

ОПТИМАЛЬНА СТРУКТУРА ВУГІЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ТЕС УКРАЇНИ З ВРАХУВАННЯМ ІМПОРТУ

Запропоновано математичну модель оптимізації забезпечення ТЕС вугільною продукцією з проектними теплофізичними властивостями при мінімальній вартості з врахуванням марочного складу вугільної продукції власного виробництва та імпортованої. Модель дозволяє провадити розрахунки обсягів постачання вугільної продукції необхідного типу за прогнозними показниками якості та цінами світового ринку. Проведено апробацію моделі при оптимізації постачання вугільної продукції для ТЕС, що споживають антрацитове і пісне вугілля, з врахуванням імпорту з країн далекого зарубіжжя та вугілля газової групи.

К л ю ч о в і с л о в а: вугільна продукція, марка вугілля, тепла електростанція, паливозабезпечення, математична модель, оптимізація.

На даний час та в довгостроковій перспективі головні позиції в енергобалансі України належатимуть тепловим електростанціям (ТЕС) на органічному паливі, в зв'язку з чим їх надійне паливозабезпечення і ефективне паливовикористання головним чином визначатимуть надійність і економічність роботи ТЕС, і в кінцевому рахунку – надійність енергопостачання і енергобезпеки держави. Реорганізація паливо-енергетичного комплексу (ПЕК) України в цілому торкнулась, перш за все, сфери паливозабезпечення та паливовикористання на ТЕС. В системі паливозабезпечення посилюються такі негативні тенденції, як незбалансованість і неритмічність поставок палива на ТЕС, протиріччя між підприємствами ПЕК в оцінці вартості паливних ресурсів з врахуванням їх показників якості, дефіцит енергетичного вугілля потрібних марок. У системі паливовикористання наведені вище негативні явища призвели до погіршення техніко-економічних показників ТЕС, пришвидшеного зношування обладнання, погіршення екологічної ситуації в регіоні розміщення ТЕС, росту собівартості і тарифів на електро- та теплову енергію.

© М.М. МАКОРТЕЦЬКИЙ, М.О. ПЕРОВ,
І.Ю. НОВИЦЬКИЙ, 2015

Політика паливозабезпечення енергогенеруючих компаній повинна бути спрямована на оптимізацію структури паливних балансів електростанцій, підвищення надійності їх забезпечення паливом. Підвищення частки використання вугілля в паливних балансах ТЕС за рахунок зменшення обсягів використання газу і нафти досягається шляхом системи підсвічування. Очікувані тенденції в паливозабезпеченні ТЕС, орієнтовані на підвищення ролі вугілля на ТЕС і посилення екологічних вимог, зумовлюють, по-перше – необхідність змін у технологічній структурі виробництва електроенергії, по-друге – підвищення споживчої якості вугільної продукції. Забезпечення ТЕС вугільною продукцією необхідної якості є важливим фактором покращання екологічної ситуації, яка в значній мірі потерпає внаслідок спалювання високозольного вугілля. Особливо, якщо враховувати геологічні особливості шахтопластів вітчизняних вуглевидобувних підприємств, видобуте вугілля на яких, як правило, низької якості.

Для Міненерговугілля України і НЕК «Укренерго» задачі державного регулювання діяльності підприємств енергетичної та паливної галузей, надійності паливозабезпечення і підвищення його конкурентоздатності входять

до переліку першочергових [1].

Ситуація, що склалася в ПЕК країни, а також вибір шляхів підвищення надійності та ефективності системи паливозабезпечення і паливовикористання зумовили необхідність розробки математичного апарату для вибору оптимальних шляхів і обсягів паливозабезпечення енергогенеруючих об'єктів залежно від цінового фактора конкретного виду вугільної продукції [2].

Питанням надійності забезпечення та ефективності використання паливних ресурсів на енергетичних об'єктах присвячено роботи вчених М.М. Кулика [3], А.С. Астахова, М.І. Щадова, Г.Л. Краснянського та ін.

Метою даного дослідження є проведення базових розрахунків оптимальної структури вугільної продукції власного виробництва для ТЕС з врахуванням можливих імпорتنних поставок за мінімальною вартістю, що дає практичну можливість підвищити надійність та ефективність забезпечення і використання на ТЕС вугільної продукції різної споживчої якості в умовах скорочення можливостей власного видобутку.

Ситуація у вугільній галузі склалась таким чином, що забезпечення вугільною продукцією економіки країни без залучення імпортного вугілля останнім часом стало проблематичним. Тому базу даних програмно-інформаційного комплексу (ПІК) доповнено інформацією щодо можливих поставок вугільної продукції зарубіжного походження, а саме з країн: В'єтнам, Венесуела, Казахстан, Китай, Колумбія, ПАР, Перу, Польща, Росія, США. Крім того, ПІК доповнено програмним блоком для обробки цих даних і адаптації їх до задач оптимізації поставок вугільної продукції на енергетичні підприємства України.

Загальна вартість вугільної продукції, що надходить на ТЕС, обчислюється відповідно до встановленої базової ціни на вугільну продукцію із врахуванням теплофізичних характеристик її складових, а також знижок і надбавок за транспортування і переробку на збагачувальних фабриках, яку можна виразити формулою

$$S = \sum_{k=1}^G \sum_{i=1}^{N_k} \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^L s_{ijl}^k x_{ijl}^k, \quad (1)$$

де S – загальна вартість вугільної продукції на всіх ТЕС України, грн;

G – кількість ТЕС;

N_k – кількість постачальників вугільної продукції власного виробництва та імпортованої на k -ту ТЕС;

M – кількість марок енергетичного вугілля (в тому числі відповідних марок імпортного вугілля з країн дальнього зарубіжжя) [4];

L – кількість видів вугільної продукції (рядове вугілля, що відвантажується споживачам, та продукти переробки на збагачувальних фабриках – концентрат, проміжний продукт, відсів, шлам);

s_{ijl}^k – вартість 1 т готової вугільної продукції, грн/т;

x_{ijl}^k – обсяги готової вугільної продукції, т;
 k, i, j, l – індекси ТЕС, постачальників вугільної продукції, марки вугілля, видів вугільної продукції відповідно.

Таким чином, математичну модель забезпечення ТЕС вугільною продукцією із заданими теплофізичними властивостями за мінімальну ціну можна сформулювати як

$$S = \sum_{k=1}^G \sum_{i=1}^{N_k} \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^L s_{ijl}^k x_{ijl}^k \rightarrow \min \quad (2)$$

при обмеженнях: на середньозважену калорійність запасів палива кожної ТЕС та на потенційні можливості постачальників.

Розв'язок задачі (2) забезпечує оптимальну структуру запасів палива енергогенеруючої галузі країни з допустимими параметрами якості при мінімальній вартості.

Розробка алгоритму, що реалізує цю модель, передбачає наявність показників якості вугільної продукції, які є визначальними при розрахунку ціни цієї продукції.

В табл. 1 наведена оптимальна структура палива для основних ТЕС, які споживають енергетичне вугілля марок А і П. Це результат розв'язку задачі (2), що задовольняє потреби цих ТЕС як за обсягами умовного палива, так і за його калорійністю відповідно до проектних характеристик електростанцій.

Як постачальники в задачі розглядаються лише ті підприємства, які видобувають вугілля марок, проектних для конкретних ТЕС. Для оптимізації структури вугільної продукції для ТЕС, що споживають вугілля інших енергетичних марок, в програмі, що реалізує розглянуту

Таблиця 1 – Оптимальна структура палива для основних ТЕС, які споживають енергетичне вугілля марок А і П

ТЕС	Оптимальний варіант					
	Обсяг		Теплота, ккал/кг	Вартість власної та імпортованої вугільної продукції, млн грн	Вартість власної вугільної продукції, млн грн	Зміна вартості, %
	тис.т н.п.	тис.т у.п.				
Придніпровська	2612	2200	5895	2321,795	2087,377	+11,2
Слов'янська	1001	800	5597	706,221	618,983	+14,0
Старобешівська	1871	1600	5985	1609,234	1436,150	+12,1
Трипільська	1343	1100	5732	1046,359	928,836	+12,7
Зміївська	2317	2000	6042	2239,296	2014,353	+11,2
Криворізька	3297	2400	5096	1055,199	804,657	+31,1
Луганська	1282	1000	5462	892,668	782,862	+14,0
Разом	13723	11100	5685	9870,772	8673,218	+13,8

модель, замість назви структурних підрозділів, які видобувають вугілля відповідних марок, введено вузли-постачальники імпортованої продукції (табл. 2).

У модель також додатково введено ТЕС, що використовують вугілля газової групи. Відповідні розрахунки для споживачів газової групи вугільної продукції наведені в табл. 3, 4.

Всі обчислювальні операції реалізовані в структурі програмно-інформаційного комплексу, що дозволяє в повній мірі використати наявну в ній базу статистичних даних у сфері

вуглевидобувної і вуглепереробної промисловості України.

ВИСНОВКИ

Проведено апробацію розробленої математичної моделі оптимізації забезпечення ТЕС вугільною продукцією з основними теплофізичними властивостями за мінімальною ціною. Важливою особливістю цієї моделі є врахування можливих поставок на енергетичні підприємства України вугільної продукції імпортного

Таблиця 2 – Порівняльна таблиця пропозицій на поставку вугілля імпортного походження

Марка вугілля	Обсяг, тис. т/міс	Ціна, дол. США/т	Вміст золи, %	Вміст вологи, %	Вміст летких речовин, %	Вміст сірки, %	Вища теплота згорання, ккал/кг	Нижча теплота згорання, ккал/кг
Д	0							
ДГ	150	72,00	13,07	6,65	34,95	0,89	6565,0	6297,0
Г	0							
Ж	0							
К	100	н. д.	н. д.	н. д.	н. д.	н. д.	н. д.	н. д.
ПС	400	62,00	21,00	9,80	14,00	0,62	6831,0	6550,0
П	615	89,61	20,42	9,16	12,02	0,74	6225,4	5081,3
А	1190	105,68	9,88	7,50	4,08	0,77	5905,0	5462,2
Разом	2455	91,92	14,73	8,27	9,81	0,75	6188,0	5600,7

Таблиця 3 – Обмеження на потреби ТЕС у вугільній продукції газової групи

ТЕС	Потреба, тис. т		Теплота, ккал/кг		Ознака допустимих варіантів потреб вугільної продукції за марками					
	натур. палива	умовн. палива	max	min	Ге	Гк	ДГе	Де	Же	ДГк,е
Бурштинська	3640	2600	5000	4950	+	+	+			+
Вуглегірська	1680	1200	5000	4950	+	+	+	+		+
Добротвірська	848	600	4950	4901	+	+	+		+	+
Запорізька	4900	3500	5000	4950	+	+	+	+		+
Ладизинська	2380	1700	5000	4950	+	+			+	
Разом	13448	9600								

Таблиця 4 – Оптимальна структура палива для ТЕС, що споживають вугілля газової групи

ТЕС	Оптимальний варіант			
	Обсяг		Теплота, ккал/кг	Вартість, млн грн
	тис. т н.п.	тис. т у.п.		
Бурштинська	3668	2600	4962	2278,287
Вуглегірська	1687	1200	4979	1247,085
Добротвірська	857	600	4900	362,870
Запорізька	4931	3500	4969	2278,972
Ладизинська	2380	1700	5000	1063,160
Разом	13523	9600	4970	7230,374

походження. На основі запропонованої моделі отримано оптимальну структуру забезпечення паливом ТЕС антрацитової групи і ТЕС газової групи з урахуванням імпортованої вугільної продукції, що задовольняє вимоги до обсягів умовного палива і його калорійності відповідно до проектних характеристик електростанцій.

Отримані результати свідчать про збільшення закупівельної вартості вугільної продукції антрацитової групи за умов залучення імпорту в середньому по галузі на 13,8% (1197,552 млрд грн в цінах 2014 р.), що, насамперед, пов'язане з його якісними властивостями і транспортними видатками.

1. *Державне підприємство* Національна енергетична компанія «Укренерго». Мета та напрямки діяльності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/pages/ua/targetandspheresofresponsibility.aspx>.

sibility.aspx.

2. *Мнение эксперта*: импортный уголь выгоднее, чем субсидии для углепрома [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epravda.com.ua/rus/news/2014/09/27/494273/>.

3. *Кулик М.М.* Роль вугілля у формуванні паливно-енергетичних балансів та оптимізація розвитку вугільної промисловості України / М.М. Кулик // Проблеми загальної енергетики. – 2002. – Вип. 6. – С. 7–16.

4. *Математична модель розвитку вугільної промисловості України в умовах міжнародної конкуренції* / О.В. Стогній, М.І. Каплін, В.М. Макаров, Т.Р. Білан // Проблеми загальної енергетики. – 2014. – Вип. 1(36). – С. 24–32.

Надійшла до редколегії 25.09.2015