

УДК 669.02

**О. В. Ульяницкая, Н. В. Коваленко**

*Донбасский государственный технический университет, Украина*

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ**

Рассмотрены некоторые особенности использования энергоносителей в металлургической отрасли Украины и возможные пути замены их дорогостоящих компонентов альтернативными дешевыми источниками.

*Ключевые слова:* металлопродукция, энергоносители, сопутствующие газы, пылеугольное топливо, вредные выбросы.

Розглянуто особливості використання енергоносіїв в металургійній галузі України і можливі шляхи заміни їхніх дороговартісних компонентів альтернативними дешевими джерелами.

*Ключові слова:* металопродукція, енергоносії, попутні газы, пиловугільне паливо, шкідливі викиди.

**The article examines corresponding features of usage of the energy products within the metallurgical industry of Ukraine and possible ways of substituting their high-cost components by alternative cheap sources.**

*Keywords:* metal produce, energy products, produces gases, pulverized coal fuel, hazardous emissions.

Развитие и совершенствование металлургического комплекса Украины диктуется жесткими условиями конкуренции на мировом рынке металлов. Экономическая разруха в Украине, начавшаяся после развала Советского Союза, сопровождалась из-за устаревших технологий, физического и морального износа основных фондов потерей не только мировых рынков, но и внутреннего рынка металлопродукции.

Теории и практике модернизации металлургического комплекса посвящено множество фундаментальных исследований зарубежных ученых. В Украине данную проблему исследовали О. И. Амоша, И. А. Бланк, Л. М. Борщ, В. В. Витлинский, О. С. Галушко, К. Ф. Ковальчук, С. В. Максимов, В. П. Савчук, В. Я. Плаксиенко, М. Г. Чумаченко, С. Л. Ярошевский, Ю. А. Приходько, В. П. Терещенко, Я. А. Мороз, С. В. Момот, А. М. Кузнецов, С. Л. Воробийов, О. В. Совкевич и многие другие. Однако, в работах указанных авторов не рассмотрены проблемы использования и экономии энергоносителей в металлургическом комплексе Украины.

Производство в Украине, в том числе и металлургическое, остается высокоэнергоёмким по сравнению с развитыми странами [1, с. 12–16]. Недостаточность энергооборуженности и повышенные затраты энергоресурсов на производство единицы продукции в Украине характеризуются показателями, приведенными в табл. 1.

Особенно следует отметить низкую эффективность использования энергоресурсов предприятиями Украины по сравнению с наиболее развитыми странами Европы. Достаточно энергоёмкой является продукция отечественной металлургической отрасли. Например, на ПАО «Алчевский металлургический комбинат» (ПАО «АМК») расход условного топлива составляет 110–120 кг на одну тонну проката, что в 2–3 раза превышает общепринятые стандарты в странах ЕС. И это при том, что природный газ исключен из смеси с коксовым и доменным газами для нагрева металла в печах прокатных цехов.

Таблиця 1

## Показатели использования энергоресурсов отечественными предприятиями в сравнении с развитыми странами

Страна	В расчете на одного человека		В расчете на единицу ВВП	
	Использование топливно-энергетических ресурсов, тонн условного топлива*/человека	Производство электроэнергии, тыс. кВт/час человека	Использование топливно-энергетических ресурсов, кг усл. топлива на 1 дол. США	Производство электроэнергии, кВт/час на 1 дол. США
Украина	4,0	3,4	7,1	6,1
Германия	3,8	6,7	0,27	0,3
Франция	5,7	8,4	0,27	0,38

Примечание: условное топливо – топливо, теплота сгорания которого составляет 7000 ккал/кг (29,3 кДж/кг).

Источник: авторская разработка на основе [2].

Энергетические затраты в черной металлургии Украины обусловлены, в основном, расходом и стоимостью кокса и природного газа на 1 тонну выплавленного чугуна [1; 3]. Снижение их потребления позволяет получить конечную продукцию более конкурентную на рынках металла. Природный газ дефицитный и продается Украине по высокой цене. Для предприятий металлургии она еще выше и составляет, например, для ПАО «АМК» 505 дол. США за 1000 м<sup>3</sup> (2011 год). Расход газа на 1 тонну чугуна в Украине 43 м<sup>3</sup>. Тем самым в себестоимости 1 тонны чугуна по Украине заложено 24 дол. США только за природный газ. Поэтому металлургии Украины ищут пути снижения расхода природного газа в технологическом процессе на всех переделах металлургического производства. За последние 6–7 лет украинская сталеплавильная промышленность сократила потребление природного газа с 10 до 5 млрд м<sup>3</sup>, что позволило сэкономить более 2,5 млрд дол. США.

Дефицит энергоносителей и повышение цены на них приобрели уже глобальный характер и обуславливают высокую часть в себестоимости единицы продукции металлургических предприятий. Известно, что только электроэнергия в структуре себестоимости продукции черной металлургии Украины составляет 7–10 %, а в производстве алюминия 40–42 %. На выплавку 1 тонны электростали необходимо в среднем 350 кВт электроэнергии [2, с. 118].

Доля электрической энергии в себестоимости 1 тонны ферросплавов (Запорожский, Никопольский и Стахановский ферросплавные заводы) составляет примерно 54–56 %, то есть более половины. Из-за высокой цены 1 кВтч электроэнергии перечисленные предприятия не могли рентабельно работать. Загруженность их мощностей снизилась на 40–50 % [4, с. 118–124]. Только вмешательство правительства Украины выровняло ситуацию между поставщиками электроэнергии и ферросплавными предприятиями. Было принято решение о предоставлении ферросплавщикам права оплачивать потребленную электроэнергию по экспортным тарифам – 6 центов за 1 кВтч до конца 2013 года [5]. Тем самым удалось уменьшить зависимость Украины от импорта ферросплавов.

В январе 2013 года Министерство экономической политики разработало программу активизации экономики, в рамках которой предприятия ГМК могут получить государственные гарантии на 10 млрд грн для реализации проектов модернизации своих производств [5]. В документе отмечается, что недостаточная развитость внутреннего рынка металлопроката (10–15 %) и высокая доля экспорта продукции отрасли (80–85 %), формируют серьезные риски зависимости национальной металлургии от внешней конъюнктуры. Состояние внутреннего рынка металла в Украине характеризует следующий пример. В Дании годовое использование металла составляет 600–660 кг на человека, тогда как в Украине – только 107–110 кг на человека. Основной причиной падения потребления стало снижение

спроса на металл со стороны строительного сектора, машиностроения, трубных заводов ввиду ухудшающейся экономической ситуации в Украине и на мировом рынке.

В первые десять лет XXI века большинство предприятий металлургической отрасли разработало комплексные программы инвестиционных проектов по модернизации и реконструкции. Такие программы предусматривали чаще всего, строительство нового предприятия на существующей строительной площадке.

В первую очередь к таким предприятиям относятся ПАО «АМК» (корпорация «Индустриальный союз Донбасса»), ПАО «Азовсталь», ПАО «Енакиевский металлургический завод», ПАО «Металлургический комбинат им. Ильича» (группа «Метинвест») и другие.

Наряду с этими принимаются проекты строительства новых металлургических предприятий, оборудованных по последним достижениям мировой науки и практики. Например, в октябре 2012 года в эксплуатацию введен электросталеплавильный комплекс Interpipe Steel – крупнейший объект вложения частных инвестиций (г. Днепропетровск). Предприятие основано с нуля по проектно-конструкторской документации компании Danieli. Общий объем инвестиций в проект составил 70 млн дол. США [7]. Проектная мощность нового комплекса 1,32 млн тонн металлопродукции в год. Использование электродуговых печей для выплавки стали обеспечивает компании сокращение потребления природного газа в объеме 60 млн м<sup>3</sup> (примерно 24 млн дол. США) и значительное снижение вредных выбросов в атмосферу.

Важным условием снижения себестоимости чугуна является уменьшение расхода кокса на 1 тонну доменной плавки. В настоящее время использование кокса на металлургических предприятиях Украины составляет 500–520 кг на тонну чугуна. Проблема еще и в том, что дефицит коксующихся углей в Украине достиг нескольких млн тонн и продолжает расти. По прогнозам «Укркокса» он может достичь 50 % внутреннего рынка [8]. По словам генерального директора «Укркокса» Анатолия Старовойтова, импортированный из России коксующийся уголь не намного дороже отечественного, а каждая тонна импортного угля при коксовании дает 350 м<sup>3</sup> коксового газа, что по энергоемкости эквивалентно 150 м<sup>3</sup> природного газа. Еще в конце прошлого века дефицит коксующихся углей обусловил использование на ПАО «Алчевсккокс» слабоспекающихся углей Донбасса для производства металлургического кокса.

Экономический кризис и связанная с ним нестабильность конъюнктуры на рынках металлов вынудил металлургов искать механизмы активизации инновационно-инвестиционной деятельности по снижению себестоимости продукции и расходованию дорогостоящих энергоносителей.

Дефицит и дороговизна природного газа, высокая стоимость кокса обусловили освоение металлургами ПАО «АМК» производства и вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) в доменные печи при выплавке чугуна. Вопросами теории и практики использования пылеугольного топлива в Украине занимались и ранее [9–12], но тогда наличие относительно дешевого природного газа сдерживало реализацию проектов пылеугольной технологии. В мае 2009 года доменные печи №1 и №5 ПАО «АМК» перешли на пылеугольное топливо, полностью отказавшись от природного газа. Годовой объем производства ПУТ 1553 тыс. тонн. Ежегодная экономия составляет 607,5 тыс. тонн кокса и 784,8 млн м<sup>3</sup> природного газа. Вдувание ПУТ в объеме 180 кг на одну тонну чугуна обеспечивает снижение потребления кокса до 390 кг на тонну чугуна (по сравнению с 500 кг/т по Украине).

Внедрение технологии с пылеугольным топливом пока на двух печах доменного цеха дало возможность сократить потребление природного газа более чем в два раза.

Наряду с такими масштабными проектами персонал ПАО «АМК» реализует многие операции по снижению потребления энергоресурсов. К примеру, одна из них – новая технология разогрева стаканов из полусухих огнеупорных масс для промежуточных ковшей МНЛЗ позволила снизить расход дефицитного природного газа с 800 до 50 м<sup>3</sup>. Экономия на одном промковше составила 750 м<sup>3</sup>, что эквивалентно в денежном измерении 380 дол. США.

В последние годы большое внимание уделяется использованию газов, сопутствующих металлургическому процессу производства кокса, чугуна, стали, ферросплавов. Если раньше, а на некоторых предприятиях и до сих пор, большинство газов сжигалось на «факелах», нанося вред окружающей среде, то теперь они используются для выработки энергии.

Первыми технологию использования металлургических газов в качестве энергоносителей для производства электроэнергии внедрили на ПАО «АМК». Предприятие совместно с японской фирмой «SUMITOMO» разработало проект строительства парогазовой установки по выработке электроэнергии из коксового, доменного и конвертерного газов.

В конце 2012 года запущен в эксплуатацию первый, а в декабре 2013 г. второй блок комплекса газотурбинной электростанции комбинированного цикла. Это предприятие производит электроэнергию путем прямой переработки отходов коксохимического и металлургического производств, а именно: коксового, доменного и конвертерного газов. Теперь количество выбросов вредных веществ и парниковых газов уменьшено почти вдвое. Мощность одного блока составляет 151,5 МВт. С пуском всех трех (как это предусмотрено проектом) блоков, суммарная мощность станции составит 454,5 мВтч электроэнергии в год. Предприятие ПАО «АМК» полностью покрывает собственные потребности в электроэнергии, а избыток будет продавать хозяйственным структурам региона.

Основные параметры используемых на электростанции газов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры и расход смешиваемых газов  
на один энергоблок газотурбинной электростанции

Наименование	Единицы измерения	Газ		
		Доменный	Коксовый	Конвертерный
Расход	нм <sup>3</sup> /час	228500 (макс. 250000)	18200 (макс. 21000)	30000
Давление подачи	кПа	8	12	8
Температура подачи:	°С			
расчетная		30	30	30
min		10	10	10
max		40	40	40
Низшая теплотворная способность	кДж/нм <sup>3</sup> (ккал/кг)	3142–3300 (750–790)	1697–1718 (4050–4100)	7123–7500 (1700–1790)

Из табл. 2 следует, что львиная доля в смеси отведена доменному газу, которого выделяется 1820–1960 м<sup>3</sup>. на 1 тонну выплавляемого чугуна. Топливная смесь газов имеет теплотворную способность 1050 ккал/м<sup>3</sup>, а часовой расход на одном энергоблоке равен 276700 нм<sup>3</sup>. На производство 1 кВтчаса расходуется 0,263 кг условного топлива, что на 25 % меньше, чем на традиционных тепловых электростанциях страны.

Таким образом, в металлургическом производстве Украины определились следующие основные направления экономии энергоресурсов:

- сокращение потребления дефицитного природного газа на всех переделах металлургического процесса;
- использование пылеугольного топлива вместо природного газа в доменных печах;
- регенерация энергетических возможностей коксового, доменного, конвертерного газов для производства электрической энергии.

Из-за высокой энергоемкости металлургических переделов пока невозможно эффективно использовать при производстве металла в Украине возобновляемые источники энергии, которые анализируются в работе [13, с. 51–54]. Наиболее продвинутое по экономии энергоресурсов ПАО «АМК» планирует в течение ближайших трех-четырех лет завершить проекты полного обновления производства металла, начатые в 2003 г. Это будет новое современное предприятие, о чем свидетельствуют данные табл. 3.

Таблица 3

## Наиболее важные проектные показатели реконструкции ПАО «АМК»

Объект	Год завершения	Стоимость строительства	Производственная мощность объекта
МНЛЗ – 1	22.08.2005	262 млн дол. США	2,5 млн т. заготовки в год
Толстолистовой стан 3000	07.11.2006	142 млн дол. США	1,2 млн т. листа
МНЛЗ – 2	20.05.2007	262 млн дол. США	2,5 млн т. заготовки в год
Конвертер – 1 (первая очередь)	27.11.2007	2009960 тыс. грн	2,7 млн т. стали в год
Конвертер – 2 (вторая очередь)	17.09.2009	977204 тыс. грн	2,7 млн т. стали в год
ДП №1	07.05.2007	500 млн грн	2 млн т. чугуна в год
Установка ПУТ (первая очередь)	18.08.2006	350101 тыс. грн	1552 тыс. т. пылеугольного топлива в год
Установка ПУТ (окончание 2 и 3 этапа)	2014	298958 тыс. грн	
ДП № 2	строительство временно приостановлено	3,2 млн грн	3,75 млн т. чугуна в год
Новая аглофабрика	2016	5,4 млрд грн	11 млн т. агломерата в год
Электростанция	1-я очередь 2012 2-я очередь 2013	1,2 млрд грн 1,2 млрд грн	151,5 МВт 3,6 млрд кВт·ч Полная мощность 454,5 МВт

За 9 лет (2005–2013) на внедрение новых технологий и современного оборудования ПАО «АМК» израсходовало 16,8 млрд грн. На природоохранные мероприятия из них пошло 1,5 млрд грн, что позволило снизить количество выбросов вредных веществ в атмосферу на 15,3 тыс. т/год. Предполагаемое сокращение пылеобразования в результате запуска новых объектов соответственно составит: аглофабрика – 6 тыс. т/год.; доменных печей – 3750 т/год.; коксовых батарей – 1560 т/год.

**Выводы.**

Изучение и анализ состояния энерговооруженности металлургического комплекса Украины свидетельствует о высокой относительной энергозатратности производства единицы металлопродукции по сравнению с развитыми странами Европы.

Отечественный и мировой опыт эксплуатации доменных печей показывает, что на современном этапе состояния доменной технологии одним из наиболее эффективных мероприятий относительно снижения расходования энергоресурсов в виде кокса и природного газа является вдувание пылеугольного топлива в горн доменных печей. Действующие установки ПУТ позволяют украинским металлургам ежемесячно экономить 60 млн м<sup>3</sup> природного газа и 50 тыс. тонн кокса, что в рамках действующих цен (2013 ) составляет 20 млн дол. США.

Использование побочных продуктов металлургических переделов (коксового, доменного, конвертерного газов) для выработки электроэнергии на парогазовых установках не только повысит энергооборуженность предприятий, но и, что немало важно, существенным образом снизит отрицательное воздействие на окружающую среду прилегающих территорий.

### Библиографические ссылки

1. **Мороз Я. А.** Анализ использования энергоносителей в производстве продукции на металлургических и коксохимических предприятиях Донецкой области в 2011 г. / Я. А. Мороз, И. Т. Резниченко, С. Н. Тупилка // Металлургические процессы и оборудование. – 2012. – № 1. – С. 12–16.
2. Основні аспекти конструювання та автоматизованого проектування: навч. посіб. / [Ульяницький В. Н., Козачишн В. А., Ульяницька О. В. и др.]. – Алчевськ : Донецький держ. тех. ун-т, 2008. – 300 с.
3. Повышение эффективности использования природного газа в доменной плавке / [Ярошевский С. Л., Момот С. В., Кузнецов А. М. и др.]. – Донецк : Новый мир, 2002. – 46 с.
4. **Воробйов С. Л.** Пріоритети та інструменти модернізації металургійної галузі України / С. Л. Воробйов, О. В. Собкевич // Стратегічні пріоритети. – 2012. – № 4(25). – С. 118–124.
5. Меморандум Кабмина Украины о взаимопонимании с электрометаллургическими заводами от 5 февраля 2013 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.finmonitor.com.ua/news/59816-prodleno-deystvie-memoranduma-o-vzaimoponimaniimezhdu-kabminom-i-elektrometallurgicheskimi-zavodami.html>
6. Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2015 роки : постанова Кабінету Міністрів України № 243 від 1 березня 2010 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon3.rada.gov.ua/iaws/show/243-2010%100%BF>
7. Ввод в эксплуатацию электросталеплавильного комплекса Interpipe Steel в Украине // МРТ. Металлургическое производство и технология металлургических процессов: журнал. – М. : Руда и металлы. – 2013. – № 1. – С. 6–16.
8. Металл : ежемесячный деловой журнал для участников металлорынка. – 2008. – № 1.
9. **Приходько Ю. А.** Аналитическая оценка экономии кокса пылеугольным топливом / Ю. А. Приходько, И. Е. Варивода // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1983. – № 4. – С. 3–5.
10. Оценка коэффициента замены кокса пылеугольным топливом / [Ярошевский С. Л., Терещенко В. П., Либерова З. И. и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1981. – № 1. – С. 3–5.
11. **Ярошевский С. Л.** Пылеугольное топливо – реальная и эффективная альтернатива природному газу в металлургии / С. Л. Ярошевский. – Донецк : Норд-Пресс, 2006. – 16 с.
12. Пылеугольное топливо – альтернатива природному газу при выплавке чугуна : тр. Междунар. науч.-техн. конф., 18–29 декабря 2006 г. – Донецк : ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2006. – 397 с.
13. **Бортнюк Т.** Відновлювальна енергетика України / Т. Бортнюк // Економічний аналіз: зб. наук. праць; [Тернопільський нац. ун-т]. – Тернопіль, 2013. – Вип. 12. – Ч. 1. – С. 51–54.

*Надійшла до редколегії 06.02.2014*