

РЕАЛІЗАЦІЯ СТОХАСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГОКОМПЛЕКСУ НА ПРИКЛАДІ ШАХТ З ВИДОБУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВУГІЛЛЯ

Невизначеність умов функціонування енергокомплексу в задачах прогнозування його розвитку в довгостроковій перспективі зумовило необхідність розробки та реалізації моделей життєвого циклу його об'єктів у детерміновано-стохастичному вигляді. В ринкових умовах критерієм доцільності реалізації проектів з розвитку системи енергозабезпечення країни є ціни на паливно-енергетичні ресурси та послуг з їх транспортування і розподілу. Для розрахунку середньозваженої собівартості та ціни з використанням стохастичних методів проведено суттєве удосконалення підсистеми «МАТРИЦЯ» програмно-інформаційного комплексу прогнозування розвитку енергетики «ПІРАМІДА—V». Наведено підходи до розробки детерміновано-стохастичних моделей життєвого циклу вугільних шахт та результати їх реалізації за допомогою розроблених програмно-інформаційних засобів.

Ключові слова: стохастичні моделі життєвого циклу, енергокомплекс, середньозважена собівартість.

У сучасних умовах рішення стосовно розвитку енергетичного комплексу обґрунтовуються, виходячи з конкурентоспроможності цін на паливно-енергетичні ресурси, послуг з їх транспортування і розподілу та рівня прибутковості діяльності, пов'язаної з енергозабезпеченням країни. Для розрахунку середньозваженої собівартості та ціни, а також похідних техніко-економічних показників окремих елементів енергетичного комплексу застосовуються математичні моделі – моделі життєвого циклу [1,2], в яких враховуються всі ресурсні потоки – фінансові, матеріальні, людські, необхідні для впровадження, експлуатації, виводу з роботи, а також ті, що виробляються, за весь період функціонування об'єкта від початку розробки техніко-економічного обґрунтування до моменту його повної ліквідації (зняття з експлуатації). При цьому ступінь невизначеності внутрішніх та зовнішніх умов та кількість критеріїв, які необхідно враховувати при прийнятті рішень стосовно розвитку енергетичного комплексу, суттєво зросли.

© А.І. СПІТКОВСЬКИЙ, Т.П. НЕЧАЄВА, 2014

Невизначеність внутрішніх умов функціонування енергокомплексу зумовлюється загальним реформуванням економіки країни з постійними змінами нормативно-правової бази господарської діяльності енергетичних об'єктів, а також впровадженням ринкових принципів регулювання діяльності ринків енергоресурсів. Так, приватизація енергетичних підприємств, що широко проводиться останнім часом, привела до їх юридичної і господарської незалежності, що суттєво ускладнює розробку планів з розвитку енергетики країни в цілому не тільки на довгострокову, а навіть на середньострокову перспективу, оскільки кожен із суб'єктів ринку формує і реалізує власний алгоритм поведінки, який, до того ж, може час від часу змінюватись.

Глобалізація та лібералізація світових енергетичних ринків, зміни у світовій структурі виробників та споживачів паливно-енергетичних ресурсів, диверсифікація джерел їх виробництва та постачання зумовлюють невизначеність зовнішніх умов функціонування енергокомплексу України. Головними факторами невизначеності є вартість енергоресурсів, мож-



Рис.1. Організаційна структура програмно-інформаційних засобів реалізації детермінованих та детерміновано-стохастичних моделей життєвого циклу

ліві обсяги їх імпорту та експорту, жорсткість міжнародних екологічних вимог, доступні обсяги фінансових та матеріальних ресурсів, зокрема, енергетичного обладнання тощо.

У ролі базового показника в моделях життєвого циклу об'єктів енергокомплексу використовується вартість виробництва продукції технологіями енергокомплексу протягом їх життєвого циклу. За невизначеності вхідних показників визначення цього показника проводиться з використанням стохастичних методів, зокрема, методу проведення статистичних випробувань. Його реалізацію для моделей життєвого циклу технологій виробництва електроенергії було виконано з використанням стандартних програмних засобів MS Excel [2]. Але необхідність проведення одночасних розрахунків для реалізації значної кількості стохастичних моделей життєвого циклу об'єктів енергокомплексу зумовило розробку нових програмних засобів їх реалізації з підтримкою статистичної обробки результатів, візуалізацією та записом результатуючих показників у прийнятній для подальшого аналізу та використання формі. Для цього було проведено суттєве удосконалення підсистеми реалізації оптимізаційних задач «МАТРИЦЯ», розробленої в межах програмно-

інформаційного комплексу (ПІК) прогнозування розвитку енергетики «ПІРАМІДА-V», який створено і постійно удосконалюється в Інституті загальної енергетики НАН України. Реалізацію детерміновано-стохастичних імітаційних моделей життєвого циклу об'єктів енергокомплексу для забезпечення єдиного підходу з формування та обробки даних як оптимізаційних, так і розрахунково-імітаційних моделей, проведено з використанням оптимізаційного пакета GLPK, у якому навіть за відсутності функціонала є можливість проводити формульні розрахунки.

Організаційну структуру програмно-інформаційних засобів реалізації детермінованих та детерміновано-стохастичних моделей життєвого циклу наведено на рис. 1.

Підготовка даних, запис та обробка моделей проводиться з використанням підходу «модель – дані», за яким тексти з описом моделі та набори вхідних даних (параметрів) формуються у окремих файлах. Опис моделі проводиться з використанням мови GMPL, а вхідні параметри моделі формуються з використанням даних інформаційно-довідкової підсистеми ПІК «ПІРАМІДА-V» у форматі таблиць MS Excel, в яких кожен лист файлу відповідає одному пара-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	*	*	*	*	*	*		Термін експлуатації, років			
2	*START*	*FLAG*	1	RND	1	*END*					
3	P	*FLAG*	I	I	C						
4		1	50	70	CM_PN						
5		1	20	40	CM_PE_1000						
6		1	10	30	CM_PE_300_1000						
7		1	10	30	CM_GE_300						
8		1	10	30	CM_GE_300_600						
9		1	10	30	CM_GE_600_1000						
10		1	20	40	CM_GE_1000						
11		1	50	70	CM_GN_1000						
12	*END*										
13											
14											

Рис.2. Приклад сформованого у форматі Excel стохастичного параметра, що задається діапазоном можливих значень

метру і містить відповідні дані, які, в разі невідомості, задаються діапазонами (рис.2).

Для забезпечення можливості підготовки даних, обробки результатів і управління розрахунками з використанням стохастичних методів функціональні можливості підсистеми «МАТРИЦЯ» було істотно розширено та удосконалено. Для виконання стохастичних розрахунків методом статистичних випробувань у підсистемі «МАТРИЦЯ» розроблено програмно-інформаційні засоби, що дозволяють проводити задану кількість експериментів з відповідною зміною за випадковим законом вхідних параметрів, визначених діапазонами.

Для управління процесами і функціями підсистеми «МАТРИЦЯ», орієнтованими на стохастичні методи, у фрейм сторінок додано сторінку «RND» (скорочення від слова RANDOMIZE – випадковий). Зовнішній вигляд сторінки наведено на рис. 3.

Елементи управління та завдання параметрів, розташовані на даній сторінці, дозволяють:

- задавати вигляд і тип випадкової послідовності для формування значень стохастичних параметрів;
- вказувати кількість експериментів;
- вказувати кількість діапазонів розбиття

наборів результатів стохастичних розрахунків для їх статистичної обробки;

- вибрати файл результатів розрахунку для статистичної обробки;

- групувати результуючі файли за символом-розділювачем, який задається в іменах файлів відповідної групи;

- вибірково виводити результати стохастичних розрахунків у файли за вказаним ключем у циклічному режимі пакетного формування результату;

- запускати статистичну обробку вибраного файла результатів стохастичних випробувань;

- провести побудову та екранний вивід гістограми статистичного розподілу;

- вказувати статистичний параметр обробки результатів експериментів для виводу у файл формату MS Excel з метою подальшого аналізу та використання в задачах оптимізації.

Необхідність виведення результатів стохастичних розрахунків у вигляді окремих пакетів вихідних даних зумовлено тим, що програмний пакет GLPK не підтримує запис у файл значних за обсягом інформаційних масивів. Така ситуація відбувається при великій кількості експериментів (від 10 тисяч), що необхідно для отримання більш достовірних статистичних резуль-

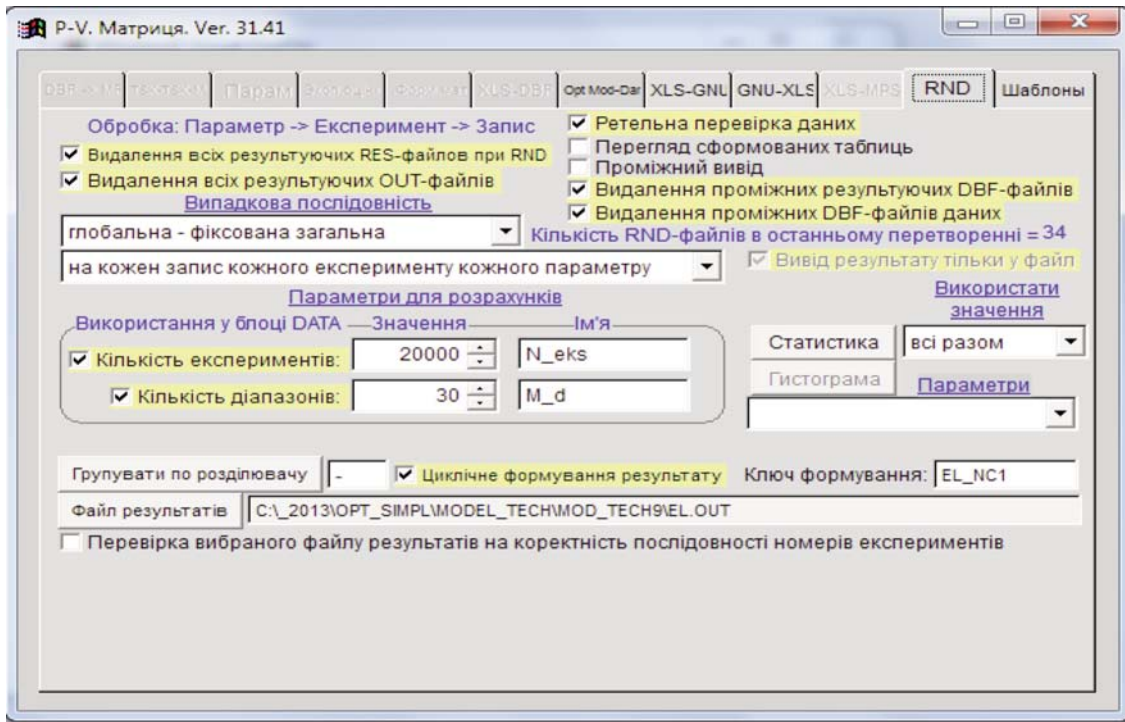


Рис.3. Вигляд сторінки «RND» підсистеми «МАТРИЦЯ»

тагів, а також при багатоіндексному результуючому параметрі, що потребує запису у вихідний файл значного масиву інформації. Для цього у підсистемі «МАТРИЦЯ» введено функцію циклічного виводу результатів, вибір якої передбачає автоматичний послідовний розрахунок і пакетний вивід результатів у файли згідно з заданим ключем (див. рис.3), що визначає окремі набори результуючих даних, опис яких проведено за цим ключем у тексті моделі.

Статистична обробка результатів розрахунків у підсистемі «МАТРИЦЯ» проводиться за заданою кількістю внутрішніх діапазонів, на які розбивається весь діапазон результуючих значень кожного розрахункового параметра від мінімального до максимального, після чого підраховується частота появи значень усередині кожного внутрішнього діапазону. На підставі отриманих результатів будується гистограма, а за обчисленими статистичними характеристиками – крива нормального розподілу із забезпеченням їх візуалізації.

Після статистичної обробки результатів здійснюється формування файлу в форматі MS Excel з результуючими значеннями статистичних параметрів: середнє значення, максимальне значення – середнє значення внутрі-

шнього діапазону, який має найбільше значення (максимальний стовпчик на гистограмі), реальне значення результуючого параметра, найближчого до середнього з можливістю виводу номера експерименту, що відповідає цьому значенню (рис. 4).

З використанням удосконаленої підсистеми «МАТРИЦЯ» було реалізовано детерміновано-стохастичні моделі життєвого циклу таких об'єктів енергокомплексу, як електростанції різних типів, родовища природного газу та компресорні цехи магістральних газопроводів [3]. У цій статті наведено особливості застосування розроблених у [1, 2] підходів до розробки моделей життєвого циклу вугільних шахт, зокрема, з видобування енергетичного вугілля. В якості результуючого показника розглядається середньозважена собівартість валового видобутку рядового енергетичного вугілля.

Собівартість вугілля складається з витрат матеріальних, трудових і інших ресурсів, які використовуються в процесі його видобування. Основними витратами на видобуток вугілля є матеріальні витрати; допоміжні матеріали; паливо і енергія на технологічні цілі; витрати на оплату праці; відрахування на соціальні заходи; амортизація основних фондів. Особливістю обліку витрат у вугледобувній

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7								
2	*		CostY_WETECH		Stat_Par	Nom_Eks	Послідовність - глобальна, на кожен запис. Використане значення - середнє								
3	\`START\`	\`FLAG\`	1	1	1	1	\`END\`								
4	P	\`FLAG\`	N	C	C	I	Кільк. експер. = 20000. Кільк. діап. = 30. Розр. 15.12.2013 - 15.35.30, стат. 15.12.2013 - 15.37.22								
5		1	93 83934	WES	AVER		Середнє								
6		0	89 89269	WES	MID_MAX		Максимальнє								
7		0	93 83939	WES	REA		Реальнє								
8		0	93 83939	WES	REA_NUM	5635	Реальнє + №								
9	\`END\`														
10															
11															
12															
13															

Рис.4. Вигляд файла з результуючими параметрами статистичної обробки результатів статистичних випробувань

галузі є відсутність у статтях витрат основних матеріалів і сировини та наявність елемента «Допоміжні матеріали», до яких відносяться вибухові речовини, паливно-мастильні та кріпильні матеріали, бетонні кріплення, труби, кабелі, троси. Елементами матеріальних витрат є також запасні частини для ремонту обладнання та малоцінні та швидкозношувані предмети.

Ефективність роботи вугільних шахт у значній мірі залежить як від складності гірничо-геологічних умов, так і технологічного рівня – виробничої потужності, рівня її використання, техніки та технологій, що застосовуються у вуглевидобуванні. В структурі собівартості видобутку вугілля така залежність зумовлює значну частку (60–80%) умовно-постійних витрат на підтримку гірничого господарства у робочому стані: утримання гірничих виробок, вентиляційні і дегазаційні роботи, відкачка шахтних вод тощо. При збільшенні глибини гірничих робіт у зв'язку з ускладненням гірничо-геологічних умов зростають капітальні вкладення на просте відтворення (підготовку нових горизонтів без збільшення виробничої потужності). Істотний вплив на виробничу потужність шахт має і метаноносність пластів внаслідок обмеження навантаження на лави щодо їх провітрювання.

Значне місце у витратах на виробництво у вугільній промисловості займає заробітна

плата. Середня зарплата в сфері видобутку вугілля, лігніту і торфу в Україні є найвищою серед інших галузей через складні умови роботи. У 2012 році середньомісячна заробітна плата за даними Держстату становила 5233 грн на місяць, що в 1,5 раза більше середньої зарплати в промисловості (3500 грн). При цьому середньомісячна заробітна плата працівників державних підприємств у 2012 році дорівнювала 5222 грн, в той час як у відкритих акціонерних товариствах – 6358 грн, товариствах з обмеженою відповідальністю – 4060 грн, філіях – 5153 грн, інших організаційно-правових формах – 5930 грн.

Значний обсяг у загальних витратах становлять витрати на електроенергію, яка витрачається на освітлення та вентиляцію виробок, технологічного комплексу на поверхні, виробничих будівель, проммайданчиків, роботу насосів з відкачки води, тощо. Так, у центральному Донбасі, де залягання вугільних пластів перевищує 1,5 км, частка електроенергії в собівартості вугілля дорівнює 50–60% [4,5].

Вугільні підприємства мають обмежений за часом і обсягами видобутого природного ресурсу життєвий цикл, тривалість якого тісно пов'язана із запасами легкодоступної і рентабельної частини покладів вугілля. Термін служби вугільного підприємства складається з таких етапів, як будівництво і введення в експлуата-

цію; освоєння проектної потужності, стабільна робота; підготовка та освоєння нових горизонтів (або реконструкція); загасання видобутку і вибуття потужності. Терміни будівництва гірничих підприємств регламентуються в основному часом, необхідним для здійснення гірничо-прохідницьких робіт. Великий обсяг і висока трудомісткість цих робіт, а також обмежені можливості розширення фронту робіт до розтину родовища зумовлюють тривалі терміни спорудження гірничого підприємства.

Вугільне підприємство за період свого існування проходить такі узагальнені цикли або стадії: зародження; підйом; зрілість; спад; банкрутство та ліквідація. Більш укрупнено ці етапи можна охарактеризувати як етапи зростання, зрілості і занепаду [6,7]. При цьому у короткострокові періоди вугільне підприємство проходить ці стадії циклічно, однак лише у останній етап життєвого циклу вугільне підприємство сягає стадії ліквідації, для всіх інших циклів це буде спад. Тривалість кожної зі стадій залежить від гірничо-геологічних, гірничо-технічних і економічних умов вуглевидобутку на конкретному підприємстві. Тривалість стадії зростання зумовлена досягненням 85% рівня виробничої потужності і зазвичай триває 2–3 роки. Стадія зрілості характеризується обсягом видобутку, близьким до рівня виробничої потужності, відносно стабільними економічними показниками, стійким збутом продукції і періодичною реструктуризацією (через кожні 12–15 років) із залученням істотних капіталовкладень. На цій стадії обсяг видобутку вважається умовно-постійним. Залежно від терміну служби шахти, може бути від 2-х до 3-х реконструкцій, тому цей період розбивається на підперіоди з тривалістю, що дорівнює проміжку часу між наступними реконструкціями. Стадія занепаду триває близько 2-х років і пов'язана з різким падінням обсягів видобутку при вичерпанні запасів і додатковими витратами на консервацію. З переходом на виїмку нерентабельної частини вугільне підприємство змушене або зупинити роботу, або існувати за рахунок державної підтримки. На етапі занепаду виникають додаткові витрати, пов'язані з підготовкою до закриття підприємства, та інші соціальні виплати.

Розрахунок середньозваженої собівартості видобутку вугілля за життєвий цикл шахти узагальнено проводиться відповідно до формули:

$$C_m^C = \left(\frac{\sum_{\tau=1}^n \frac{K_{m\tau}}{(1+r)^{n-\tau+1}} + \sum_{\tau=n+1}^{T+n} \frac{V_{m\tau}^P + V_{m\tau}^V}{(1+r)^{\tau-n-1}}}{\left[\frac{\sum_{\tau=n+1}^{T+n} W_{m\tau}}{T} \right]} + \frac{\sum_{\tau=T+n+1}^{T+n+m} \frac{V_{m\tau}^Z}{(1+r)^{\tau-n-1}}}{\left[\frac{\sum_{\tau=n+1}^{T+n} W_{m\tau}}{T} \right]} \right) \times \left[\frac{r}{1-(1+r)^{-T}} \right],$$

де C_m^C – річна середньозважена собівартість вугілля за життєвий цикл, m – тип шахти з розподілом за обсягом річного видобутку; n – термін будівництва шахти, T – термін експлуатації шахти; $K_{m\tau}$ – річні капіталовкладення у будівництво шахти; $V_{m\tau}^P$ – річні умовно-постійні витрати у період експлуатації; $V_{m\tau}^V$ – річні умовно-змінні витрати у період експлуатації; $V_{m\tau}^Z$ – витрати на закриття шахти; r – дисконт реальний; $W_{m\tau}$ – обсяг видобутку вугілля впродовж року τ . Обсяг видобутку вугілля визначається добутком встановленої виробничої потужності $P_{m\tau}$ та коефіцієнта її використання $k_{m\tau}$: $W_{m\tau} = k_{m\tau} P_{m\tau}$.

До постійних витрат $V_{m\tau}^P$ під час видобування вугілля входять витрати, спрямовані на забезпечення функціонування підприємства, які залежать від встановленої потужності видобутку: оплата електроенергії, що тарифікується за встановленою потужністю електрообладнання; оплата теплової енергії, споживання якої залежить від потужності шахти; фонд заробітної плати робітників, який не залежить від обсягів видобутку, а також сплата відсотків у разі залучення кредитних коштів, тощо. Також до цих витрат включені витрати на відтворення (реконструкцію) шахти.

До змінних витрат відносяться витрати, які залежать від фактичних обсягів видобутку вугілля. До них входять витрати матеріалів на виробничі потреби; оплата електроенергії та теплової енергії, що витрачається безпосередньо при видобутку вугілля; оплата за використане на виробничі потреби паливо; заробітна плата робітників, що залежить від фактичного видобутку вугілля, екологічні платежі, до яких

Таблиця 1 – Середньозважена собівартість видобутку вугілля, грн/т

Розподіл шахт за обсягом річного видобутку	Середнє значення
Приватна шахта нова з обсягом видобутку від 1000 тис. т	318,2
Приватна шахта існуюча обсягом видобутку від 1000 тис. т	506,7
Приватна шахта існуюча з обсягом видобутку до 1000 тис. т	705,3
Державна шахта існуюча з обсягом видобутку до 300 тис. т	1078,7
Державна шахта існуюча з обсягом видобутку від 300 до 600 тис. т	824,1
Державна шахта існуюча з обсягом видобутку від 600 до 1000 тис. т	718,0
Державна шахта існуюча з обсягом видобутку від 1000 тис. т	553,7
Державна шахта нова з обсягом видобутку від 1000 тис. т	298,1

включені податки за викиди таких парникових газів, як метан та діоксид вуглецю, плата за користування надрами тощо.

Результати тестових розрахунків розробленої детерміновано-стохастичної моделі життєвого циклу вугільних шахт з визначення річної середньозваженої собівартості валового видобутку енергетичного вугілля в умовах невизначеності вхідних показників наведено у табл. 1.

Гістограми статистичного розподілу результатів 20 тисяч експериментів з визначення середньозваженої річної собівартості для нових вугільних шахт, отримані в середовищі підсистеми «МАТРИЦЯ», наведено на рис.5.

Необхідно зазначити, що під час розрахунку собівартості не включено вартість послуг з його збагачення, збуту та транспортування. Нижча собівартість видобутку вугілля на новозбудованій державній шахті отримана за умов стабільного державного фінансування з умовами будівництва, порівнянними з відповідними умовами для приватних шахт. Основна різниця полягає у рівні механізації та заробітної плати.

Також у ролі узагальненого показника можна проводити розрахунок середньозваженої гранично прийнятної для виробника ціни видобування вугілля з урахуванням прибутковості діяльності підприємства. Але, враховуючи

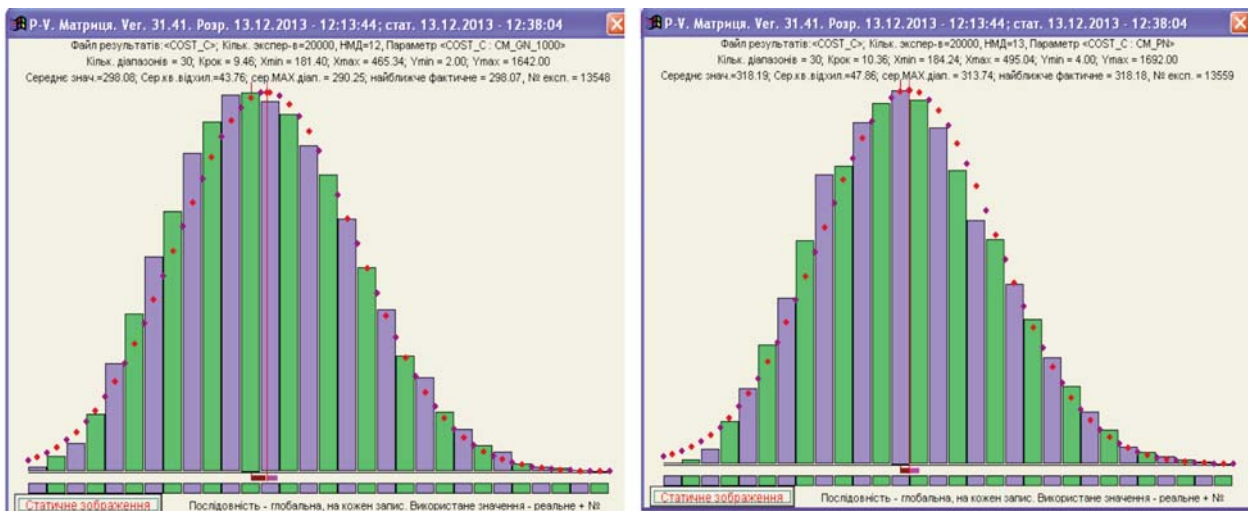


Рис.5. Статистичний розподіл собівартості вугілля, видобутого на новій державній та приватній вугільній шахті проектною потужністю від 1000 тис. т/рік

Таблиця 2 – Середньорічна ціна енергетичного вугілля в Україні у 2012 році в дол. США/т [8, с.47]

Джерело постачання вугілля	Ціна вугілля марки А	Ціна вугілля марки Г
Поставка імпортного вугілля в місце призначення в Україні	119	94
Внутрішній ринок	102	94

практику формування ціни енергетичного вугілля залежно від базових показників його якості та балансу його попиту і споживання, цей показник наразі є малоінформативним.

В існуючих умовах діяльності вугілля в країні продається за прямими договорами між видобувними підприємствами та споживачами або через державне підприємство «Вугілля України» як оператора оптового ринку, який розподіляє близько 65% від загального обсягу поставок вугілля державними підприємствами за фіксованими розрахунковими цінами. Приватні компанії визначають ціни своєї продукції на підставі балансу попиту та пропозиції в Україні та з урахуванням загальних тенденцій на міжнародному ринку (табл.2), їх рентабельність підтримується завдяки більш сприятливим природним умовам, своєчасному і достатньому за обсягами інвестуванню, більш високому рівню менеджменту.

Водночас державні шахти у своїй більшості є збитковими, а практика постачання їх продукції за фіксованими розрахунковими цінами приводить до перехресного субсидювання. Так, у 2013 році збитки від випуску товарної продукції державними вугільними підприємствами без урахування коштів державної підтримки, за даними Міненерговугілля, дорівнювали 15199,6 млн грн, при її ціні 491,9 грн/т, яка, порівняно з 2012 роком, зменшилась на 9,7% при відповідному збільшенні собівартості на 11,2% до 1348,3 грн/т. На часткове покриття витрат з собівартості товарної вугільної продукції у 2013 році з державного бюджету надійшло 13301,8 млн грн. Таку ж суму закладено у Державному бюджеті на 2014 рік. Дотатування неперспективних державних вугільних підприємств сприяє загостренню економічних і соціальних проблем. Тому актуальним є подальше дослідження перспективного розвитку енергокомплексу країни з ураху-

ванням згортання державної частки вуглевидобутку та прогнозних потреб у енергетичному вугіллі.

ВИСНОВКИ

Реалізація детерміновано-стохастичних моделей життєвого циклу об'єктів енергокомплексу у середовищі удосконаленої підсистеми «МАТРИЦЯ» програмно-інформаційного комплексу прогнозування розвитку енергетики «ПІРАМІДА-V» дозволяє проводити статистичні розрахунки показників цих моделей з формуванням та обробкою їх результатів для подальшого використання в задачах прогнозування розвитку енергокомплексу.

Розроблена модель життєвого циклу вугільних шахт дозволяє враховувати ресурсні потоки при видобуванні вугілля на всіх етапах їх функціонування з урахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх умов діяльності вугільних підприємств для визначення середньозваженої собівартості видобутку вугілля.

1. Шульженко С.В. Особливості розрахунку вартісних показників у задачах прогнозування розвитку електроенергетичних систем за ринкових умов їх функціонування / С.В. Шульженко // Проблеми загальної енергетики. – № 18. – 2008. – С. 16–20.
2. Шульженко С.В. Показники ефективності функціонування та розвитку електричних станцій в умовах ринку / С.В. Шульженко // Проблеми загальної енергетики. – № 20. – 2009. – С. 7–13.
3. Лещенко І.Ч. Оцінка вартісних показників технологічних об'єктів газової галузі за невизначеності умов їх функціонування / І.Ч. Лещенко // Проблеми загальної енергетики. – Вип. 4 (35). – 2013. – С. 24–32.
4. Папіж Ю.С. Управління стратегічним роз-

витком підприємств вугільної промисловості України: ресурсний аспект / Ю.С. Папіж, А.С. Руденко // Економічний простір. – № 70. – 2013. – С.235–242.

5. *Макаров В.М.* Потенціал енергозбереження при видобутку і переробці вугілля / В.М. Макаров, М.О. Перов // Проблеми загальної енергетики. – 2012. – Вип. 4 (31) – С.46–53.

6. *Качеянц Г.М.* Механизм оптимизации структуры капитала угольной шахты / Г.М. Качеянц // Российский экономический интернет-журнал. – 2012. – № 1. – С. 106–111.

7. *Аршинов Р.А.* Характеристика жизненного цикла угольного предприятия на примере

шахты «Южно-Сибирская» / Р.А. Аршинов, Ю.А. Степанов // Уголь. – 2010 /1015/ 9. – С. 18–19.

8. *Энергия в действии.* Годовой отчет ДТЭК 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dtek.com/library/file/annual-report-2012-ru.pdf>.

Надійшла до редколегії 28.02.2014

Рецензент

Зав.відділу оптимізації розвитку паливних баз ІЗЕ НАН України, канд. техн. наук

О.В. Стогній