоемкий передел наиболее перспективен для уменьшения общеотраслевых затрат. Энергоемкость производства чугуна в Украине на ~25–30 % больше, чем в странах ЕС и Китае.



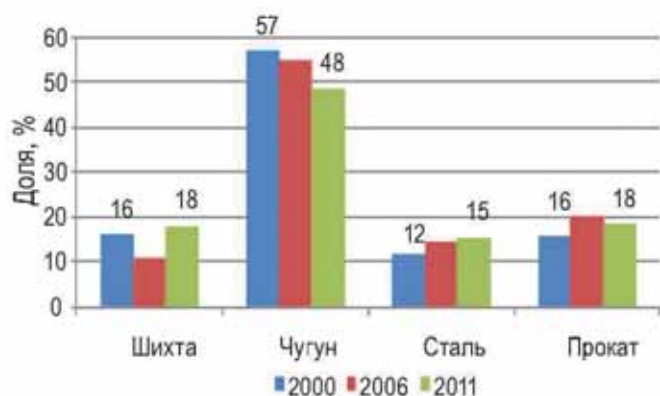


Рисунок 2 – Доля энергозатрат по видам металлургического производства

Значительны также энергозатраты на стадиях производства стали и проката, что вызвано, прежде всего, большой долей производства стали мартеновским способом и низким процентом использования машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Однако следует отметить, что за последние годы металлургия Украины добились в этой области определенных успехов, пусть и более скромных, чем наши российские коллеги. Структура производства стали в Украине в 2010 г. такова: конвертерная – 67,1 %, мартеновская – 27,6 %, электросталь – 5,3 % (в 1991 г. доля мартеновской стали составляла 55 %, в 2005 г. – 45 %). Доля стали, разлитой на МНЛЗ, – 49 %, тогда как в 1991 г. она составляла 8 %, а в 2005 г. – 30 %.

Необходимо отметить, что на передовых металлургических предприятиях Украины потребление природного газа при производстве конвертерной стали находится на таком же уровне, что и в странах ЕС, а электроэнергии они потребляют на 20 % больше. При производстве стали в электропечах потребление электроэнергии на Донецком электрометаллургическом заводе составляет менее 500 кВт·час/т стали, что на 14 % меньше, чем в среднем по металлургическим предприятиям России, и всего на 8 % больше, чем в странах ЕС и Японии.

В металлургической отрасли основное потребление природного газа приходится на доменное производство – 40,1 %; на сталеплавильное – 17,3 % (в основном из-за использования мартеновского способа производства стали – 16 %) и прокатное – 16,1 %. Доля природного газа в общих затратах энергоресурсов составляет, %: в доменном производстве – 18, в мартеновском – 78, в прокатном – 45.

Резкое увеличение стоимости природного газа и продолжающийся рост цен в настоящее время показали, что для перспективного производства использование больших объемов природного газа является проблематичным. Необходим поиск альтернативных технологий

и видов энергии с одновременным снижением объемов выбросов углекислого газа в атмосферу.

Из анализа ситуации с энергоносителями в мире на ближайшие 50 лет (рис. 3) следует, что использование каменного и бурого углей, пылеугольного топлива, продуктов газификации углей является перспективным для черной металлургии.

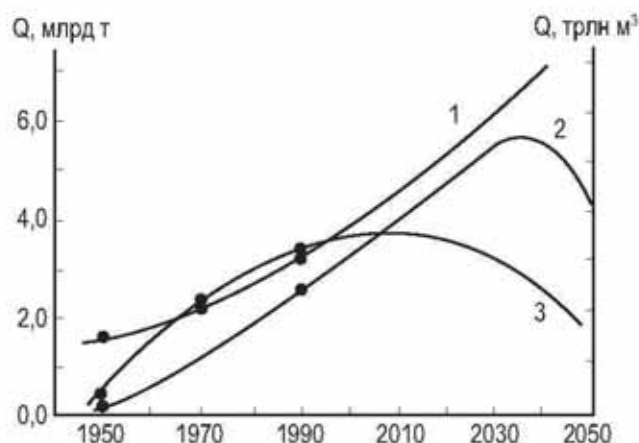


Рисунок 3 – Динамика и перспективы мировой добычи энергетических ресурсов:

1 – каменный уголь; 2 – нефть; 3 – природный газ

Использование энергоносителей в металлургии достаточно консервативно, однако технологии не стоят на месте. Сегодня имеются разработки, которые позволяют существенно уменьшить расход энергоресурсов на металлургических предприятиях Украины и довести его до уровня лучших мировых достижений. Использование таких разработок возможно при условии реализации стратегии комплексного решения проблем энергосбережения и экологии, что при недостатке инвестиционных средств является сложной задачей [3].

Обязательным требованием к перспективному металлургическому заводу является решение экологических проблем, в т.ч. полная утилизация отходов. За рубежом имеются примеры полностью экологически безопасных металлургических предприятий. В Украине предприятия не спешат вкладывать средства в решение проблем охраны окружающей природной среды. Так, в горно-металлургическом производстве используется в качестве техногенного сырья чуть больше половины образующихся отходов, в т.ч., %: доменных шлаков – 44, шлаков сталеплавильного производства – 50, золы и шлаков ТЭЦ – 15, отходов углеобогащения – 6,5.

Отказ от использования природного газа влечет за собой необходимость перехода на альтернативное топливо, которое позволит сохранить достигнутую интенсивность доменной плавки, и такие разработки в Украине имеются.



Один из вариантов – отказ от природного газа за счет увеличения расхода кокса. Коэффициент замены природного газа коксом составляет 0,6–0,7 кг/м<sup>3</sup>. Кокс и природный газ по мировым ценам практически равнозначны, однако отказ от использования природного газа приведет к снижению концентрации кислорода в дутье, интенсивности плавки, производительности доменных печей, в результате чего себестоимость чугуна увеличится. В условиях роста цен на кокс вариант замены природного газа коксом экономически не совсем привлекателен. В случае необходимости дополнительная потребность в коксе частично может быть компенсирована загрузкой в доменную печь антрацита (50–60 кг/т), технология использования которого освоена в доменном производстве украинских заводов. Однако проблема дефицитности угольной шихты для коксования при этом еще более обостряется.

Эффективным вариантом решения проблемы является частичная замена кокса и природного газа пылеугольным топливом (ПУТ) – рис. 4.

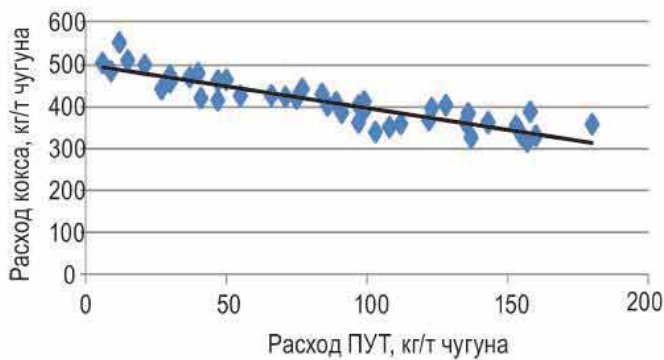


Рисунок 4 – Зависимость расхода кокса от количества используемого ПУТ

Потребление ПУТ в мировой металлургии постоянно увеличивается, и эта тенденция является доминирующей во всех регионах мира (рис. 5).



Рисунок 5 – Текущее и перспективное потребление ПУТ по регионам мира (экспертная оценка)

На металлургических предприятиях Украины в среднем расход кокса на выплавку чугуна на ~200 кг/т

(в 1,7 раза) больше, чем у европейских производителей, расход угля составляет всего ~16 кг/т против 180 кг/т в Европе; кроме того, используется природный газ (≈ 84 м<sup>3</sup>/т чугуна), который на доменных печах стран ЕС не применяется.

Потребление ПУТ на металлургических предприятиях Украины за последние 20 лет практически не изменилось – осталось на уровне ~16 кг/т чугуна. Большинство украинских производителей чугуна, планировавших внедрить технологию ПУТ, как это намечено в «Галузевій програмі енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 р.», в условиях кризиса несколько замедлили темпы реализации этого мероприятия.

В Украине технология использования ПУТ впервые внедрена на Донецком металлургическом заводе, а также на ряде других предприятий, где уже построены или строятся соответствующие установки. Благодаря применению этой технологии расход кокса сокращен с 550 кг до 470 кг и 100 кг ПУТ (1 кг ПУТ заменяет 0,8 кг кокса), расход природного газа уменьшен приблизительно в 10 раз.

Снижение энергопотребления при производстве чугуна с применением ПУТ на украинских предприятиях в значительной мере будет зависеть от содержания железа в шихте и температуры дутья (по этим показателям отечественные предприятия существенно отстают от европейских производителей).

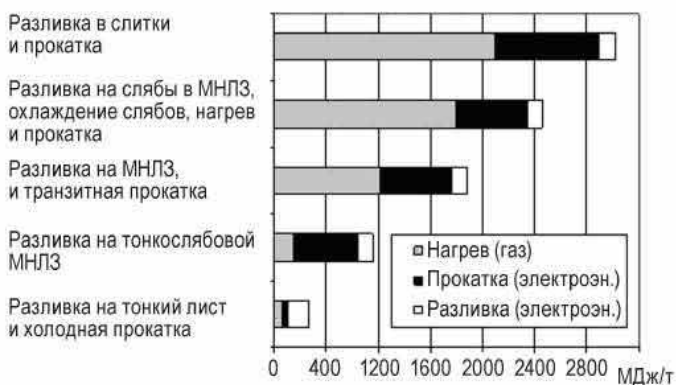
Следует отметить, что при расчете эффективности реализации энергосберегающих мероприятий необходимо учитывать не только расход котельно-печного топлива и электроэнергии, которые потребляются непосредственно при производстве продукции, но и затраты на производство полуфабрикатов (агломерата, окатышей, извести) и производных энергоносителей (дутья, кислорода и т.д.).

Мировой тенденцией снижения энергозатратности и повышения конкурентоспособности сталеплавильного производства является переход на кислородно-конвертерные и электрометаллургические технологии при полном отказе от устаревшего мартеновского процесса, а также использование внепечных способов обработки расплава. Это приводит к снижению удельных расходов энергии, оптимизации структуры расходов по видам энергоносителей и повышению качества металлопродукции. При мартеновском способе производства стали в качестве энергоносителя используется порядка 100 м<sup>3</sup> природного газа на 1 т стали. Технологии конвертерного и электрометаллургического производства базируются, прежде всего, на потреблении электроэнергии (в т.ч. при производстве кислорода). При этих технологиях потребление природного газа составляет 3–20 м<sup>3</sup>/т стали.

Наиболее рациональные технологические схемы в металлургии основаны на использовании непрерыв-



ных процессов. Сегодня технологические циклы производства чугуна, стали и проката разорваны между собой, что не позволяет создать единый технологический процесс. Фрагменты такого непрерывного процесса, объединяющего сталеплавильное и прокатное производства, уже успешно работают в мировой практике. Эту схему используют на мини-заводах, производящих готовую продукцию из металлолома. Технологическая цепочка таких заводов состоит из электропечи и находящихся в одной линии установок непрерывной разливки стали и прокатного стана. Такая схема позволяет напрямую соединить прокатный стан с машиной непрерывной разливки стали (МНРС) и использовать перспективный непрерывный способ производства металлопродукции [4]. Внедрение передовых технологий с использованием современных технологических комплексов, которые объединяют МНРС с новым прокатным оборудованием, позволяет увеличить выход годного проката на 8–15 % и сократить расход природного газа на 30–50 м<sup>3</sup>/т, снизить энергетические затраты и себестоимость по сравнению с традиционной прокаткой слитков (рис. 6).



**Рисунок 6 – Потребление энергии при производстве листа по разным технологиям**

Эффективность непрерывной разливки стали доказана мировой практикой черной металлургии, уже давно работающей по этой технологии. В современных условиях, когда усиливается конкуренция на мировых рынках со стороны стран Юго-Восточной Азии, Китая, Кореи, Латинской Америки, переход на непрерывную разливку – одно из важнейших условий сохранения позиций Украины на мировом рынке, что подтверждает положительный опыт эксплуатации действующих в Украине МНЛЗ.

Внедрение новых технологий прокатки (тонкослябовой или двухвалковой МНЛЗ) снижает расход природного газа в 10–25 раз. Усовершенствование металлургических технологий позволит сэкономить почти 60 % природного газа.

Следует отметить необходимость кардинального изменения всей системы энергосбережения в металлургической отрасли. Отдельные шаги в этом направлении уже сделаны, но этого явно недостаточно, особенно в условиях прогнозируемого постоянного повышения цен на природный газ.

Успехи использования научных разработок в металлургии очевидны. Поиск путей решения проблемы энергосбережения в мировой практике привел к разработке более экономичных способов производства металлопродукции на всех переделах, в немалой степени – с использованием разработок украинских ученых.

В мире за последние 20 лет расход энергии на выработку 1 т готовой промышленной продукции уменьшился на 17 %, при этом значительные резервы заключаются в использовании вторичных энергоресурсов. Изначально при строительстве металлургических предприятий ставилась задача их обеспечения собственной электрической и тепловой энергией, т.е., по сути, создания прообраза энергометаллургического комплекса будущего.

В дальнейшем металлургические предприятия все в меньшей степени стали использовать образующиеся вторичные энергоресурсы. В настоящее время увеличение стоимости внешних энергетических ресурсов потребовало анализа возможности использования вторичных энергетических ресурсов в общем балансе энергопотребления металлургического предприятия. Экономически целесообразно использование отходящих газов сталеплавильных агрегатов для нагрева потребляемой шихты и производства других видов энергии. Так, внедрение схемы отвода конвертерных газов «без дожигания» с их сухой очисткой и использованием физического тепла для выработки пара и химического тепла в качестве топлива обеспечит экономию почти 200 тыс. т у.т./год при выплавке 1 млн т стали. Использование таких схем позволит снизить энергоемкость выплавляемой стали на 3–5 %.

Перспективный металлургический завод, по современным представлениям, может производить до 90 % электроэнергии для собственных нужд, что позволит снизить закупки дополнительных энергоносителей, а также в 2 раза уменьшить энергоемкость продукции и в 3 раза – экологическое воздействие предприятия на окружающую природную среду.

Реализация мероприятий, представленных выше, направлена на техническое перевооружение отрасли с целью возрождения украинской металлургии на современном уровне, обеспечения выпуска качественной, конкурентоспособной продукции с использованием энергосберегающих и экологически безопасных технологий и оборудования. Мировой опыт реализации программ обновления основных технологических процессов

и оборудования в металлургическом комплексе свидетельствует о необходимости привлечения значительных финансовых средств (до 100 долл. США на 1 т стали). Украине, к сожалению, пока нечем похвастаться в привлечении инвестиционных средств для реализации программы реформирования отечественного ГМК. При износе основных производственных фондов на уровне 60–70 % в 2010 г. на их обновление было инвестировано всего 4,4667 млрд грн, или около 20 долл. США на 1 т выплавленной стали. До кризиса (2006–2007 гг.) этот показатель был более 50 долл. США, т.е. произошел откат назад – примерно на уровень 2002–2003 гг. С нынешними темпами финансирования модернизации украинская металлургия заведомо обречена на отставание.

Решение этой проблемы, как и проблемы перевооружения всей отечественной промышленности в целом, лежит в плоскости улучшения инвестиционного климата в стране, привлечения заемных средств как отечественных, так и иностранных банков. Но уже сегодня в рамках основных положений законодательства об энергоэффективности можно создать условия, способствующие значительному обновлению основных производственных фондов в металлургии с использованием энергосберегающего оборудования и технологий за счет собственных средств. При этом необходимы определенные преференции отечественным разработкам в этом направлении и отечественным производителям оборудования. Металлургия, как «локомотив», сможет вытянуть и себя, и отечественное машиностроение, поставляющее оборудование металлургам.

Положительному изменению ситуации в отрасли будет способствовать и развитие программы строительства металлургических мини-заводов [5]. По нашим оценкам, существует дефицит проката строительного назначения в объеме до 3 млн т в год из-за экспортной направленности отечественных предприятий, выпускающих данную продукцию, и преобладания в структуре производства полуфабрикатов в угоду экспорту. Запасы лома-сырья мини-заводов в стране есть – необходимо создать условия для его заготовки. Очевидно, следует одновременно развивать новые процессы прямого восстановления железа (Itmk3, HYLIII, ENERGIRON и др.), которое станет сырьем для этих заводов. Необходимо построить три (как минимум) таких сортопрокатных металлургических мини- и микрозавода и расположить их в районах непосредственного потребления металлопродукции (Киевская область и Киев, где наиболее интенсивно развивается строительный бизнес, Одесса и Западный регион). Необходим также один мини-завод по производству современной листовой продукции в объеме до 1 млн т/год.

При этом, безусловно, нужно будет выводить из эксплуатации нерентабельные, неэффективные, энергозатратные производства. Объемы производства металлургической продукции в стране необходимо увязывать, исходя из мировой практики, в основном с внутренним потреблением, а это до 500 кг на душу населения (в условиях Украины – до 25 млн т проката), а также балансом производства и потребления отечественных энергетических и сырьевых ресурсов. Для этого необходима государственная поддержка, выраженная в предоставлении некоторых преференций в тарифной политике. Все, что производится свыше предполагаемых объемов внутреннего потребления и идет на экспорт, должно облагаться таможенными пошлинами в случае, когда выпуск экспортируемой продукции сопряжен с перерасходом энергоресурсов или создает экологические проблемы, не укладываясь в обоснованные технические нормативы. Таким образом мы сохраним для потомков свои энергетические и сырьевые ресурсы и создадим финансовый фонд, идущий на реформирование отрасли и решение экологических задач.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грищенко, С.Г. Состояние мировой металлургии в новых реалиях экономического кризиса (по материалам 67 сессии Комитета по стали ОЭСР, Париж, 10–11 декабря 2009 г.) / С.Г. Грищенко, В.С. Власюк // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – № 1. – С. 4–5.
2. Грищенко, С.Г. Мировой финансово-экономический кризис и металлургия / С.Г. Грищенко, В.С. Власюк // Сталь. – 2009. – № 2. – С. 68–71.
3. Грищенко, С.Г. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов в горно-металлургическом комплексе Украины / С.Г. Грищенко, Д.В. Сталинский, А.Л. Каневский, В.А. Ботштейн, Л.И. Хребтова // Экология и промышленность. – 2009. – № 1. – С. 4–8.
4. Грищенко, С.Г. Металлургические микрозаводы – решение проблемы производства фасонного проката малотоннажными партиями / С.Г. Грищенко, Д.В. Сталинский, А.С. Рудюк, В.С. Медведев // Сталь. – 2008. – № 9. – С. 53–56.
5. Али, М.Х. Омран. Строительство современных металлургических мини-заводов в Украине – путь к экологизации металлургического производства / Али М.Х. Омран, В.И. Макаренко, С.Г. Грищенко, В.К. Грановский // Экология и промышленность. – 2009. – № 4. – С. 20–26.

Поступила в редакцию 25.07.2011



Розглянуто основні показники розвитку гірничо-металургійного комплексу України за останні роки. Показано, що металургія, незважаючи на кризу, залишається провідною галуззю вітчизняної економіки. Наведено заходи, що дозволяють забезпечити випуск якісної, конкурентоспроможної продукції з використанням енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій.

The basic indicators of developing the mining and metallurgical complex of Ukraine in recent years are considered. It is shown that steel industry, despite the crisis, remains the leading sector of national economy. Activities enable providing high quality, competitive products manufacture with using energy-efficient and environmentally friendly technologies are given.