УДК 621.311

Чернявский Н.В. − к.т.н., Институт угольных энерготехнологий НАН Украины, Киев, Украина

ВОЗМОЖНОСТИ ДОБЫЧИ, ОБОГАЩЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ УКРАИНЫ

Рассмотрены изменения, произошедшие в ТЭК Украины в части добычи и использования энергетических углей за последние 2 года с учетом приватизационных процессов в добывающем, перерабатывающем и энергогенерирующем секторах, и даны прогнозы развития угольной энергетики. Обоснован выбор вида и качества топлива для перспективных энергоустановок.

Введение

Подтвержденные запасы угля в Украине составляют 56,2 млрд т (табл. 1), балансовые категории А+В+C_1 - 44,6 млрд т, из которых более 31 млрд т относится к энергетическим. Поэтому уголь рассматривают как основу для развития отечественной энергетики.

Таблица 1.
Балансовые запасы угля на 01.01.2012, млн т [1]

Марка угля	А+В	А+В+C_1	C_2
Б	1045,0	2593,3	299,2
Д	2985,2	13000,6	2825,1
ДГ	2187,6	6762,8	2073,9
в т.ч. ДГ для коксования	534,5	1635,4	830,0
Г	2641,2	7943,1	2660,7
в т.ч. Г для коксования	1928,5	5593,9	1812,6
Ж	746,7	2629,2	885,0
в т.ч. Ж для коксования	666,9	2642,8	884,5
К	585,1	1965,5	387,9
в т.ч. К для коксования	580,6	1931,2	367,5
ОС	255,8	1016,5	311,5
в т.ч. ОС для коксования	255,8	947,6	291,7
Т	804,8	2586,1	591,2
в т.ч. Т для коксования	101,1	555,4	150,6
А	2002,2	6142,2	1440,7
Всего по Украине	**13253,6**	**44639,4**	**11477,5**
В т.ч. энергетических	**9186,2**	**31333,1**	**7140,6**

© Чернявский Н.В. 2013

В 80-е годы прошлого века добыча угля в Украине достигала пикового значения - более 230 млн т в год. В течение первых 20 лет независимости вследствие общего снижения производства в стране и отсутствия капиталовложений в отрасль уменьшались количество, балансовые запасы и производственная мощность действующих шахт. В кризисном 2009 г. было добыто всего 72 млн т, в следующем году – чуть больше 75 млн т угля [2]. Из этого объема доля энергетических марок, даже после перевода 7 млн т в год углей газовой группы из коксования в энергетику, составляла около 52 млн т. С учетом того, что планы шахтного строительства не выполнялись, а вытеснение газа из топливной базы ТЭС требовало замещения эквивалентным количеством угля [3], это давало основание говорить об угольном дефиците как о долговременной тенденции и побуждало изыскивать такие дополнительные ресурсы твердого топлива, как низкокалорийные бурые угли, сухие и шламовые отходы углеобогащения, углеродсодержащий материал золоотвалов ТЭС, твердые биотоплива [2, 4]. Говорилось также о необходимости развития приватизационных процессов как о перспективном способе привлечения инвестиций в угольную отрасль.

За последние 2 года состояние в отрасли изменилось настолько, что Президент Украины призвал снизить темпы наращивания добычи энергетических углей, пока не будут созданы соответствующие производственные мощности для их использования. Задача настоящей работы – анализ существующего соотношения между производством и использованием энергетических углей, тенденций его изменения и обоснование выбора вида и качества топлива для новых энергоустановок.

Влияние приватизационных процессов на динамику угледобычи

На рис. 1 представлены динамика изменения угледобычи на государственных, частных угольных предприятиях и в целом по Украине. Видно, что увеличение добычи за 2 последних года более чем на 10 млн т, или на 14,3%, произошло главным образом за счет приватизированных шахт, добывающих энергетические угли (рис. 2). Анализ данных, приведенных в проекте «Программы развития угольной промышленности до 2030 г.» [1], показывает, что увеличение добычи угля в частном секторе, представленном группой предприятий ДТЭК и малыми шахтными предприятиями, связано главным образом с ростом производительности труда, достигнутым за счет инвестиций, улучшения организации и повышения дисциплины производства. Из табл. 2 видно, что в 2012 г. производственная мощность 28 шахт ДТЭК почти равнялась производственной

мощности 57 государственных шахт, но использовалась гораздо интенсивнее: на шахтах ДТЭК добыто в 2,4 раза больше угля, чем на государственных.

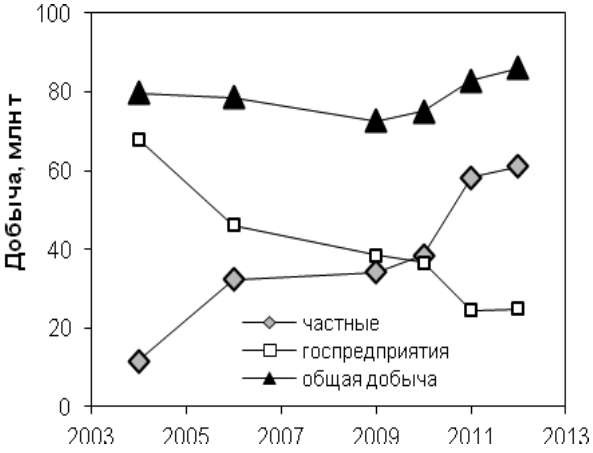

Рис. 1. Динамика добычи угля в Украине по шахтам разных форм собственности

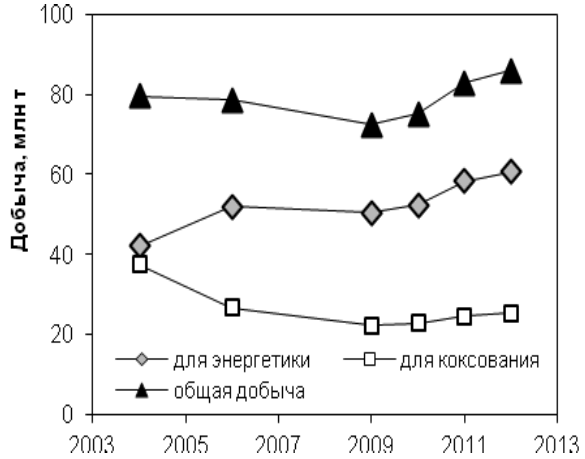

Рис. 2. Изменение структуры добычи угля по отраслям применения

Таблица 2.

Фактическая и планируемая [1] производственная мощность шахт, добывающих энергетические угли

Предприятие	Марка угля	К-во шахт	Производственная мощность, млн т в год		
			2012	2020	2030
ДТЭК	ДГ, Г	16	17,7	28,0	25,0
	А, Т	12	13,7	22,7	22,7
Госпредприятия	ДГ, Г, Ж	32	20,5	25,0	27,1
	А, Т	25	12,6	13,4	12,4
Малые шахты	А, Т	-	1,5	1,7	0,7
Новостройки	ДГ, Г	3	0,6	0,9	9,0
Всего	ДГ, Г, Ж	51	38,8	53,9	61,1
	А, Т	37	27,8	37,8	35,8
Итого		88	66,6	91,7	96,9

На рис. 3 представлена динамика добычи энергетических углей по группам марок (А+Т и «газовой»). Примерное равенство добычи по этим группам соответствует одинаковому количеству ТЭС, предназначенных для сжигания низкореакционных углей и углей газовой группы (на начало 2013 г.). Однако, учитывая планы наращивания производственных мощностей шахт (табл. 2), можно ожидать опережающий рост добычи углей газовой группы, что соответствует их большей доле в балансовых запасах (табл. 1).

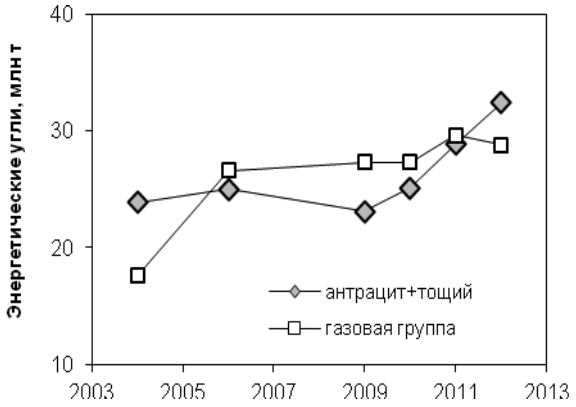

Рис. 3. Изменение марочной структуры добычи энергетических углей

Состояние и перспективы развития углеобогатительной отрасли

Приведенные на рис. 1-3 объемы добычи даны по рядовому углю (класс крупности 0-200 мм) со средней зольностью 39-40%. Перед поставкой на ТЭС, пылеугольные котлагрегаты которых спроектированы на уровень зольности 20-25%, большинство рядовых углей требуют обогащения.

Украина располагает достаточной мощностью обогатительных фабрик (ОФ), чтобы полностью обеспечить переработку добываемого угля. Сейчас работают 55 ОФ общей производственной мощностью 134,1 млн т. Из них, по состоянию на начало 2010 г., 18 ОФ производственной мощностью 37 млн т были подчиненными Минэнергоуглю, 35 фабрик производственной мощностью 88,4 млн т – арендными или приватизированными. На сегодня из 26 ОФ, обогащающих энергетические угли, в госсобственности остались только Трудовская и Славяносербская. Наблюдается устойчивая тенденция: при переходе в негосударственный сектор производственные показатели большинства ОФ ощутимо улучшаются. Производственные мощности ОФ, обогащающих энергетический уголь и перешедших в частную собственность или в аренду, превышают 72 млн т в год по рядовому углю (табл. 3), что значительно больше, чем весь объем добычи энергетических углей [5]. Наиболее распространенными на современных ОФ являются технологии: для крупных классов – обогащение в тяжелых средах (ТС), для мелких – отсадка (О), для шламов – гидроциклоны (ГЦ), в некоторых случаях флотация (Ф).

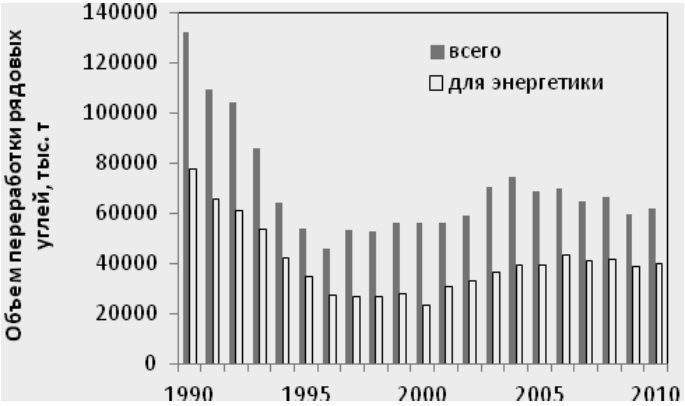

Рис. 4. Динамика переработки рядовых углей на ОФ Украины

Таблица 3.
Негосударственные ОФ, обогащающие угли для энергетики

ОФ	Собственник	Марка	Производств. мощность, млн т/г.	Технология обогащения
Октябрьская	ДТЭК	Г, ДГ	2,4	ТС, О, Ф
Добропольская		Г, ДГ	3,5	О, Ф
Кураховская		Г, ДГ	2,3	ТС, О
Моспинская		Т, Г, ДГ	2,0	ТС, О
Павлоградская		Г, ДГ	5,25	ТС, О
Ровеньковская		А	1,5	О
Вахрушевская		А	1,5	О
Комендантская		А	6,1	ТС, О, ГЦ
Свердловская		А	6,8	ТС, О, ГЦ
Краснопартизанская		А	1,6	ТС, О
Центросоюз		А	1,5	ТС, О
Углегорская	самост.	П	1,9	О
Краснолучская	самост.	А	1,2	О
Яновская	самост.	П	1,2	О
Михайловская	ЗАО «Луганская угольная компания»	Г, ДГ	1,5	О, Ф
Белореченская		Г, ДГ	2,4	О, Ф
Нагольчанская		А	3,0	ТС, О, Ф
Криворожская		Г, ДГ	2,0	О, Ф
Луганская		Г, ДГ	3,15	ТС, О, ГЦ
Червоноградская	самост.	Г, ДГ, Ж	9,6	ТС, О
Комсомольская	Ассоциация ДРФЦ	Г, ДГ, Д	4,5	ТС, О, Ф
Украина		Г, ДГ	2,25	ТС, О
Россия		Г, ДГ	1,8	ТС, О
Красная Звезда		А	3,5	ТС, О
Всего			72,4	-

На рис. 4 показана динамика объемов переработки по рядовому углю, в том числе энергетическому. В настоящее время обогащается 77-78% добываемых энергетических углей, выход продуктов обогащения со средней зольностью около 20% составляет примерно 62%. Остальные угли поставляются с отдельных шахт («Комсомолец Донбасса», «Белореченская», «Садовая», «Надия» и др.) в рядовом виде

с зольностью 23-30%, удовлетворяющей требования котлоагрегатов. В результате средняя зольность A^d использованных на ТЭС углей, по данным отчетности электростанций по форме 3-тех-ТЭС за 2012 г., составила по газовой группе 24,5% (кроме Кураховской ТЭС, сжигающей промпродукт с зольностью 37%), по антрациту и тощему углю 23,0%.

Такая структура поставок топлива близка к оптимальной. Во-первых, она позволяет для части углей, минующих ОФ, исключить затраты на обогащение (70-100 грн./т рядового угля с НДС), до половины которых приходится на промежуточный транспорт между шахтами и ОФ. Во-вторых, для этой же части углей исключаются потери горючей массы с отходами обогащения. В общем случае отношение выхода углерода с отходами $G_{C(отх)}$ к количеству углерода в исходном угле $G_{C(исх)}$ при зольности на сухую массу исходного угля, продукта и отходов обогащения соответственно $A^d_{исх}$, $A^d_{прод}$ и $A^d_{отх}$ может быть рассчитано по формуле, полученной из баланса зольной и горючей части в продуктах и отходах [6, 7]:

$$G_{C(отх)}/G_{C(исх)} = ((A^d_{исх}-A^d_{прод})\times(1-A^d_{отх}))/((A^d_{отх}-A^d_{прод})\times(1-A^d_{исх})). \qquad (1)$$

Учитывая, что зольность исходного угля составляет 41%, средняя зольность отходов при существующих технологиях обогащения - 77%, а средняя зольность продуктов – 20%, потери горючей массы с отходами обогащения можно оценить в 14,3%. Это довольно большая величина, однако если учесть, что обогащение позволяет исключить подсветку факела природным газом, цена которого в пересчете на условное топливо втрое превышает цену угля, такие потери можно считать приемлемыми.

Баланс производства и потребления украинских энергетических углей

Баланс годовых объемов производства и потребления энергетической угольной продукции в Украине (табл. 4) составлен следующим образом. Добыча рядовых углей энергетических марок приведена по данным ГП «УкрНИИуглеобогащение» [8, 9]. К маркам газовой группы отнесены также несколько сот тысяч тонн углей марок Д и Ж, направляемых в энергетику. Объем переработки и выпуск продуктов обогащения в 2010 г. принят по фактическим данным [8], по остальным годам – с учетом сложившегося к 2011 г. выходу продуктов обогащения 61% для углей газовой группы, 65% для антрацита и тощего угля. Общий объем угольной продукции определялся как сумма выпуска продуктов обогащения и объема не переработанного на ОФ рядового угля. Экспорт, импорт и поступление углей с незарегистрированных «копанок» не учитывались.

Таблица 4.
Баланс внутреннего рынка энергетического угля в 2010-2012 гг. по видам поступления и использования

Объем, тыс. т		2010 р.			2011 р.			2012 р.		
		ДГ+Г	А+Т	Всего	ДГ+Г	А+Т	Всего	ДГ+Г	А+Т	Всего
Поступление угольной продукции, тыс. т										
Добыча энергетических углей		27276	25126	52402	29615	28834	58449	28763	31600	60363
Переработка углей на ОФ		20692	19304	39996	22500	22150	44650	21860	24016	45876
Выпуск продуктов обогащения		12420	12450	24870	13700	14300	28000	13335	15610	28902
Рядовые угли, не переработанные на ОФ		6584	5822	12406	7115	6684	13799	6903	7584	14487
Всего угольной продукции		19004	18272	37276	20815	20984	41799	20238	23194	43389
Использование угольной продукции на ТЭС, тыс. т										
Генерирующие компании	«Востокэнерго»	6644	2801	9445	6903	2659	9562	6053	2747	8800
	«Днепроэнерго»	2402	4790	7192	2293	5439	7732	2166	5737	7903
	«Западэнерго»	5846	-	5846	7209	-	7209	8091	-	8091
	«Центрэнерго»	2277	4833	7110	2021	5344	7365	2596	5704	8300
	«Донбассэнерго»	-	3320	3320	-	4670	4670	-	4378	4378
Всего		17169	15744	32913	18425	18113	36538	18906	18565	37471
Доля энергетической угольной продукции, использованная на ТЭС		0,90	0,86	0,88	0,89	0,86	0,87	0,93	0,80	0,86

Анализ данных табл. 4 показывает, что за последние годы возрастало как производство угольной продукции, так и ее потребление на ТЭС. Опережение роста производства по антрациту в 2012 г. связано, скорее всего, с регистрацией и учетом в статистике добычи значительной части малых угольных предприятий. В целом же доля использования украинских энергетических углей на ТЭС стабилизировалась на уровне 86%, остальное поступает на ТЭЦ, в котельные, на бытовые нужды и в небольших объемах идет на экспорт [4]. Учитывая, что существенное увеличение экспорта затруднительно в силу высокой себестоимости добычи углей в Украине [3], а увеличение использования углей газовой группы в коксохимии ограничивается недостаточным качеством получаемого из них кокса [10], можно заключить, что перспективы роста угледобычи прямо связаны как с развитием энергогенерирующих мощностей, так и с созданием новых производств на основе энергетических углей.

Перспективные технологии для угольной энергетики и энерготехнологических производств. Требования к качеству угля для новых технологий его термической переработки

Авария на Углегорской ТЭС 29.03.2013 усложнила баланс между производством и потреблением энергетических углей газовой группы. В настоящее время достигнуто соглашение между Минэнергоугля Украины и группой компаний ДТЭК, куда входят все 6 ТЭС, работающие на этих углях, о дополнительном использовании 2,5 млн углей марок Г и ДГ в течение ближайшего года. Это будет достигнуто за счет более полной загрузки энергоблоков и переноса планов их реконструкции.

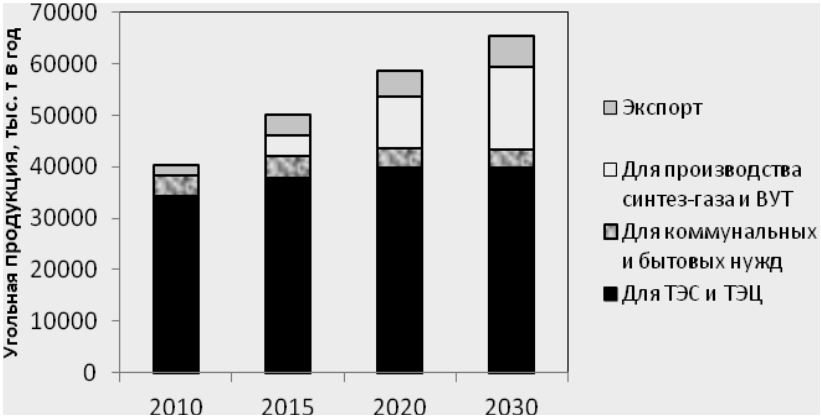

Рис. 5. Прогноз динамики потребления угольной продукции по областям применения [1]

Однако после восстановления Углегорской ТЭС первоочередной задачей вновь станет реконструкция и замена существующих котлоагрегатов, большинство из которых отработало более 250 тыс. часов. Анализ прогнозных данных, приведенных в проекте «Программы развития угольной промышленности до 2030 г.» [1], показывает, что энергогенерирующие компании планируют не наращивать, а замещать имеющиеся мощности ТЭС и ТЭЦ, вследствие чего объем потребления угольной продукции в энергетике возрастет незначительно (рис. 5). С другой стороны, ее качественные показатели будут изменяться в зависимости от внедряемых технологий.

При реконструкции пылеугольных котлов сохраняются технология сжигания и, соответственно, требования к топливу: зольность от 20-23% для углей марок А и Т до 23-25% для углей газовой группы, которую вполне обеспечивают существующие ОФ. Замена котлов сопряжена с внедрением современных технологий сжигания. Сегодня наибольшее развитие и распространение в мире получили пылеугольные энергоблоки с твердым шлакоудалением и системами серо- и азотоочистки дымовых газов, рассчитанные на зольность угля менее 14%, КПД которых благодаря повышенным параметрам пара достигает 44%, а также ЦКС-энергоблоки с КПД около 40%, с низкой генерацией оксидов азота и внутритопочным связыванием серы известняком. Котлоагрегаты последних значительно менее требовательны к зольности и могут быть рассчитаны даже на использование отходов углеобогащения с зольностью более 50%.

Для анализа возможности топливообеспечения новых пылеугольных энергоблоков надо учесть, что основную часть энергетической угольной продукции составляют мелкие классы, которые обогащают главным образом отсадкой. При применяемой в Украине двухпродуктной схеме отсадки (концентрат и отходы) снижение зольности концентрата сопряжено с увеличением содержания углерода в отходах как минимум до 25%. Расчет по формуле (1) показывает, что при зольности продукта 10-12% потери горючей массы с отходами обогащения превысят 20%. Вряд ли можно считать приемлемой ситуацию, когда значительная часть прироста КПД энергоблоков «съедается» увеличением потерь при топливоподготовке. Другим негативным фактором является значительный рост цены угольного концентрата при снижении его зольности.

Низкую стоимость необогащенных углей и отходов обогащения считают основным преимуществом технологии ЦКС, обеспечивающим окупаемость их строительства. Однако опыт эксплуатации ЦКС-энергоблока 210 МВт Старобешевской ТЭС показывает, что в случае использования, например, антрацитовых шламов, вынутых из накопителей экскаваторным методом, существенно возрастают эксплуатацион-

ные затраты, связанные с топливоподготовкой. В целом, использование на ЦКС-энергоблоках угольных отходов более целесообразно при дефиците, а не при сложившемся на сегодня профиците энергетических углей.

Решение может быть найдено в комплексном подходе к проблеме топливообеспечения технологий с различными требованиями к качеству. Например, возможен перевод двухпродуктной схемы на выдачу двух продуктов с зольностью 10-12% для пылевидного сжигания (выход по условному топливу 35%) и с зольностью 50% для сжигания в ЦКС (выход по условному топливу 65%), который не требует существенного переоборудования ОФ и вообще не дает потерь горючей массы с отходами. В этом случае в новом строительстве доля мощностей пылеугольных и ЦКС-энергоблоков должна соотноситься примерно 1:2. Более широкие возможности для регулирования соотношения выхода продукции для пылеугольных и ЦКС-энергоблоков дает трехпродуктная схема (концентрат, промпродукт и отходы), которая также может быть реализована на существующем оборудовании ОФ и позволяет повысить зольность отходов как минимум до 80%. При зольности концентрата для пылевидного сжигания 10-12% и промпродукта для сжигания в ЦКС 50% соотношение выхода продуктов по условному топливу, а следовательно, доли мощностей пылеугольных и ЦКС-энергоблоков, может быть отрегулировано в широком диапазоне, например, 1:1 (потери горючей массы 2,3%), 2:1 (потери горючей массы 4,7%) или даже 6:1 (потери горючей массы 7,0%).

Для распространенных в мире технологий газификации наиболее приемлемыми являются угли газовой группы (Г, ДГ) с такой же зольностью, как требуется для современных пылеугольных энергоблоков, поэтому все вышесказанное справедливо и для случая сооружения заводов по производству синтез-газа: для снижения потерь горючей массы при обогащении оно должно сопровождаться переходом на трехпродуктную схему и сооружением мощностей ЦКС-энергоблоков для утилизации промпродукта. Так, газификационное производство производительностью по углю 4 млн т в год при установленных потерях горючей массы при обогащении не более 7% должно сопровождаться строительством как минимум одного ЦКС-энергоблока мощностью 300 МВт. Возможность использования для газификации высокосернистых днепровских бурых углей должна рассматриваться с учетом капитальных и эксплуатационных затрат на сероочистку синтез-газа.

Что касается водоугольного топлива (ВУТ), в работе [4] было обосновано, что его использование на энергоблоках ТЭС нецелесообразно, а для котлов малой и средней мощности ТЭЦ и котельных сопряжено с целым рядом технических ограничений. Учитывая также рост потерь горючей массы при традиционном обогащении угля для ВУТ до золь-

ности менее 8%, к планам его производства следует относиться очень осторожно, по крайней мере, до накопления опыта промышленной эксплуатации ВУТ на котлоагрегатах.

Выводы

За последние 2 года благодаря увеличению доли негосударственных угольных предприятий и обогатительных фабрик дефицит энергетических углей сменился их профицитом, при этом качество в поставках на ТЭС, которые потребляют 86% энергетической угольной продукции, вполне удовлетворяет эксплуатационные требования существующих пылеугольных котлоагрегатов. Условием дальнейшего развития угольной отрасли является внедрение новых технологий сжигания на энергоблоках ТЭС и строительство новых производств по переработке угля, в первую очередь заводов по производству синтез-газа. Учитывая сложности при сжигании на ЦКС-энергоблоках отходов углеобогащения, в условиях профицита угля следует признать целесообразным их проектирование на сжигание не накопленных отходов, а промпродукта, который требует значительно меньших усилий по подготовке к сжиганию. Переход на трехпродуктные схемы обогащения даст возможность регулируемого топливообеспечения как ЦКС-энергоблоков, так и новых пылеугольных, а также заводов по производству синтез-газа, требующих уровень зольности топлива существенно меньший, чем поступает на существующие пылеугольные ТЭС, с одновременным снижением потерь горючей массы с отходами обогащения.

Литература

1. Проект «Стратегії та Програми розвитку вугільної промисловості до 2030 р.»: повідомлення про громадське обговорення на офіційному сайті Міненерговугілля України. http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=229386&cat_id=200576

   The Project of «Strategy and Program of coal mining development up to 2030»: notice of public hearings on the official website of Power and Coal Ministry of Ukraine. http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=229386&cat_id=200576

2. Майстренко А.Ю., Чернявский Н.В. Влияние качества угля на эффективность его пылевидного сжигания на ТЭС Украины // Энергохозяйство за рубежом. – 2011. - № 5. – С. 23-28.

   Maystrenko A.Yu., Chernyavsky N.V. Influence of coal quality on the effectiveness of its pulverized combustion at power plants in Ukraine // Energohoziaystvo za rubezhom. – 2011. - № 5. – P. 23-28.

3. Майстренко А.Ю., Чернявский Н.В. Состояние и перспективы развития твердотопливной базы ТЭС Украины // Современная наука: Сб. научн. статей. – НПВК «Триакон», 2011. – №3(8). – С. 46-52.

Maystrenko A.Yu., Chernyavsky N.V. Status and prospects of the development of solid-fuel power plants in Ukraine // Modern Science: Collection of Research Papers. – 2011. – №3(8). – P. 46-52.

4. Чернявский Н.В. О перспективах и особенностях использования угля в промышленности и коммунальной энергетике // В сб.: Современная наука. – 2012. - № 1(9). – С.80-88.

Chernyavsky N.V. On the prospects of the features and use of coal in industry and municipal energy sector // Modern Science: Collection of Research Papers. – 2012. - № 1(9). – С.80-88.

5. Курченко И.П., Филиппенко Ю.Н. Состояние и перспективы развития углеобогащения в Украине // Збагачення корисних копалин: науково-технічний збірник. – Дніпропетровськ, Нац. гірн. університет, 2008. – Вип. 33 (74).– с. 30–37.

Kurchenko I.P., Filippenko Yu.N. Status and prospects of coal preparation in Ukraine // Zbagachennya kopysnyh kopalyn. – 2008. – Is. 33(74). – P. 30–37.

6. Синякевич Б.Г., Чернявский Н.В. Энергетический уголь Украины: соотношение цены и качества // Энергетика и электрификация. – 2004. - №12. - С.37-40.

Sinyakevich B.G., Chernyavsky N.V. Steam Coal of Ukraine: value for money // Energetika i electrifikatsiya. – 2004. - №12. - P.37-40.

7. Чернявский Н.В. Влияние обогащения энергетических углей на их калорийность и эффективность сжигания на тепловых электростанциях // Збагачення корисних копалин: науково-технічний збірник. – Дніпропетровськ, Нац. гірн. університет. - 2012. – Вип. 49(90). – С.10-22.

Chernyavsky N.V. Influence of thermal coal enrichment on their heat value and combustion efficiency of thermal power plants // Zbagachennya kopysnyh kopalyn. - 2012. – Is. 49(90). – P.10-22.

8. Довідник показників якості, обсягу видобутку вугілля та випуску продуктів збагачення у 2011 р. / П. Т. Скляр, О. А. Золотко, Ю. М. Філіппенко та ін. – Луганськ: ТК 92 „Вугілля та продукти його перероблення”, УкрНДІвуглезбагачення, 2011. – 68 с.

Dovidnik pokaznikiv yakosti, obsyagu vidobutku vugillya ta vipusku produktiv zbagachennya u 2011 / P.T. Sklar, O.A. Zolotko, Yu.M.

Filippenko et al. – Luhansk: TC 92 «Vugillya ta produkti yogo pereroblennya», DP "UkrNDIvuglezbagachennya", 2011. – 68 p.

9. Довідник показників якості та обсягу видобутку вугілля у 2013 р. / П. Т. Скляр, О. А. Золотко, Ю. М. Філіппенко та ін. – Луганськ: ТК 92 „Вугілля та продукти його перероблення", УкрНДІвуглезбагачення, 2013. – 33 с.

Dovidnik pokaznikiv yakosti ta obsyagu vidobutku vugillya u 2013 / P.T. Sklar, O.A. Zolotko, Yu.M. Filippenko et al. – Luhansk: TC 92 «Vugillya ta produkti yogo pereroblennya», DP "UkrNDIvuglezbagachennya", 2013. – 33 p.

10. Старовойт А.Г. Проблемы и перспективы украинской коксохимии // Теория и практика производства чугуна. - Кривой Рог. - 2004. - С.111-122.

Starovoit A.G. Problems and prospects of Ukrainian coking industry / / Theoriya i and practika proizvodstva chuguna. - Krivoy Rog. - 2004. - C.111-122.

Рукопись поступила 20.05.2013 г.