



УДК 669.1:662.6

В.А. БОТШТЕЙН, заместитель генерального директора по НТР – первый заместитель генерального директора,
А.Л. КАНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,

В.Г. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, **А.Л. СКОРОМНЫЙ**, заведующий лабораторией
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Рассмотрено потребление топливных и тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР) на предприятиях горно-металлургического комплекса Украины. Проведен анализ использования доменного газа на металлургических предприятиях Украины и даны рекомендации по повышению степени его использования. Проанализирована динамика образования и использования тепловых ВЭР на примере ОАО «Алчевский металлургический комбинат».

Ключевые слова: вторичные энергоресурсы, топливные ВЭР, тепловые ВЭР, уменьшение потерь, эффективность.

Металлургические предприятия Украины являются крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). В то же время основные металлургические

агрегаты (доменные и мартеновские печи, кислородные конвертеры, прокатные станы, печи обжига известняка) – источники вторичных энергоресурсов, эффективное ис-

пользование которых позволяет существенно сократить импорт ТЭР.

В предкризисном 2007 г. потребление топливных ВЭР (доменного и коксового газов) немного превышало 25,3 % от общего потребления ТЭР металлургическими предприятиями. В 2009 г. этот показатель увеличился до 26,2 %, при этом использование доменного газа составило почти 80 % от общего использования топливных ВЭР.

Основные потребители доменного газа (табл. 1) – теплоэлектроцентрали (ТЭЦ-ПВС), на которых, в среднем по предприятиям, используется 50,8 % всего доменного газа для выработки тепло- и электроэнергии, а также доменные цехи, где он используется для подогрева воздуха горения (37,7 %). В прокатном производстве расходуется от 5,5 до 14,7 % доменного газа, основными потребителями которого являются обжимные цехи (76–81 %). Незначительное потребление доменного газа (5,5 %) в прокатном производстве ОАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» (ОАО «МК «Азовсталь») объясняется тем, что основная часть стали (75 %) на этом комбинате разливается на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). За последние два года после ввода в эксплуатацию конвертерного цеха МНЛЗ и с уменьшением количества стали, разливаемой в слитки, на ОАО «Алчевский металлургический комбинат» (ОАО «АМК») сократилось также потребление доменного газа в обжимном цехе с 16 до 6 %.

Доменный газ является основным топливом, расходуемым на нагрев воздухонагревателей. На большинстве предприятий (ОАО «Запорожсталь», ОАО «АМК», ОАО «Днепропетровский металлургический комбинат им. Дзержинского» (ОАО «ДМКД») доля доменного газа в топливном балансе воздухонагревателей составляет свыше 90 %; на ОАО «МК «Азовсталь», ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (ОАО «АМКР»), ОАО «Енакиевский металлургический завод» (ОАО «ЕМЗ») и ПАО «Евраз – Днепропетровский металлургический завод им. Петровского» (ПАО «Евраз – ДМЗ») в кауперах сжигается только доменный газ. Исключение составляет ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ПАО «ММК им. Ильича»), где в топливном балансе воздухонагревателей использование природного и коксового газа составляет 18 %, хотя еще в 1998 г. этот показатель не превышал 3 %.

В качестве топлива на ТЭЦ-ПВС используют доменный, природный, коксовый газы и – на некоторых предприятиях – в небольших количествах мазут (рис. 1).

Установлено, что в современных условиях среднее потребление топлива на ТЭЦ-ПВС составляет 205 кг у.т./Гкал, при этом на долю доменного газа приходится 73,2 %, природного газа – 17,5 %, коксового газа –

Таблица 1 – Распределение доменного газа между основными потребителями на металлургических предприятиях

Предприятия	Потребление доменного газа основными потребителями, %			
	Доменное производство	Прокатное производство	ТЭЦ-ПВС	Другие
ПАО «ММК им. Ильича»	34,4	9,4	55,9	0,3
ОАО «МК «Азовсталь»	42,5	5,5	40,5	11,5
ОАО «Запорожсталь»	38,3	14,7	46,7	0,3
ОАО «АМКР»	30,8	7,2	60,1	1,9
ОАО «АМК»	41,8	10,9	45,7	1,6
ОАО «ДМКД»	37,4	19,3	42,9	0,4
ОАО «ЕМЗ»	37,9	–	62,1	–
ПАО «Евраз – ДМЗ»	48,3	7,3	43,8	0,6
ОАО «ДМЗ»	38,0	–	62,0	–

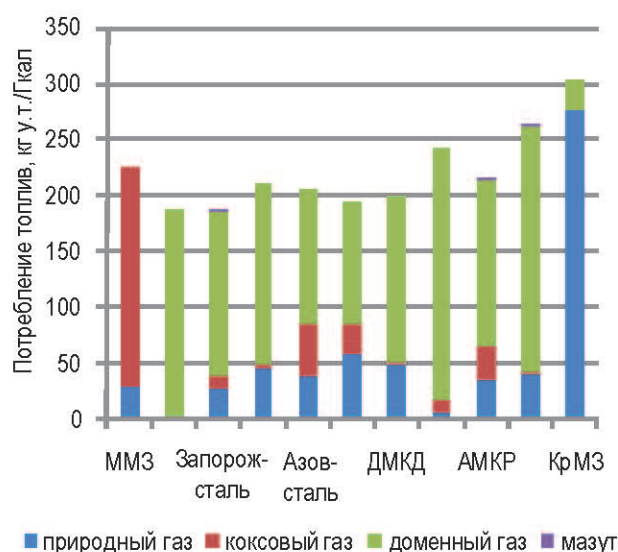


Рисунок 1 – Потребление топлива на ТЭЦ-ПВС металлургических предприятий:

ММЗ – ОАО «Макеевский металлургический завод»;
 Запорожсталь – ОАО «Запорожсталь»;
 КрМЗ – ОАО «Краматорский металлургический завод»

9,2 %, мазута – 0,1 %. Наиболее экономно (~187 кг у.т./Гкал) потребляют топливо при производстве пара на ТЭЦ-ПВС ОАО «ЕМЗ» и ОАО «Запорожсталь».

За последние годы топливный баланс ТЭЦ-ПВС существенно изменился. Так, например, в 1997–1998 гг. доля природного и коксового газа на многих предприятиях (в их числе ОАО «АМК», ОАО «АМКР», ОАО «МК «Азовсталь», ОАО «Запорожсталь») составляла 46–50 %, на ОАО «ДМКД» – 68 %; в 2007–2009 гг. доля доменного газа в топливном балансе ТЭЦ заметно выросла и составила на ОАО «ЕМЗ» – 100 %, ОАО «АМК» – 93–95 %, ОАО «Запорожсталь» – 78–82 %,



ПАО «ММК им. Ильича» – 76–82 %. В 2009 г. доля доменного газа в топливном балансе ТЭЦ ОАО «АМКР» составляла 71 % – такой показатель объясняется рациональным использованием доменного газа, потери которого (1 %) являются самыми низкими среди других предприятий с полным металлургическим циклом.

Анализ производства и потребления доменного газа свидетельствует о том, что в 2007 г. использовалось 91,6 % его объема, причем на самих металлургических предприятиях – 84,5 % (потери доменного газа – более 5,0 млрд м³, что соответствует ≈ 720 тыс. т у.т.). В 2009 г. использование доменного газа увеличилось и составило 92,7 %. Потери доменного газа в 2009 г. по сравнению с 2007 г. сократились более чем в 1,5 раза – до 3,2 млрд м³ (460 тыс. т у.т.), причем наиболее значительные потери доменного газа в 2009 г. имели место на ОАО «АМК». Увеличение объема производства чугуна и выхода доменного газа, сокращение его потребления в прокатном производстве, почти полное насыщение доменным газом топливных балансов ТЭЦ и кауперов – все это привело к тому, что 22 % этого газа в настоящее время сжигается на свече. Радикальный выход из этого положения – организация выработки электроэнергии на газотурбинной электростанции комбинированного цикла (ГТС), работающей на доменном, коксовом и конвертерном газе. УкрГНТЦ «Энергосталь» впервые в Украине осуществил генеральное проектирование такого комплекса для ОАО «АМК» и в настоящее время Центр проектирует ГТС для ОАО «ДМКД». В качестве альтернативы ГТС можно предложить выработку электроэнергии на ТЭЦ (с установкой, при необходимости, дополнительных генерирующих мощностей).

На ОАО «ЕМЗ» практически исчерпаны все резервы потребления доменного газа, а его потери в 2007–2009 гг. составили 9,9–12,7 %. Очевидно, что и на этом заводе целесообразно использовать доменный газ для выработки электроэнергии.

Аналогичная ситуация может возникнуть на ОАО «Запорожсталь» после прогнозируемого ввода в эксплуатацию конвертерного цеха с МНЛЗ и ликвидации обжимного передела. На этом комбинате уже с 2009 г. потерь доменного газа практически нет (1,2 %), незначительные потери – на ПАО «ММК им. Ильича» (1,8 %) и ОАО «ДМКД» (1,2 %). На ОАО «МК «Азовсталь» и ПАО «Евраз – ДМЗ» потери доменного газа составляют 11 % и имеются резервы улучшения его использования за счет пересмотра топливных балансов ТЭЦ.

Тепловые вторичные энергоресурсы, которые образуются на металлургических предприятиях (табл. 2), являются результатом утилизации тепла дымовых газов в котлах-утилизаторах (КУ) и пара, образующегося в си-

стемах испарительного охлаждения (СИО) металлургических агрегатов.

Таблица 2 – Использование тепловых ВЭР на металлургических предприятиях в 2009 г.

Предприятие	Потребление теплоэнергии, тыс. Гкал		Часть ВЭР в виде пара в общем потреблении теплоэнергии, %
	Общее	В том числе ВЭР в виде пара	
ПАО «ММК им. Ильича»	1933,0	832,3	43,1
ОАО «МК «Азовсталь»	1622,8	698,5	43,0
ОАО «АМКР»	2030,2	425,4	21,0
ОАО «Запорожсталь»	732,8	378,8	51,6
ОАО «ЕМЗ»	854,1	327,6	38,4
ОАО «ДМКД»	797,6	282,2	35,4
ОАО «АМК»	581,2	267,3	46,0

Металлургические предприятия с полным циклом производства практически не покупают пар и горячую воду, поскольку потребности в тепловой энергии для производственных и санитарно-бытовых нужд полностью обеспечиваются за счет пара, который производится (ТЭЦ-ПВС) и вырабатывается в КУ (далее – пар КУ) и в СИО (далее – пар СИО) металлургических агрегатов. ТЭЦ-ПВС является частью комплекса доменного производства, так как ее основная задача – производство дутья для доменных печей (с использованием пара на турбовоздуходувных машинах с паровым приводом). Пар ТЭЦ-ПВС расходуется также для производства электроэнергии (иногда – сжатого воздуха) и химической очистки воды, которую используют как на самой ТЭЦ-ПВС, так и в КУ и СИО. Остальная часть пара ТЭЦ-ПВС подается в паропровод теплосилового цеха (ТЦЦ), смешивается с паром КУ и паром СИО, после чего передается цехам предприятия. Чем меньше часть пара, полученного на ТЭЦ-ПВС, в общем количестве пара ТЦЦ, тем в большей мере предприятие обеспечивается паром тепловых ВЭР. На разных этапах развития металлургии Украины процент использования пара тепловых ВЭР (пар КУ и пар СИО) в общем объеме потребления пара существенно изменялся.

Масштабные работы в области производства и использования тепловых ВЭР проводились на ОАО «АМК». В 1990 г., когда металлургия Украины достигла наивысших показателей по производству чугуна, стали и проката, производство ВЭР в виде пара на ОАО «АМК» составило 367,6 Гкал/тыс. т стали – лучший показатель среди металлургических предприятий, – при этом боль-

шая часть общего количества производилась в мартеновском цехе (всего на комбинате было использовано 1352 тыс. Гкал тепловых ВЭР, в т.ч. 447 тыс. Гкал пара СИО и вдвое больше пара КУ (табл. 3).

В результате недостаточного внимания к вопросам экономии энергоресурсов цехи предприятия потребляли большое количество тепловой энергии – более 2 млн Гкал (557 Гкал/тыс. т стали). Поэтому, несмотря на большое количество производимых тепловых ВЭР (более 1,35 млн Гкал), их часть в общем количестве пара ТЭЦ составляла всего 65,9 %.

В период резкого падения производства чугуна и стали на ОАО «АМК» (1992–1997 гг.) процентное содержание ВЭР в виде пара в общем объеме пара ТЭЦ уменьшилось до 50 % – общий объем пара ТЭЦ уменьшился в 2,64 раза.

Начиная с 1999 г. на комбинате реализуется программа энергосбережения: демонтированы две мартеновские и одна доменная печь (№ 2), выведена в резерв доменная печь № 1. В агрегатах, которые остались в эксплуатации, существенно увеличилось производство продукции. Однако следует отметить, что производство тепловых ВЭР сократилось до 360,4 тыс. Гкал, удельное производство ВЭР в виде пара уменьшилось до 147,2 Гкал/тыс. т стали. Выполнение программы энергосбережения на ОАО «АМК» позволило сократить потребление цехами комбината тепловой энергии до 572 тыс. Гкал, при этом увеличение процентного содержания ВЭР в виде пара в общем объеме пара ТЭЦ составило 63 %, что превысило показатели 1990 г.

В 2002–2004 гг. произошло дальнейшее увеличение производства чугуна, стали и проката (по объему производства стали уровень 1990 г. был превышен). Одновременно увеличилось производство ВЭР в виде

пара (в большей мере – за счет роста выработки пара СИО в прокатных цехах) – объем пара СИО в общем объеме ВЭР в виде пара составил 43,3 %. Удельное производство ВЭР в виде пара увеличилось до 168,1 Гкал/тыс. т стали. В это время на комбинате почти полностью исключено использование пара ТЭЦ для производственных и коммунально-бытовых потребностей цехов комбината (пар ТЭЦ использовался в основном для производства дутья и химводоочистки). Объем ВЭР в виде пара в общем объеме пара ТЭЦ составлял 90 %.

Реконструкция комбината, которая началась в 2005 г. (генеральный проектировщик – УкрГНТЦ «Энергосталь»), предусматривала, прежде всего, сокращение производства мартеновской стали, вывод из эксплуатации однованных мартеновских печей и строительство конвертерного цеха. Конвертеры работают в настоящее время в режиме «без дожигания» конвертерного газа и не используют его физическое тепло (тепловые ВЭР). Это привело к сокращению производства ВЭР в виде пара до 471,2 тыс. Гкал (2008 г.) и до 267,3 тыс. Гкал (2009 г.) – соответственно уменьшилось удельное производство ВЭР в виде пара до 45,1 Гкал/тыс. т стали. Необходимо отметить, что уменьшение производства ВЭР в виде пара произошло за счет выведения из эксплуатации КУ мартеновских печей (объем пара, произведенного в КУ, в общем производстве ВЭР в виде пара сократился до 35,5 %). Изменения, которые произошли в производстве тепловых ВЭР, привели к тому, что потребности цехов комбината в тепловой энергии покрываются за счет ВЭР в виде пара только на 46 %. Таким образом, более половины пара, который потребляется цехами комбината, производится на ТЭЦ с расходом более 250 кг у.т./Гкал. Такая ситуация характерна и для других предприятий, где предполагается замена мартеновского способа производства стали конвертерным.

Таблица 3 – Динамика выработки и использования пара КУ и пара СИО на ОАО «АМК»

Год	Производство стали, тыс. т/год	Использование тепла ВЭР, тыс. Гкал		Потребление теплотенергии ТЭЦ, тыс. Гкал	Часть пара, выработанного в КУ и СИО, в общей теплотенергии ТЭЦ, %	Выработка пара в КУ и СИО, Гкал/тыс. т стали
		КУ	СИО			
1990	3676,4	904,7	446,9	2049,4	65,9	367,6
1997	1816,9	257,9	130,0	776,1	50,0	213,5
1998	1873,5	233,7	134,2	620,9	59,2	196,4
1999	2448,2	208,2	152,2	572,0	63,0	147,2
2000	2884,5	216,9	183,6	569,9	70,3	138,9
2001	2780,4	206,3	173,1	602,7	67,0	136,5
2002	3141,6	244,0	210,7	548,0	83,0	144,7
2003	3776,8	309,2	278,8	659,5	89,2	169,1
2004	3764,7	349,7	283,0	699,4	90,5	168,1
2006	3824,1	281,1	257,1	595,3	90,4	140,7
2007	3945,9	283,2	315,5	678,8	88,2	151,7
2008	4354,5	199,7	271,4	716,0	65,8	108,2
2009	5926,5	94,9	172,4	581,2	46,0	45,1



Исследования показали, что на большинстве металлургических предприятий (табл. 4) энергоемкий пар ТЭЦ используется для обеспечения потребностей цехов в большей мере, чем на ОАО «АМК». Так, на ОАО «МК «Азовсталь» и ОАО «Запорожсталь» потребности в тепловой энергии покрываются тепловыми ВЭР только на 55 и 58 %, соответственно.

На ОАО «МК «Азовсталь» производство пара ВЭР составляет всего 125 Гкал/тыс. т стали, на ОАО «Запорожсталь» – еще меньше (110 Гкал/тыс. т), что также свидетельствует о недостаточном использовании тепловых ВЭР. При этом ситуация на ОАО «МК «Азовсталь» в последние годы ухудшилась – в 1999 г. удельная выработка ВЭР в виде пара была в 1,5 раза больше (191 Гкал/тыс. т).

На ОАО «АМКР» ситуация с использованием ВЭР в виде пара еще хуже: в 1997 г. производство пара в КУ составляло 634 тыс. Гкал, в СИО – только 92 тыс. Гкал. Удельный показатель выработки ВЭР в виде пара на ОАО «АМКР» – 145 Гкал/тыс. т стали. В связи с сокращением объемов производства стали мартеновским способом в 2,4 раза (с 4250 тыс. т до 1800 тыс. т) и выводом из эксплуатации большей части мартеновских печей общее количество ВЭР в виде пара сократилось в 1,75 раза (в 1997 г. потребности цехов комбината покрывались за счет пара КУ и СИО на 26,4 %, в 2009 г. – только на 16 %).

На ПАО «Евраз – ДМЗ» 19,4 тыс. Гкал пара вырабатывается в КУ (в СИО пар не вырабатывается), в результате чего потребности завода практически полностью (на 92,2 %) покрываются за счет пара ТЭЦ-ПВС.

На ПАО «ММК им. Ильича» основным производителем пара являются охладители конвертерных газов в конвертерном цехе и КУ стана 3000, которые обеспечивают почти 73,5 % от общей выработки ВЭР в виде пара. В результате ВЭР в виде пара обеспечивают более 61 % потребностей комбината в тепловой энергии.

Обобщенные результаты исследований объемов выработки вторичных тепловых энергоресурсов на основных производствах металлургических предприятий Украины приведены на рис. 2.

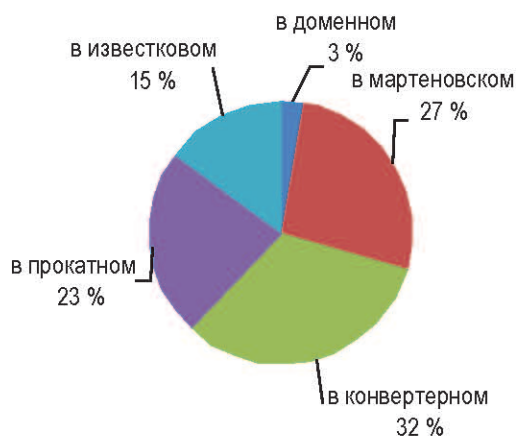


Рисунок 2 – Образование тепловых вторичных энергоресурсов на основных производствах металлургических предприятий Украины

В результате анализа приведенных выше данных можно сделать следующие выводы:

- пар СИО при производстве чугуна используется незначительно и только на двух предприятиях отрасли;
- пар КУ и пар СИО, выработанный при производстве мартеновской стали, используется на всех предприятиях и его вклад в общее количество ВЭР в виде пара составляет 27 %, производство пара при выплавке стали в конвертерах имеет место лишь на четырех предприятиях отрасли;
- пар КУ и СИО при производстве проката обеспечивает почти четверть общего количества тепловых ВЭР и вырабатывается, в основном, на листовых станах и на нескольких сортовых станах (однако объемы выхода пара существенно отличаются: от 95 Гкал/тыс. т проката на ПАО «ММК им. Ильича» до 19 Гкал/тыс. т на ПАО «Евраз – ДМЗ»);
- пар КУ при производстве извести вырабатывается только на половине предприятий отрасли, где эксплуатируются вращающиеся печи, и обеспечивает 15 % общего объема потребления тепловых ВЭР;
- общее потребление тепловых ВЭР в 2009 г. уменьшилось по сравнению с 2007 г. на 44 %.

Таблица 4 – Производство и использование пара ВЭР на предприятиях

Предприятие	Производство стали, тыс. т/год	Производство теплоэнергии		Потребность в теплоэнергии, тыс. Гкал/год	Часть пара КУ и СИО в общем объеме пара ТЭЦ, %	
		тыс. Гкал/год				
		КУ	СИО			
ОАО «МК «Азовсталь»	5885	341	396	125	1345	54,7
ОАО «Запорожсталь»	4370	239	242	110	831	57,9
ОАО «АМКР»	5569	361	58	71	2460	16,1
ОАО «ЕМЗ»	2787	332	–	119	854	38,8
ПАО «Евраз – ДМЗ»	975	19	–	19	248	7,8
ПАО «ММК им. Ильича»	6927	1250	451	245,6	2767	61,5

Проводимая на металлургических предприятиях замена мартеновского производства стали конвертерным осуществляется без должного внимания к проблеме использования топливных и тепловых вторичных энергоресурсов, что обуславливает сокращение использования ВЭР и увеличение расхода ТЭР.

ВЫВОДЫ

Использование доменного газа на металлургических предприятиях Украины составляет до 80 % от общего объема использования топливных ВЭР. За последние годы повысилась эффективность использования доменного газа путем увеличения его доли в топливном балансе ТЭЦ-ПВС и воздухонагревателей доменных печей. Потери доменного газа снизились до 7,3 %. В то же время на ряде предприятий (ОАО «АМК», ОАО «ЕМЗ») практически полностью исчерпаны возможности его использования в технологических процессах, вследствие чего по-

тери доменного газа возросли до 10–22 %. Аналогичная ситуация может возникнуть и на других предприятиях при замене мартеновского способа производства стали конвертерным и внедрении МНЛЗ. Избыток доменного газа целесообразно использовать для выработки электроэнергии на газотурбинных электростанциях комбинированного цикла или на ТЭЦ (с установкой при необходимости дополнительных генерирующих мощностей).

Реконструкция металлургических предприятий осуществляется без надлежащего внимания к проблеме использования вторичных тепловых энергоресурсов, что приводит к существенному сокращению использования ВЭР в виде пара. Общее потребление тепловых ВЭР уменьшилось в 2009 г. (по сравнению с 2007 г.) на 44 %.

На предприятиях необходимо разработать комплексную программу повышения эффективности использования доменного газа и тепловых ВЭР, потенциал которых значителен, особенно в доменном, прокатном и известковом производствах.

Поступила в редакцию 02.02.2011

Разглянуто споживання паливних і теплових вторинних енергоресурсів (ВЕР) на підприємствах гірничо-металургійного комплексу України. Проведено аналіз використання доменного газу на металургійних підприємствах України і надано рекомендації щодо підвищення ступеня його використання. Проаналізовано динаміку утворення і використання теплових ВЕР на прикладі ВАТ «Алчевський металургійний комбінат».

Fuel and thermal waste energy resources consumption at iron and steel works of Ukraine is considered. Utilization of blast furnace gas at steel works of Ukraine is analyzed and recommendations aimed at increasing efficiency of its use are given. The dynamics of formation and use of thermal waste energy by the example of JSC "Alchevsk Iron & Steel Works" is analyzed.