

© А.О. Хорольський¹, Е.В. Френцель², О.Р. Мамайкін³

¹ Інститут фізики гірничих процесів Національної академії наук України, Дніпро, Україна

² Приватне акціонерне товариство ДТЕК «Павлоградвугілля», Павлоград, Україна,

³ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВІДТВОРЕННЯ ВНУТРІШНІХ РЕЗЕРВІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

© A. Khorolskyi¹, E. Frentsel², O. Mamaikin³

¹ Institute for Physics of Mining Processes the National Academy Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

² DTEK Pavlogradugol Private Joint-Stock Company, Pavlograd, Ukraine

³ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

DEVELOPMENT OF A MODEL OF REPRODUCTION OF INTERNAL RESERVES OF COAL MINES

Мета. Розробити та верифікувати новий методологічний підхід щодо комплексної оцінки технологічного потенціалу вугледобувних підприємств.

Методика. Для вирішення задачі застосовано комплексний підхід, який базується на впровадженні неокласичної виробничої функції у вигляді моделі Солоу щодо аналізу стану у вугледобувній галузі, а також оцінки коефіцієнту економічної надійності для розробки рекомендацій щодо підвищення техніко-економічних показників. Ефективність функціонування підприємства можна оцінити співвідношенням потоків вхідних (капітал) та вихідних (рівень виробництва) ресурсів, при цьому суттєве значення відіграє інноваційна складова. Аналіз співвідношень між потоками ресурсів дозволяють обрати оптимальні сценарії розвитку виробництва та сформулювати принципи щодо проектування виробництва на певному етапі розвитку.

Результати. В роботі вперше запропоновано модель оцінки параметрів гірничого виробництва, яка демонструє співвідношення виробничих функцій та ресурсів. За допомогою розробленої моделі можна відслідкувати у часі ефективність використання виробничих ресурсів, визначити обсяги виробництва, розрахувати основні параметри функціонування вугільних шахт, дослідити за рахунок, яких ресурсів досягається збільшення продуктивності.

Наукова новизна. Вперше встановлені закономірностей формування рівня ефективності підприємства з видобутку вугілля та розроблено підходів щодо проектування виробництва з урахуванням області раціональної експлуатації. Виявлено, що кінцевий об'єм виробництва залежить не тільки від засобів механізації, гірничо-геологічних умов, витрат на придбання та обслуговування засобів механізації але і від вірогідності виникнення того чи іншого сценарію виробництва, тому для опису гірничого виробництва обґрунтовано доцільність застосування стохастичних моделей. Оцінка поточного стану виробництва та прогнозування сценаріїв розвитку дозволяють сформувати «поведінкову модель» оперативного управління підприємством.

Практична значимість. Запропоновано методики комбінованого управління процесами простого і розширеного відтворення потенціалу технологічних схем шахт за рахунок регулювання ресурсного потенціалу шахт. Причому, процедура градієнтного скорочення ліміту по технологічних ресурсах і регулювання величини функціонала до значень, що наближають результати роботи

шахти до можливого порогу беззбитковості, є загально визнаною формою аналізу результатів моделювання на чутливість. Комплексна оцінка стану технологічної схеми шахти за чотирма напрямками дозволяє суттєво збільшити рівень об'єктивності кінцевого результату у порівнянні з оцінкою тільки одним показником.

Ключові слова: *продуктивний потік, параметр, спосіб виробництва, модель Солоу, ефективність, критерій.*

Вступ. Особливості системи управління вугледобувними підприємствами на сучасному етапі тісно пов'язані зі зміною стратегічних орієнтирів у їхній діяльності. Основною економічною метою підприємства в ринкових умовах є підвищення ефективності виробництва за рахунок різних факторів впливу на цей процес, у тому числі за рахунок формування внутрішніх економічних резервів, імовірні варіанти використання яких уможливають реалізацію політики відмови від бюджетної підтримки збиткових вугледобувних підприємств, у контексті чого особливої ваги набувають можливість видобутку певного обсягу вугілля та резерви його нарощування без значного залучення коштів державного бюджету, досягнення беззбитковості та забезпечення певного рівня рентабельності, зниження рівня дотацій і створення умов інвестиційної привабливості тощо.

Саме тому виникла потреба у розробці нових методологічних підходів, щодо стабілізації ситуації. Для цього треба:

- проаналізувати інноваційні перспективи підземної експлуатації родовищ та визначити основні чинники, що формують рівень загального рівня виробництва, а також можливі шляхи підвищення ефективності;
- визначити основні чинники відтворення внутрішніх резервів вугільних підприємств;
- запропонувати методологічні підходи щодо оцінки рівня вугледобувних підприємств.

Вирішенню поставлених задач присвячена вказана робота.

Інноваційним аспектам економіки України та зокрема паливно-енергетичного комплексу присвячені роботи О.І. Амоші, В.Г. Гріньова, Д.Ю. Череватського, П.В. Череповського. При цьому, у роботах [1, 2] було розроблено практичні рекомендації, щодо обґрунтування раціонального рівня виробництва для збиткових шахт Центрального району Донбасу, а також визначено ступінь інтенсивності використання фіксованих потужностей. Окрім цього, наведені підходи дозволяють не тільки розробляти рекомендації, але і робити довгострокові прогнози. Тому, для стабілізації стану галузі необхідно провести аналіз балансу між трудовими ресурсами, залученим капіталом та кінцевим рівнем видобутку – застосування існуючих загальноприйнятих у світовій економіці критеріїв дозволяють вирішувати проблеми ефективного освоєння родовищ корисних копалин. Логіка даних припущень пояснюється наявністю області раціонального проектування [1, 3], тобто незалежно від гірничо-геологічних умов родовища та існуючих техніко-економічних показників існує завжди набір параметрів, які дозволяють вийти на беззбитковий рівень, тобто обрати раціональний формат життєдіяльності. При цьому, інновації в залежності від існуючого стану виробництва мають зовсім різний ефект. Наприклад, при 50–60% механізації робіт в очисному вибої

навіть запровадження видобувної техніки другого-третього технічного рівня (80-90 рр. XX ст.) буде сприяти істотному підвищенню добового видобутку, в той же час, якщо підприємство відпрацьовує вугільні пласти потужністю понад 2,0 м при сприятливих гірничо-геологічних умовах застосування даних аналогів техніки буде стримувати розвиток. Тому необхідно на кожному етапі робити оцінку запроваджених інновацій. Сьогодні існує декілька груп підходів, які базуються на застосуванні критеріїв, аналізі ієрархій, методах лінійного, квадратичного, динамічного програмування. В роботі [4] проаналізовано існуючі у світовій практиці підходи щодо проектування гірничого виробництва. Незважаючи на усі переваги існуючих підходів існують декілька питань, які недостатньо вивчені:

- по-перше, запропонований підхід повинен давати однозначне рішення в заданих умовах;

- по-друге, необхідно щоб запропонована система підтримки прийняття рішень була «чутливою» до зміни сценаріїв виробництва;

- по-третє, необхідно передбачити можливість інтерпретації результатів.

Інша сторона питання полягає у виборі засобів прийняття рішень [5, 6].

Таким чином, в результаті проведеного дослідження буде визначено основні чинники формування та відтворення внутрішніх резервів вугільних шахт.

Основна частина. Інноваційні аспекти виробництва можна описати моделлю Солоу [7]. По відношенню до гірничого виробництва ця модель має ряд переваг:

- по-перше, дана модель базується на застосуванні одного виду товару Y , адже в умовах України шахти розглядаються, як підприємства з видобутку вугілля, а не як складова у системі генерації енергії, металу та ін.;

- по-друге, дана модель враховує співвідношення між капіталом, працею та рівнем кваліфікації працівників, тобто вписується в основні техніко-економічні показники, які визначають ефективність підприємства;

- по-третє, впровадження нових інновацій A тісно пов'язано з об'ємом трудових ресурсів L , а це визначальний чинник в процесі проектування виробництва.

В загальному вигляді модель Солоу розглядає неокласичну виробничу функцію виду

$$Y = f(K, L, A)$$

де K – рівень залученого капіталу; L – об'єм трудових ресурсів; A – ефективність праці одного працівника, яка залежить від рівня кваліфікації та знань.

При цьому змінна A відображає технічний прогрес та інновації у виробництві та пов'язана з об'ємом трудових ресурсів. Враховуючи постійну віддачу від вкладень виробничу функцію можна записати в питомих змінних, які відображають ефективність на одиницю праці

$$\frac{Y}{LA} = f\left(\frac{K}{KA}\right) \Rightarrow y = f(k)$$

де: y – продуктивність, k – капіталовкладення з постійною ефективністю.

Наведена модель демонструє зміну граничного продукту, тобто додатковий обсяг продукції від застосування додаткової одиниці ресурсу. Інакше кажучи, запропонована функція показує ефективність запровадження інновацій.

Для підвищення ефективності виробництва необхідно збалансувати потоки вхідних та вихідних ресурсів в залежності від сценарію виробництва. Розглянемо кожний із сценаріїв окремо:

- «Сценарій I» – перехід від кризи до стабільності, описує існуючий стан вугільної галузі України, коли темпи впровадження засобів механізації низькі, при цьому вони випереджають темпи скорочення чисельності працівників підприємств. По відношенню до моделі Солоу можна це сформулювати так: капіталу мало, а трудових ресурсів багато. Дана ситуація лише погіршує стан. При цьому, для вугільних шахт ситуація ускладнена тим, що виробничий цикл підпорядковується дільничній системі організації праці, тому скорочення групи працівників, які задіяні у видобутку вугілля або проведенні підготовчих вибоїв призведе не до економії, а до неконтрольованого згортання усього виробничого циклу. Для стабілізації необхідно впроваджувати засоби механізації, при цьому перевагу слід віддавати вітчизняним аналогам. Тому, будь-які інновації із покращення технологічного процесу сприятимуть відновленню потенціалу підприємств. Тобто відбуватиметься перехід від кризового стану до стабільного II.

- «Сценарій II» – стабільний, описує рівень виробництва, коли темпи вибуття фондів стримують ефективність процесу, тому для покращення техніко-економічних показників необхідно або запровадити кардинально нові технології, здійснити прорив або істотно підвищити продуктивність праці. В даному випадку впровадження засобів механізації без обґрунтування раціональної області експлуатації та оптимізації параметрів експлуатації не призведе до покращення ситуації. Даному сценарію відповідає спроба технічного переоснащення вугільних шахт України у 2005–2009 рр., коли відсутність підходів до вибору обладнання в залежності від умов експлуатації не дозволили підвищити величину середньодобового видобутку.

- «Сценарій III» – перехід від стабільності до кризи, описує рівень виробництва, коли інновації не сприяють покращенню ефективності виробництва, у підприємства накопилось багато фондів, які не дозволяють підвищити продуктивність. Дана ситуація може виникнути в Україні, коли показники середнього добового видобутку в очисних вибоях зростуть до 3200 т/доб. (станом на 2012 рік – 847 т/доб., зараз нижчі) і виникне потреба у закордонних аналогах техніки, в разі, якщо вони не забезпечать продуктивність на рівні понад 8000 т/доб. [8] відбудеться перехід від стабільності до кризи. Тому, для гірничо-геологічних умов Донбасу інновації будуть полягати або у запровадженні нових технологій, які на порядок підвищать продуктивність або в подальшій оптимізації технологічного процесу.

Для збереження стабільності слід постійно здійснювати оперативне керівництво виробництвом, суть якого полягає у мінімізації ризиків та збитків. Для цього слід визначити основні чинники формування та відтворення внутрішніх резервів. Нами було запропоновано методику оцінки використання внутрішніх

технологічних ресурсів шахти, яка враховує основні чинники виробничої функції. Також наведено результати, щодо верифікації моделі для Луганської області.

Методика оцінки використання внутрішніх технологічних ресурсів шахти призначена для виявлення виробничих ресурсів, що не використовуються (зарезервовані). Створення такого регулюючого механізму дасть можливість порівняти можливості шахт за основними параметрами (посування лав, рівень концентрації гірничих робіт, продуктивність праці робітника з видобутку).

Таблиця 1

Розрахунок параметрів економічної надійності Довжансько-Ровенецької групи шахт

Шахти	Складові параметру надійності			Економічна надійність
	технологічна	економічна	геологічна	
«Комсомольська»	0,4	0,13	0,68	0,72
«Партизанська»	0,9	1,16	0,49	1,55
№81 «Київська»	0,7	0,86	0,59	1,20
ім. Фрунзе	0,5	0,49	0,61	0,83
ім. Космонавтів	0,7	0,76	0,52	1,07
1-2 «Ровенківська»	0,3	0,41	0,58	0,71
ім. Дзержинського	0,9	0,86	0,46	1,20
«Центросоюз»	0,9	1,0	0,46	1,36
«Луганська»	0,5	0,41	0,2	0,40

У таблиці 2 наведена загальна схема побудови прямої і двоїстої економіко-математичної моделі, метою якої є мінімізація витрат на виробництво і визначення ефективності використання кожного з технологічних ресурсів.

У таблиці 2 U_i – це об'єктивно – обумовлена оцінка даного технологічного ресурсу; C_i – собівартість 1 т готової вугільної продукції, V , K і P – відповідно участь посування лав, рівня концентрації гірничих робіт та продуктивності праці робітника з видобутку у добуванні 1т вугілля.

Розрахунок проводиться таким чином:

1. Вносяться вихідні дані в програму Microsoft Excel.
2. Задається функціонал з метою мінімізації витрат на видобуток.
3. Вводяться і задаються обмеження ресурсів підприємства.
4. Розраховується оптимальний рівень видобутку.

Вихідні дані моделювання

Пряма задача						
№№	Найменування ресурсу	Витрати на 1 т				Обмеження по ресурсах
		1	2	...	n	
1	Посування лав, м/міс	v_{11}	v_{12}	...	v_{1n}	V
2	Рівень концентрації очисної лінії на 1 км виробок, що підтримуються, м	k_{21}	k_{22}	...	k_{2n}	K
3	Продуктивність праці, т/міс	p_{31}	p_{32}	...	p_{3n}	P
4	Собівартість вугілля, грн	C_1	C_2	...	C_n	min
Двоїста задача						
Найменування ресурсів						Обмеження по ресурсах
Посування лав, м/міс	Рівень концентрації очисної лінії на 1 км виробок, що підтримуються, м		Продуктивність праці, т/міс			
v_{11}	k_{21}		p_{31}		C_1	
v_{12}	k_{22}		p_{32}		C_2	
...			
v_{1n}	k_{2n}		p_{3n}		C_n	
U_1	U_2		U_3		max	

Маючи результати вирішення прямої і двоїстої задачі, можна судити про ефективність роботи шахти (табл. 3).

Комплексна оцінка за чотирма вказаними вище напрямками дозволяє мінімізувати цільову функцію по тільки одному показнику, нехай навіть і досить синтетичному, як, наприклад, собівартість видобутку вугілля. Також недостатньою є оцінка за технічними характеристиками: виробничої потужності підприємства, залишковими геологічними запасами.

Ми порахували доцільним і зручним для практичного користування композиційно з'єднати 3 компоненти кількісної оцінки стану технологічної схеми шахти (V, K і P), скорегувавши їх суму параметром E - ймовірністю еволюційного розвитку підприємства.

Тобто, структура паспорту технологічної схеми шахти можна представити так

$$M_i = (V_i + K_i + P_i)E_i$$

Результати розрахунків представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Рівень «об'єктивно-обумовлених» оцінок ступеня використання ресурсів

№	Шахта	Концентрація робіт, 1/1000т	Посування лав, м/1000 т	Продуктивність праці т/1000т	ОО оцінка
Шахтарсько-Торезський регіон					
1	«Шахтарська Глибока»	12,1	2,00	1,10	0,91
2	«Прогрес»	14,0	1,32	0,90	1,95
3	«Зоря»	14,3	1,30	0,65	0,95
Довжано-Ровенецький регіон					
4	«Комсомольська»	9,4	1,33	0,08	3,80
5	«Партизанська»	9,8	1,90	0,04	0,82
6	№81 «Київська»	6,3	1,30	0,70	1,73
7	ім.Фрунзе	10,7	1,15	0,43	5,28
8	ім. Космонавтів	11,2	1,33	0,74	1,56
9	1-2 «Ровенківська»	7,3	1,66	0,10	0,74
10	ім.Держинського	8,8	1,69	0,16	0,80
11	«Центросоюз»	8,90	1,32	0,69	1,85
12	«Луганська»	9,2	2,00	0,08	0,70

У таблиці 4 представлені характеристики паспорта технологічних схем 12 антрацитових шахт.

Таблиця 4

Потенціал технологічних схем групи антрацитових шахт

№	Шахта	Складові потенціалу технологічного паспорту				Рівень паспорта технологічної схеми
		Ймовірність		Надійність		
		еволю- ційна	іннова- ційна	еконо- мічна	ресурс- на	
Шахтарсько-Торезський регіон						
1	«Шахтарська-Глибока»	0,68	2,53	0,91	1,34	3,25
2	«Прогрес»	0,78	2,53	1,95	1,33	4,53
3	«Зоря»	0,35	1,95	0,95	0,72	1,27
Довжансько-Ровенецький регіон						
4	«Комсомольська»	0,80	3,65	3,80	0,72	6,54
5	«Партизанська»	0,25	2,34	0,82	1,55	1,18
6	№81 «Київська»	0,81	3,37	1,73	1,20	5,10
7	ім. Фрунзе	0,87	3,70	5,28	0,83	8,53
8	ім. Космонавтів	0,82	2,90	1,56	1,07	4,53
9	1-2 «Ровенківська»	0,28	1,76	0,74	0,71	0,90
10	ім. Держинського	0,61	1,73	0,80	1,20	2,27
11	«Центросоюз»	0,69	4,26	1,85	1,36	5,15
12	«Луганська»	0,03	1,43	0,70	0,40	0,08

Таким чином, при сумісному використанні цих показників можна кількісно оцінити можливість забезпечення даною технологічною схемою заданих обсягів видобутку. Крім того, рівень (паспорт) технологічної схеми дозволяє бачити рівень інвестицій для підтримки кожної тони встановленої потужності.

Викликають інтерес граничні значення якості технологічної схеми шахта і складові її паспорту. У реальних умовах вугільної промисловості України на шахтах першого типу параметр економічної надійності може досягати рівня 2,0 [22]. Рівень інноваційної складової досягає значення 6,0. Рівень використання ресурсів 3,0. Якщо врахувати, що ймовірність еволюційного розвитку не може перевищувати 1,0, то вищий рівень технологічної схеми шахти України може скласти $(2 + 6 + 3) \cdot 1,0 = 12$.

Наведений приклад, хоч і не є доказом, але дає підставу стверджувати, що в реальних умовах максимальний рівень приватизаційного паспорта не може перевищувати 10-12 балів. Чим ближче величина цього показника до 10, тим привабливіше ця шахта для приватизації, корпоративної відпрацювання запасів і тим менше необхідно витрат на прирощення кожної тони потужності.

Сенс технологічного паспорта полягає в тому, що він представляє комплексну оцінку шахти за сукупністю її технічного рівня і проявом особливостей топології аж до рішень з диверсифікації гірничого виробництва, що стосується переробки техногенних відходів шахт і збагачувальних фабрик. Таким чином отриманий інструмент є універсальним та може бути застосованим в умовах шахт ПрАТ ДТЕК «Павлоградвугілля».

Висновки. В роботі запропоновано новий підхід щодо оцінки інноваційних перспектив експлуатації вугільних родовищ. Для вирішення задачі застосовано комплексний підхід, який базується на впровадженні неокласичної виробничої функції у вигляді моделі Солоу щодо аналізу стану у вугледобувній галузі, а також економічної надійності для розробки рекомендацій щодо підвищення техніко-економічних показників. Встановлено, що ефективність функціонування підприємства можна оцінити співвідношенням потоків вхідних (капітал) та вихідних (рівень виробництва) ресурсів, при цьому суттєве значення відіграє інноваційна складова. Аналіз співвідношень між потоками ресурсів дозволяють обрати оптимальні сценарії розвитку виробництва та сформулювати принципи щодо проектування виробництва на певному етапі розвитку.

Для аналізу перспектив збереження сталого розвитку технологічної схеми шахти в роботі використане імітаційне моделювання, що дозволило оцінити динаміку результатів в плані зміни обсягу запасів, підготовлених до виїмки. Такий спосіб роботи з імітаційною моделлю практично зближує її з моделями оптимального програмування на тлі осмисленого алгоритмічного опису правил дії об'єктів шахти і їх структур.

Комплексна оцінка стану технологічної схеми шахти за чотирма напрямками дозволяє суттєво збільшити рівень об'єктивності кінцевого результату у зрівнянні з оцінкою тільки одним показником, нехай навіть і досить синтетичного, як, наприклад, собівартість видобутку вугілля. Є достатньо підстав стверджувати, що в реальних умовах максимальний рівень приватизаційного паспорта

технологічної схеми не перевищує 10-12 балів. Чим ближче величина цього показника до 10, тим привабливіше ця шахта для приватизації, корпоративної відпрацювання запасів і тим менше необхідно витрат на прирощення кожної тони потужності.

Перелік посилань

1. Hrinov, V. & Khorolskyi, A. (2018). Improving the Process of Coal Extraction Based on the Parameter Optimization of Mining Equipment. In *E3S Web of Conferences, Ukrainian School of Mining Engineering*. (Vol. 60. p. 00017). EDP Sciences.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000017>
2. Гринев, В. Г., Череповский, П. В., & Деуленко, А. И. (2015). *Инновационные перспективы эксплуатации угольных пластов крутого падения*. Днепропетровск: издательство «Пороги».
3. Khorolskyi, A., Hrinov, V., Mamaikin, O., & Demchenko Yu. (2019). Models and methods to make decisions while mining production scheduling. *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 53-62.
<https://doi.org/10.33271/mining13.04.053>
4. Khorolskyi, A., Hrinov, V., Mamaikin, O., & Fomychova, L. (2020). Research into optimization model for balancing the technological flows at mining enterprises. *E3S Web Of Conferences*, 201, 01030.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101030>
5. Moldabayev, S., Sultanbekova, Z., Adamchuk, A., & Sarybayev, N. (2019). Method of optimizing cyclic and continuous technology complexes location during finalization of mining deep ore open pit mines. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 19(1.3), 407–414.
<https://doi.org/10.5593/sgem2019/1.3/S03.052>
6. Babets, Ye. K., Adamchuk, A. A., Shustov, O. O., Anisimov, O. O., & Dmytruk, O. O. (2020). Determining conditions of using draglines in single-tier internal dump formation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 5–14.
<https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-6/005>
7. Durlauf, S. N., Kourtellos, A., & Minkin, A. (2001). The local Solow growth model. *European Economic Review*, 45(4-6), 928-940.
8. Хорольський, А. О., Грін'юв, В. Г., & Мамайкін, О. Р. (2019). Інноваційні перспективи підземної експлуатації вугільних родовищ. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, (1 (83)), 289-298.
[https://doi.org/10.26642/tn-2019-1\(83\)-289-298](https://doi.org/10.26642/tn-2019-1(83)-289-298)

АННОТАЦІЯ

Цель. Разработать и верифицировать новый методологический подход к комплексной оценке технологического потенциала угледобывающих предприятий.

Методика. Для решения задачи применен комплексный подход, основанный на внедрении неоклассической производственной функции в виде модели Солоу для анализа состояния в угледобывающей отрасли, а также оценки коэффициента экономической надежности для разработки рекомендаций по повышению технико-экономических показателей. Эффективность функционирования предприятия можно оценить соотношением потоков входящих (капитал) и выходных (уровень производства) ресурсов, при этом существенное значение имеет инновационная составляющая. Анализ соотношений между потоками ресурсов позволяют выбрать оптимальные сценарии развития производства и сформировать принципы по проектированию производства на определенном этапе развития.

Результаты. В работе впервые предложена модель оценки параметров горного производства, которая демонстрирует соотношение производственных функций и ресурсов. С помощью разработанной модели можно проследить во времени эффективность использования производственных ресурсов, определить объемы производства, рассчитать основные параметры функционирования угольных шахт, исследовать за счет, каких ресурсов достигается увеличение производительности.

Научная новизна. Впервые установлены закономерности формирования уровня эффективности предприятия по добыче угля и разработаны подходы к проектированию производства с учетом области рациональной эксплуатации. Выявлено, что конечный объем производства зависит не только от средств механизации горно-геологических условий, расходов на приобретение и обслуживание средств механизации, но и от вероятности возникновения того или иного сценария производства, поэтому для описания горного производства обоснована целесообразность применения стохастических моделей. Оценка текущего состояния производства и прогнозирования сценариев развития позволяют сформировать «поведенческую модель» оперативного управления предприятием.

Практическая значимость. Предложены методики комбинированного управления процессами простого и расширенного воспроизводства потенциала технологических схем шахт за счет регулирования ресурсного потенциала шахт. Причем, процедура градиентного сокращения лимита по технологическим ресурсам и регулирования величины функционала до значений, приближающих результаты работы шахты к возможному порогу безубыточности, является общепризнанной формой анализа результатов моделирования на чувствительность. Комплексная оценка состояния технологической схемы шахты по четырем направлениям позволяет существенно увеличить уровень объективности конечного результата по сравнению с оценкой только одним показателем.

Ключевые слова: *продуктивный поток, параметр, способ производства, производственная функция, эффективность, критерий.*

ABSTRACT

Purpose. To develop and verify a new methodological approach to a comprehensive assessment of the technological potential of coal mining enterprises.

The methods. To solve the problem, an integrated approach was applied based on the introduction of a neoclassical production function in the form of a Solow model for analyzing the state in the coal mining industry, as well as assessing the economic reliability coefficient to develop recommendations for improving technical and economic indicators. The efficiency of the enterprise can be assessed by the ratio of the flows of incoming (capital) and output (level of production) resources, while the innovative component is significant. Analysis of the relationship between resource flows allows you to choose the optimal scenarios for the development of production and form the principles for the design of production at a certain stage of development.

Findings. For the first time, the paper proposes a model for assessing the parameters of mining, which demonstrates the ratio of production functions and resources. With the help of the developed model, it is possible to trace in time the efficiency of the use of production resources, to determine the volume of production, to calculate the main parameters of the functioning of coal mines, to study at the expense of which resources the increase in productivity is achieved.

The originality. For the first time, the regularities of the formation of the level of efficiency of a coal mining enterprise were established and approaches to the design of production were developed, considering the field of rational operation. It was revealed that the final volume of production depends not only on the means of mechanization of mining and geological conditions, the cost of purchasing and servicing the means of mechanization, but also on the likelihood of a particular production scenario, therefore, to describe mining production, the expediency of using stochastic models has been substantiated. Assessment of the current state of production and forecasting development scenarios make it possible to form a "behavioral model" of operational management of the enterprise.

Practical implementation. Methods of combined control of processes of simple and extended reproduction of the potential of technological schemes of mines by regulating the resource potential of mines are proposed. Moreover, the procedure of gradient reduction of the limit on technological resources and regulation of the value of the functional to values that bring the results of the mine operation to the possible break-even threshold is a generally recognized form of analysis of the results of modeling for sensitivity. A comprehensive assessment of the state of the technological scheme of a mine in four areas can significantly increase the level of objectivity of the result in comparison with the assessment of only one indicator.

Keywords: *productive flow, production function, method of production, production function, efficiency, criterion.*