

НАУКОВІ ОСНОВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ПОЛІТИКИ

УДК 622.23.002.5

В.М. МАКАРОВ, М.О. ПЕРОВ

Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ

ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИДОБУТКУ І ПЕРЕРОБЦІ ВУГІЛЛЯ

Проведено аналіз енергоефективності процесів видобутку і переробки вугілля. Визначено заходи по скороченню енергоспоживання видобувними і переробними підприємствами вугільної галузі. Розраховано обсяги заощадження електроенергії в технологічних процесах видобутку і збагачення вугілля.

Ключові слова: вугілля, видобуток, збагачення, енергоспоживання, потенціал, енергозбереження.

Вугільна галузь є не тільки одним з основних виробників і постачальників палива на внутрішній ринок України, а й споживачем паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). За статистичними даними Мінвуглепрому за 2006 рік вугільна промисловість спожила на виробничі потреби близько 3,7 млн т у. п. ПЕР, з них 83,4% – електроенергії (близько 7,8 млрд кВт · год), 14,0% – теплоенергії (близько 3,2 млн Гкал), 2,6% – котельно-пічного палива на кінцеве споживання (близько 0,1 млн т у. п.). Близько 90% паливно-енергетичних ресурсів використовуються безпосередньо на видобуток вугілля, решта – на його збагачення (9,0%) і виробництво вугільних брикетів (1,0%). Близько 81,5% електроенергії (6,36 млрд кВт · год) використовується на видобуток вугілля, 5,4% (0,42 млрд кВт · год) – на збагачення і близько 0,1% (0,004 млрд кВт · год) – на виробництво буровугільних брикетів.

У середньому по шахтах за проведеними розрахунками і даними літературних джерел [1–4] витрати електроенергії за 2006 рік між технологічними процесами розподілені таким чином. На очисні роботи припадає 10% спожитої електроенергії, на підготовчі роботи – 11%, на підземний транспорт – 12%, на підйом вугілля, породи, людей, матеріалів – 11%, на компресорні установки – 10%, на вентиляцію і дегазацію – 21%, на водовідлив – 19%, інші

(технологічний комплекс поверхні, майстерні) – близько 6%.

Енергетична ефективність роботи вугільних шахт, як показує досвід, залежить не тільки від складності гірничо-геологічних умов, а й від технологічних характеристик: величини виробничої потужності, рівня її використання, техніки та технологій, що застосовуються у вуглевидобуванні.

Мета статті – визначення потенціалу енергозбереження в технологічних процесах видобутку і переробки вугілля.

Загальні обсяги споживання електроенергії по шахтах і, відповідно, гірничо-шахтне обладнання, можна розділити на дві групи. До першої групи необхідно віднести обладнання з обсягами споживання електроенергії, які не залежать безпосередньо від обсягів видобутку вугілля. До такого обладнання відносяться водовідливні, вентиляторні, дегазаційні установки, прилади та устаткування допоміжних цехів тощо. Ці витрати електроенергії можна вважати умовно-постійними, що формуються у допоміжних технологічних процесах, спрямованих на створення необхідних і безпечних умов праці в шахтах. Сумарно на них припадає близько 40–50% загальних витрат електроенергії на шахтах, що в значній мірі впливає на енергоефективність вуглевидобутку.

Друга група – обладнання (комбайни, конвеєри, підйомні установки, скрепери, навантажувальні машини тощо) з обсягами витрат елек-

© В.М. МАКАРОВ, М.О. ПЕРОВ, 2012

троенергії, які безпосередньо залежать від обсягів видобутку вугілля. Величина питомих умовно-постійних витрат електроенергії зменшується з підвищенням обсягів видобутку і підвищується при зменшенні видобутку. Відповідно збільшення обсягів видобутку вугілля тим більше буде впливати на питомі витрати електроенергії, чим більша питома вага умовно-постійних витрат (тобто витрат, які припадають на обладнання першої групи) у загальних витратах.

На витрати електроенергії впливають також стан обладнання і режим його експлуатації. Несправність обладнання, неякісний ремонт, неповне завантаження призводять до підвищеної витрати електроенергії.

Таким чином, збільшення або зменшення обсягів видобутку, своєчасний і належний

ремонт обладнання, оптимальність режиму експлуатації є основними факторами, які забезпечують зменшення питомих витрат електроенергії.

Проведені авторами аналіз та оцінка потенціалу енергозбереження показали, що під час видобутку вугілля економія електроенергії може становити близько 25%, загальна економія електроенергії по основних процесах на збагачувальних фабриках Міненерговугілля може становити 19%, у тому числі по фабриках з переробки енергетичного вугілля – 17%, коксівного вугілля – 20%. Сумарні резерви економії електроенергії у вугільній промисловості наведено в табл. 1.

Основні резерви економії електроенергії зосереджені у таких технологічних ланках:

Таблиця 1 – Резерви економії електроенергії у вугільній промисловості

Показник	Обсяг споживання електроенергії		Можлива економія електроенергії	
	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%
Видобуток вугілля в тому числі:	6360	100	1560	25
очисні роботи	640	10	40	6
підготовчі роботи	700	11	35	5
підземний транспорт	750	12	190	25
підйом	690	11	0	0
компресорні установки	680	10	290	40
вентиляція	1246	20	510	40
дегазація	64	1	0	0
водовідлив	1210	19	495	40
технологічний комплекс поверхні	380	6	0	0
Збагачення вугілля в тому числі:	421	100	80	19
вуглепідготовка	116	27	12	10
класифікація	11	3	3	27
сепарація	6	1	0	0
збезднення попереднє	24	6	6	25
регенерація	7	2	4	56
відсадка	49	12	25	51
флотація	66	15	22	33
згущування	11	3	0	0
подрібнення	46	11	0	0
відсадка контрольна	9	2	4	46
збезднення кінцеве	48	11	0	0
сушіння	28	7	4	14

водовідливі – близько 40% за рахунок зменшення втрат в насосах і трубопроводах; виробництві пневматичної енергії – близько 40% за рахунок переходу на електричне живлення, використання компресорів з меншим тиском, установки компресорів безпосередньо у підземних виробках; вентиляції – близько 40% за рахунок використання сучасних вентиляторів; підземному транспорту – близько 25% за рахунок скорочення роботи вхолосту. Безпосередньо на очисних і підготовчих роботах потенціал енергозбереження за рахунок застосування техніки нового технічного рівня, скорочення кількості очисних вибоїв і скорочення обсягів прохідницьких робіт невеликий (близько 5–6%), проте завдяки більшій продуктивності і збільшенню обсягів видобутку вугілля під час використання нового обладнання порівняно з існуючим, питомі витрати електроенергії на видобуток вугілля в цілому по шахті будуть зменшуватись, бо частка умовно-постійних витрат електроенергії теж буде зменшуватись.

Для впровадження енергоефективних технологій вуглевидобування на шахтах України необхідно замінити застарілі типи механізованих кріплень, комбайнів і конвеєрів, а також замінити індивідуальне кріплення на механізовані комплекси нового технічного рівня [5].

Для створення нормальних і безпечних робіт на шахтах потребує оновлення і стаціонарне обладнання. На шахтах експлуатується 468 вертикальних стволів і копрових споруд, 1125 шахтних підйомних машин; 619 вентиляторів головного провітрювання; 324 стаціонарних компресора; більше 20 тис. одиниць основного електрообладнання; парк електро-возів налічує 1400 одиниць; задіяно 498 водовідливних установок, які оснащені 1800 насосними агрегатами. Парк цього обладнання більш ніж на 70% вичерпав встановлений ресурс.

В цілому на шахтах потребують негайної заміни 328 підйомних машин (28% парку), 245 (39%) вентиляторів головного провітрювання, 126 (39%) компресорів продуктивністю 100–500 м³/хв. Стан більшості насосних водовідливних комплексів незадовільний; 68% шахт не мають проектної кількості насосних агрегатів; трубопроводи і водозбірники не мають достатньої пропускної спроможності; ККД насосів низький: 0,5–0,55 при конструктивній

величині – 0,67–0,77. Необхідно доукомплектувати 430 (24%) діючих водовідливних установок насосними агрегатами; замінити 160 (9%) насосних агрегатів, більше 10 тис. т водовідливних трубопроводів, у першу чергу, в вертикальних стволах шахт. Потребують негайної заміни 19,5 тис. т водовідливних, повітряних та проти-пожежних трубопроводів; 7 тис. т підйомних канатів, а також 21 тис. одиниць різного електротехнічного і енергетичного обладнання [6].

Ці заходи дадуть можливість отримати підвищення обсягу видобутку вугілля в 2012 році до 82 млн т і зменшення питомих витрат електроенергії видобувними дільницями в 1,2 – 1,3 раза та в цілому по шахті в 1,2 раза при обсязі споживання електроенергії 5480 млн кВт · год проти 6360 млн кВт · год в 2006 році.

У подальшому за рахунок оновлення шахтного фонду і введення нових потужностей можливо довести обсяги видобутку до 115 млн т в 2020 році при зменшенні питомих витрат електроенергії в цілому по шахті в 1,6 раза.

Прогноз обсягів споживання і питомих витрат електроенергії при видобуванні вугілля до 2020 року наведено в табл. 2. Розрахунки виконано згідно з прогнозними обсягами видобутку вугілля на 2012 рік і обсягами видобутку вугілля, розрахованими в пропозиціях щодо уточнення Енергетичної стратегії України до 2030 року.

Аналізуючи перспективу обсягів споживання електроенергії видно, що протягом 2006–2020 років змінюється їх структура. Зокрема, завдяки застосуванню високопродуктивних технологій з використанням техніки НТР на очисних і прохідницьких роботах, підвищуються обсяги споживання електроенергії на цих ділянках з 10–11% в 2006 році до 13–14% в 2020 році. Підвищується споживання електроенергії підземним транспортом і підйомними установками на 3% по кожній ділянці за рахунок підвищення обсягів транспортування і скорочення роботи вхолосту. На 2% скорочується споживання електроенергії компресорними установками за рахунок скорочення обсягів видобутку відбійними молотками, установки компресорів безпосередньо у підземних виробках, переходу на електричне живлення.

Зменшується частка умовно-постійних витрат з 46% в 2006 році до 36% в 2020 році. Зокрема, за рахунок використання сучасних вентиляторів і оптимізації схем провітрювання

Таблиця 2 – Прогноз обсягів споживання і питомих витрат електроенергії при видобутку вугілля

Показник	2006	2012	2015	2020
Видобуток вугілля, млн т	80,3	82,0	87,0	115,0
Питомі витрати електроенергії, кВт·год/т	79,2	66,8	53,8	50,2
Обсяг споживання електроенергії, млн кВт·год % в тому числі	6360 100	5480 100	4680 100	5770 100
очисні роботи	640 10	600 11	560 12	750 13
підготовчі роботи	700 11	660 12	640 14	825 14
підземний транспорт	750 12	670 12	650 14	880 15
підйом	690 11	650 12	610 13	830 14
компресорні установки	680 10	550 10	450 9	450 8
вентиляція і дегазація	1310 21	1040 19	740 16	850 15
водовідлив	1210 19	990 18	700 15	800 14
технологічний комплекс поверхні	380 6	320 6	330 7	385 7

зменшується на 6% споживання електроенергії вентиляційними і дегазаційними установками. За рахунок зменшення втрат в насосах і трубопроводах на 5% зменшується споживання електроенергії водовідливними установками. Споживання електроенергії технологічним комплексом поверхні знаходиться на рівні 6–7%.

Структуру прогнозних обсягів споживання електроенергії по шахтах на період до 2020 року наведено на рис. 1.

Обсяги заощадження електроенергії при видобутку вугілля порівняно з базовим 2006 роком наведено на рис. 2. Сумарні обсяги заощадження електроенергії за період 2006–2020 років можуть становити близько 12,7 млрд кВт·год, що в грошовому еквівален-

ті (в цінах 2011 року) дорівнює 9,7 млрд грн.

Під час визначення обсягів заощадження енергоресурсів переробних підприємств необхідно звернути увагу на таке.

У процесі формування фонду збагачувальних фабрик змінювались показники якості і збагачуваності видобутого вугілля, вимоги до асортименту і якості продуктів збагачення, модернізувались та скасовувались різні технологічні операції та збагачувальні апарати. Ці обставини вплинули на формування структури і характеристики технологічних схем, які носять суто індивідуальний характер, незважаючи на наявність окремих характерних ознак і типових локальних рішень. Таким чином, стало неможливим об'єднати в загальну

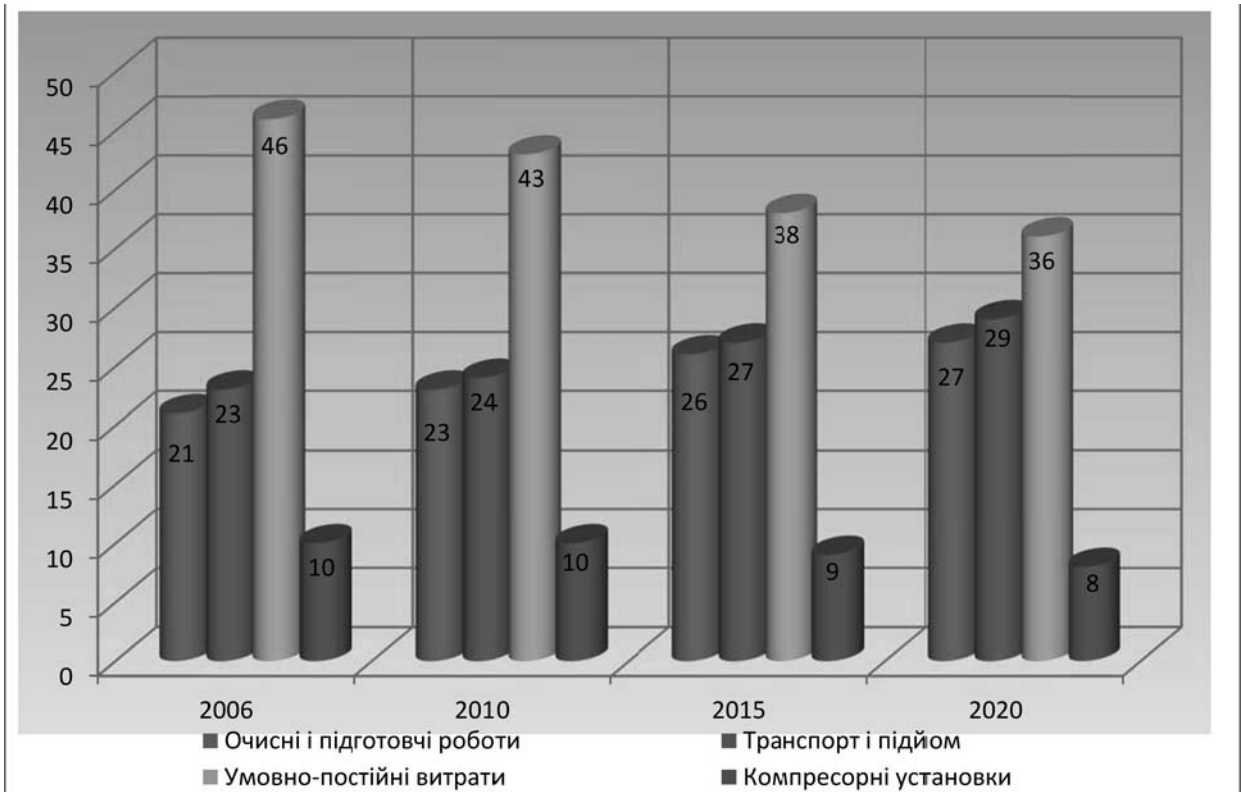


Рис. 1. Структура споживання електроенергії на шахтах, %

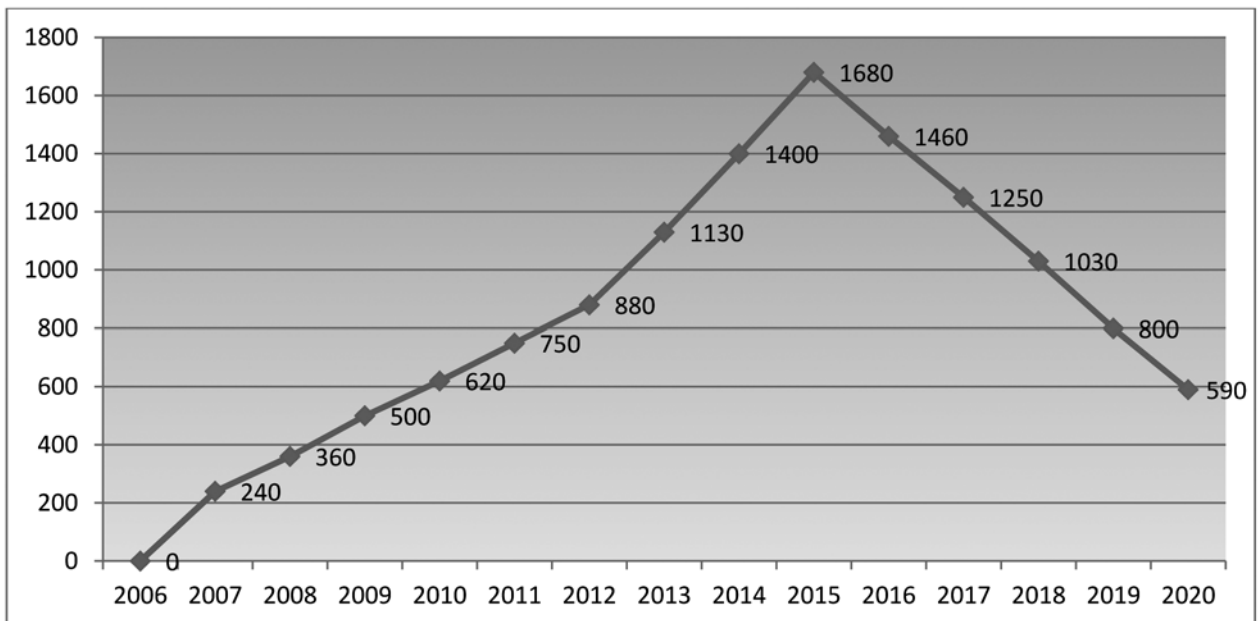


Рис. 2. Обсяги заощадження електроенергії на шахтах, млн кВт · год

схему всі діючі схеми фабрик і вичерпно охарактеризувати кожну з них.

При розробці норм (регламенти фабрик та їх паспортизація і досі знаходиться на стадії розробки), а також в ході аналізу прогнозних пито-

мих витрат електроенергії необхідно виявити і кількісно визначити фактори, які впливають на їх величину. Ці фактори поділяються на дві групи: незалежні і залежні від організації роботи виробничого персоналу. Загальними факто-

Таблиця 3 – Прогноз обсягів заощадження енергоресурсів при збагаченні вугілля

Підприємства	Марка вугілля	Вугледготовка	Мокра класифікація	Збезводнення попереднє	Регенерація	Відсадка	Флотажія	Сушіння	Відсадка контрольна	2010 рік	2015 рік	2020 рік
Перша група												
ЗФ Київська	Ж	551	82	370		1646	502			3152		2237
ЦЗФ Добропільська	Г, ДГ	543	75	430		1641	499			3188		2984
ГЗФ Вахрушевська	А	322	71	143	54	482				1072		700
ЦЗФ Октябрська	Г, ДГ	353	73	79	63	527	659	63		1818		2015
ЦЗФ Чумаківська	ПС, П, К	450	98	67	74	675	841	92	344	2651		2523
ГЗФ Ровеньківська	А	219	47	95		325				685		678
ГЗФ Червонопартизанська	Л	220	23	102	39	338				722		748
Економія 2010 р.		2668	469	1286	230	5634	2501	155	344	13287		
Економія 2015 р.		1592	279	767	137	3363	1464	92	229		7923	
Економія 2020 р.		2389	419	1151	205	5044	2232	138	307			11885
Друга група												
ГЗФ Самсонівська	Ж	358	75	164		557	324			1478		1735
ЦЗФ ш. Краснолиманська	Г, Ж	294	70	46	62	480	600	54		1607		2423
ГЗФ "Центроспілка"	А	140	14	63	23	208				447		578
ЦЗФ Пролетарська	К, Ж, ПС	232	34	156		706	211		173	1512		2091
ЦЗФ Комендантська	Л	444	158	94	149	657	406	154		2062		2821
ЦЗФ Дзержинська	Ж, ПС, К	230	13	227		347	210			1195		2091
ЦЗФ Білоріченська	ДГ, Г	181	27	123		548	165		135	1180		2290
ЦЗФ Криворізька	К, Г	144	20	98		443	102		108	916		1630
ЦЗФ Нагольчанська	А	210	14	45	34	314	195	14		825		2290
ЦЗФ Свердловська	Л	272	96	56	93	401	850	93		1259		2383
ЦЗФ Луганська	Г	187	67	39	65	274	171	32		834		4228
Економія 2010 р.		2692	588	1111	426	4935	2634	347	583	13316		
Економія 2015 р.		3309	722	1367	523	6071	3238	426	717		16373	
Економія 2020 р.		4964	1084	2049	785	9107	4857	639	1075			24560
Третя група												
ЦЗФ Колосниковська	К, Ж, ПС	191	30	125		573	173			1092		1069
ЗФ Трунівська	Д	87	18	119		131				356		882
ЗФ Піонер	ДГ	86	17	38		130				271		461
ЦЗФ Дуванська	Ж	81	12	54		245	112		61	564		2004
ЦЗФ Донецька	Л	31	7	14		47				99		625
ЦЗФ Міусинська	А	23	3	10	4	37				77		526
ЦЗФ ім. газ. "Ізвестія"	Л	23	5	10		36				85		473
ГЗФ Привільнянська	Д	6	1	8		9				24		713
ЗФ Челюскінців	ДГ	12	3	1	2		6			12		671
ЦЗФ Слов'янська	Г, ДГ	20	2	18		30				68		1180
ЦЗФ "Маяк"	П, А	4	1	4	1	15				31		631
ЦЗФ Горлівська	К, Ж	15	1	7		21	14		11	68		934
ГЗФ Новопавлівська	А	5	1	3	1	8				18		426
ГЗФ Гірська	Г	3	1	2		5				10		560
ЦЗФ Шахтарська	Л	41	8	19		63				131		1092
ЦЗФ Постніківська	Л	28	6	13		42				89		543
ЦЗФ Горезька	А	4	1	2		5				13		625
ГЗФ Партизанська	А	1	0,1	0,4	0,1	1,5				3		444
ГЗФ "Червона Зірка"	А	11	4	2	4	16	10	2		49		1664
Економія 2010 р.		672	121	449	12,1	1414	315	2	72	3058,1		
Економія 2015 р.		2274	410	1521	40	4787	1065	8	243		10348	
Економія 2020 р.		3411	615	2281	61	7180	1598	12	365			15523
Разом 2010 р.		6032	1178	2846	668	11983	5450	504	999	29660		
Разом 2015 р.		7175	1411	3655	700	14221	5767	526	1189		34644	
Разом 2020 р.		10764	2118	5481	1051	21331	8687	789	1747			51968

рами для всіх технологічних схем, які впливатимуть на питомі витрати електроенергії, є ступінь завантаження існуючого та прогресивного типів обладнання по потужності та продуктивності, технічний стан і режим його роботи. Серед прогресивного обладнання та технологій, що можуть бути запропоновані на вуглезбагачувальних фабриках, можна виділити такі типи: відсаджувальних машин класу ОМР та МФМ, розроблених інститутами «УкрНДІвуглезбагачення» та «Діпромашвуглезбагачення»; без приводних гідравлічних грохотів на операціях мокрої грохотіння; горизонтальних шнекових центрифуг типу «Контурбекс»; магнітних сепараторів з магнітною системою на постійних магнітах; апаратів для сепарації вугілля з гвинтовою поверхнею; спалювання у низькотемпературному киплячому шарі або збезводнення механічним способом із використанням засобів інтенсифікації; схем збагачення на операціях вуглепідготовки та підготовчої класифікації з виключенням дробарного обладнання для попереднього подрібнення; схем збагачення кам'яного вугілля до 0 мм при фіксованих рівнях виходу продуктів.

До особливих факторів виробництва, які впливатимуть на рівень питомих витрат, також відносяться якість вихідної сировини і виробленої продукції. Аналіз залежностей питомих витрат електроенергії від спожитої обладнанням потужності доводить, що збагачення енергетичного вугілля відсадкою з глибиною збагачення до 13 мм є найменш енергоємним. По мірі зниження глибини збагачення від 6 мм до 0 мм питомі витрати електроенергії зростають майже на 30%. Непропорційний розподіл потужності обладнанням фабрик та низький вихід продуктів переробки викликає зростання питомих витрат електроенергії не залежно від схеми збагачення.

Прогнозні річні обсяги переробки енергетичного вугілля до 2020 року зростатимуть на 30786 тис. т (до рівня 49970 тис. т), коксівного вугілля – на 3423 тис. т (до рівня 30500 тис. т).

Питомі витрати електроенергії на фабриках з переробки енергетичного вугілля до і після модернізації містяться в діапазонах від 2,28 до 3,28 кВт·год/т і 1,72 до 2,83 кВт·год/т, на фабриках з переробки коксівного вугілля – від 2,81 до 5,76 кВт·год/т і від 2,37 до 4,88 кВт·год/т відповідно.

Прогнозні обсяги заощадження енергоресурсів наведено в табл. 3. Доцільно розподілити збагачувальні фабрики (за наявними статистичними даними) за послідовністю модернізації та термінами окупності на три групи. До першої групи відносяться фабрики з максимальним рівнем використання встановленої потужності (7 од.), які збагачують коксівне вугілля. Дані фабрики мають досить стабільну сировинну базу і показники ефективності збагачення вищі за середні. Укрупнені оцінки термінів окупності знаходяться в межах 5–6 років.

До другої групи – з рівнем використання встановленої потужності в межах 50–85% (11 од.), переважно з переробки коксівного вугілля. Терміни окупності близько 7–8 років. До третьої групи відносяться фабрики з рівнем до 50% (19 од.), які збагачують енергетичне вугілля. Терміни окупності модернізованого обладнання наближуватимуться до 10 років. Також розвиток цієї групи стримує обмеженість території для складування відходів.

Заміну технологічного обладнання на збагачувальних фабриках можна провадити в два етапи з контрольним терміном в 2015 році.

ВИСНОВКИ

У роботі виконано теоретичне узагальнення та отримано вирішення важливої наукової техніко-економічної задачі оцінки обсягів заощадження енергоресурсів під час впровадження енергоефективних технологій у вугільній промисловості України. Проведено розрахунки можливих обсягів впровадження енергоефективних технологій та обсягів заощадження енергоресурсів до 2020 р.

У видобутку вугілля потенціал енергозбереження становить близько 25%. На збагачувальних фабриках Міненерговугілля загальна економія електроенергії по основних процесах може становити 19%.

Сумарні обсяги заощадження електроенергії при видобутку вугілля на період до 2020 р. можуть становити близько 12,7 млрд кВт·год.

Модернізація вуглезбагачувальних фабрик дозволить заощадити до 2020 р. близько 0,73 млрд кВт·год електроенергії (у тому числі 0,45 млрд кВт·год електроенергії на період 2012–2020 рр.).

1. Марков Н.А., Филиппов А.М., Череватский Д.Ю. Концепция энергосбережения в угольной промышленности Украины // Уголь Украины. – 1999. – №11. – С. 6–9.
2. Логвиненко В.И., Коваль А.Н., Чехлатый Н.А. Эффективность и безопасность электроснабжения угольных шахт // Уголь Украины. – 2004. – №4. – С. 25–29.
3. Зубарев А. И., Тупикин В.В. Опыт работы объединения Донбассантрацит по снижению энергетической мощности в часы максимума энергосистемы // Уголь Украины. – 1992. – №6. – С. 49–50.
4. Логвиненко В.И., Байсаров Л.В., Грядущий Б.А. и др. Некоторые результаты

энергоаудита шахты «Красноармейская-Западная» №1 // Уголь Украины. – 2005. – №2. – С. 19–21.

5. Макаров В.М., Перов М.О. Прогноз обсягів упровадження сучасних енергозберігаючих технологій очисних робіт у вугільних шахтах // Проблеми загальної енергетики. – 2010. – Вип. 3 (23). – С. 30–33.

6. Полтавец В.И., Грядущий Б.А., Майдуков Г.Л. Альтернативы реформирования угольной промышленности Украины // Уголь. – 2008. – №7. – С. 10–16.

Надійшла до редколегії 20.09.2012