© Е.А. Ермаков, 2015

УДК 622.013.362:622.2.32

Е.А. Ермаков

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ, ВСКРЫТЫХ, ПОДГОТОВЛЕННЫХ И ГОТОВЫХ К ВЫЕМКЕ ЗАПАСОВ УГЛЯ

Рассмотрены вопросы устойчивой и рентабельной работы угольных шахт, представлены полученные зависимости границ зон устойчивой нерентабельной, устойчивой рентабельной и неустойчивой их работы при определенных соотношениях вскрых, подготовленных и отрабатываемых запасох угля.

Ключевые слова: работа, шахта, зоны, устойчивая, рентабельная, нестойчивая соотношение, запасы.

Реализация разработанных технологических и технических решений развития гибкой технологической системы отработки запасов на полях действующих, строящихся и проектируемых шахт должна осуществляться в условиях жестких ограничений трудовых и материальных ресурсов и конкуренции на рынках сбыта угольной продукции, когда необходимо, при соблюдении заданных объемов угольной продукции с учетом ее ассортимента и качества, осуществлять технологическую политику воспроизводства и использования запасов угля с минимальными затратами. Следовательно, рекомендации нормативных документов по поддержанию резервного фронта очистных работ в пределах 25% не могут быть реализованы.

Перспективным является реализация обоснованного принципа активного и пассивного резервирования ресурсов.

При реализации принципа пассивного резервирования ресурсов необходимо оптимизировать соотношение объемов добычи, вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов угля. При больших объемах запасов по сравнению с объемами добычи резко возрастают затраты на поддержание горных выработок, а при малых – возрастает риск возникновения «разрыва» очистного фронта.

Учитывая недостаточную для практики сходимость прогнозируемых экономико-математическим моделированием и фактических параметров технологических схем шахт была построена зависимость готовых к выемке запасов от добычи угля по данным девяти шахт ЗАО УК «Южкузбассуголь» за 7 лет.

На рис. 1 нанесены точки в координатах: ордината – готовые к выемке запасы $Q_г$, тыс. т; абсцисса – добыча угля по шахте $Д$, тыс. т/год. Обработка результатов методом наименьших квадратов показала, что тесная связь между запасами и добычей отсутствует. Отношение средних значений

$$N_{ГД} = \frac{Q_г^{ср}}{Д_{ср}} = \frac{1250}{1222} = 1{,}023 \approx 1, \qquad (1)$$

где $N_{ГД}$ – отношение готовых к выемке запасов к объемам годовой добычи; $Q_г^{ср}$ – средний объем по шахте готовых к выемке запасов, тыс. т; $Д_{ср}$ – средний объем добычи по шахте, тыс. т/год.

В среднем в компании на начало каждого года создается резерв готовых к выемке запасов, равный годовой добыче. Учитывая стабильную и рентабельную работу компании в последние годы, принимается отно-

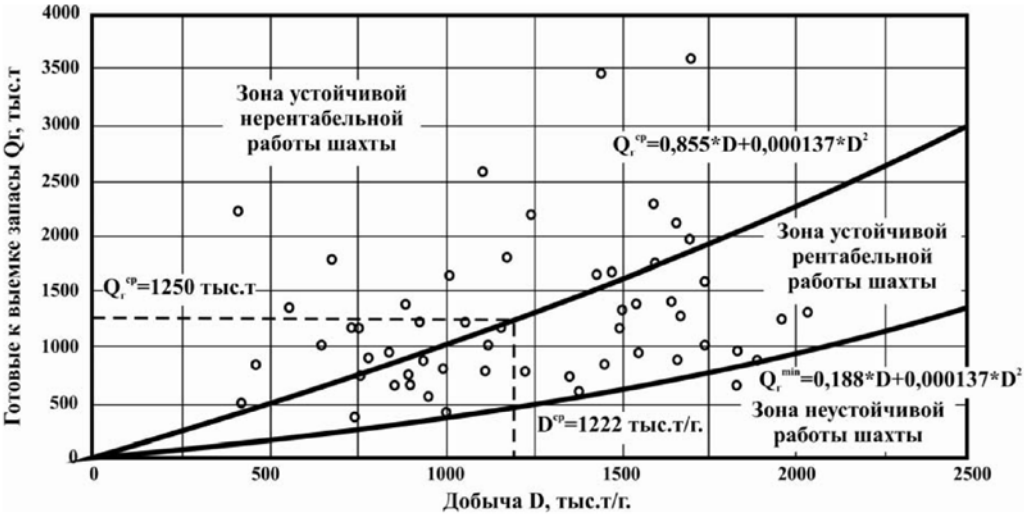

Рис. 1. Зависимости готовых к выемке запасов от добычи угля по данным шахт ЗАО УК «Южкузбассуголь»

шение запасов угля и добычи $N_{ГД}$ = 1 в качестве критерия устойчивости функционирования технологической системы воспроизводства и использования запасов действующих и строящихся шахт.

Уравнение нижней граничной линии имеет вид

$$Q_г^{min} = 0,188Д + 0,000137Д^2, \qquad (2)$$

где $Q_г^{min}$ – минимальный объем готовых к выемке запасов по шахте, тыс. т; *Д* – добыча по шахте, тыс. т/год.

Расположения точек ниже грницы характеризует минимальное значение отношения $N_{ГД}$.

По нижней зависимости установлено, что минимальное отношение запасов и добычи от $N_{ГД}$ = 0,33 до $N_{ГД}$ = 0,54 при росте добычи с 500 до 2500 тыс. т/год.

Следовательно, нижним пределом устойчивой работы шахты является отношение ($N_{ГД}^{min}$) минимального объема готовых к выемке запасов (2) к планируемой добыче, то есть

$$N_{ГД} = \frac{Q_г^{min}}{Д} = 0,188 + 0,000137Д. \qquad (3)$$

По аналогии с уравнением (2) построен график функции

$$Q_г^{ср} = 0,885Д + 0,000137Д^2, \qquad (4)$$

где $Q_г^{ср}$ – средний объем готовых к выемке запасов по шахте, тыс. т.

Эта зависимость сверху ограничивает область устойчивой работы шахты при минимальных затратах, поэтому можно выделить три зоны:

- неустойчивой работы шахты при $N_{ГД} < N_{ГД}^{min}$ из-за высокой вероятности «разрыва» очистного фронта;
- устойчивой рентабельной работы шахты при $N_{ГД}^{min} < N_{ГД} < N_{ГД}^{ср}$;
- устойчивой нерентабельной работы при $N_{ГД} > N_{ГД}^{ср}$ из-за больших затрат на поддержание горных выработок и «омертвления» инвестиций.

Анализ зависимостей позволяет утверждать, что при подготовке и выемке данных выемочных столбов (до 4 км) шахта вынуждена поддерживать большой объем выработок и большую протяженность транспортных сетей и коммуникаций, поэтому связи предлагается делить длинный выемочный столб на секции по предложению д.т.н. В.Д. Ялевского и В.А. Федорина.

По аналогии с формулой (3) отношение ($N_{ГД}^{ср}$) среднего объема готовых к выемке запасов (3.4) к планируемой добыче можно определить по формуле

$$N_{ГД}^{ср} = \frac{Q_г^{ср}}{Д} = 0,885 + 0,000137Д \qquad (5)$$

Резервом воспроизводства готовых к выемке запасов являются подготовленные запасы.

Для определения оптимального соотношения подготовленных запасов и объемов добычи использованы ретроспективные результаты работы в течение семи лет девяти шахт ЗАО УК «Южкузбассуголь».

На рис. 2 представлены точки в координатах осях: ордината – подготовленные запасы $Q_п$, тыс. т; абсцисса – добыча по шахте $Д$, тыс. т/год.

Методами статистики тесной зависимости между подготовленными запасами и объемом добычи не установлено, что свидетельствует об отсутствии оптимальной системы управления процессом воспроизводства подготовленных запасов.

По аналогии с методикой построения графиков, приведенных на рис. 1, построены зависимости, ограничивающие зону устойчивой рентабельной работы шахты

$$Q_п^{min} = 0,750Д + 0,00025Д^2;$$
$$Q_п^{ср} = 1,858Д + 0,00025Д^2 \qquad (6)$$

где $Q_п^{min}$ – минимальный объем подготовленных запасов, тыс. т; $Q_п^{ср}$ – средний объем подготовленных запасов, тыс. т.

Минимальное ($N_{ГД}^{min}$) и среднее ($N_{ГД}^{ср}$) отношение объема подготовленных запасов к добыче можно определить по формулам:

$$N_{пз}^{min} = \frac{Q_п^{min}}{Д} = 0,750 + 0,00025Д; \qquad (7)$$

$$N_{пз}^{ср} = \frac{Q_п^{ср}}{Д} = 1,858 + 0,00025Д. \qquad (8)$$

Из полученных и уравнений (7) и (8) следует, что при увеличении объемов добычи с 1000 до 2500 тыс. т/год минимальное отношение подготовленных запасов к добыче увеличивается в пределах $1 < N_{ГД}^{min} < 1,4$, а среднее отношение – в пределах $2,1 < N_{ГД}^{ср} < 2,5$.

Следовательно, устойчивое воспроизводство готовых к выемке запасов возможно при отношении объема подготовленных запасов к добыче $1<N_{ГД}<2,5$.

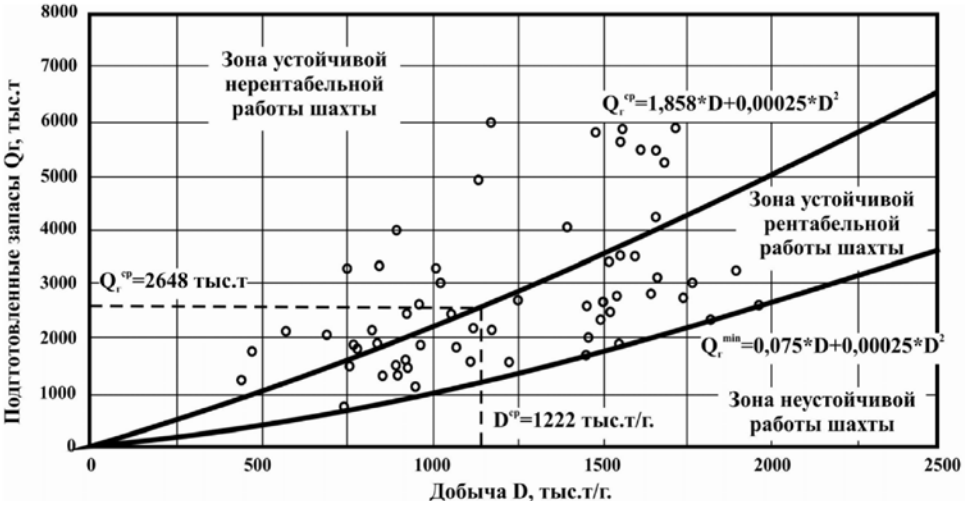

Рис. 2. Зависимости подготовленных запасов от добычи угля по данным шахт ЗАО УК «Южкузбассуголь»

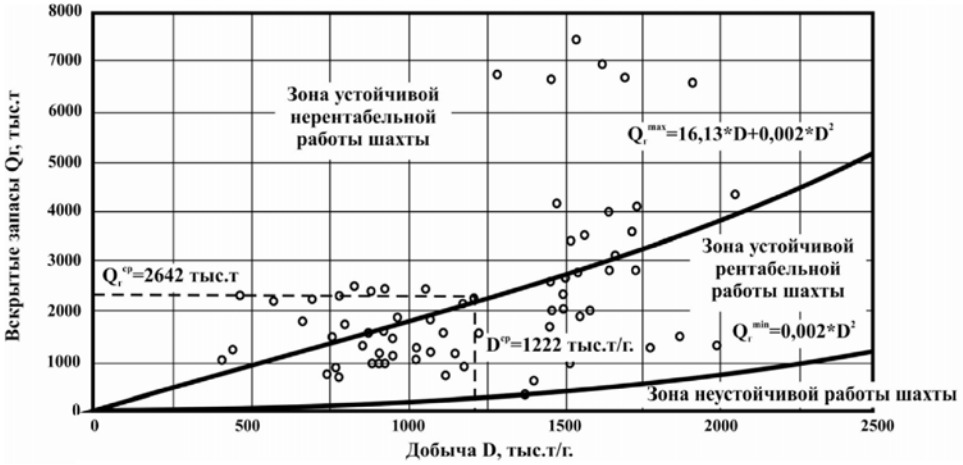

Рис. 3. Зависимость вскрытых запасов от добычи угля по данным шахт ЗАО УК «Южкузбассуголь»

Основным резервом воспроизводства подготовленных запасов являются вскрытые запасы, в том числе благоприятные для высокоэффективной обработки длинными КМЗ. При выборочном освоении георесурсов высокоэффективными технологиями с последующей доработкой оставшихся участков шахтных полей по новым адаптивным технологиям, промышленные запасы предлагается разделить на группы по уровню адаптивности к КМЗ. Необходимо осуществлять вскрытие угольных пластов, условия залегания которых, соответствуют применению длинных КМЗ, поэтому регламентированное нормами технологического проектирования деление шахтного поля на горизонты со сроком отработки 10–25 лет не всегда оправдано в рыночных условиях.

С учетом ограничений инвестиций на вскрытие и подготовку шахтного поля, горизонта или блока производится вскрытие локальных участков в пределах 1–2 угольных пластов на границе с поверхностью или верхним рабочим горизонтом. Следовательно, целесообразно оценить минимальный объем вскрытых запасов, обеспечивающий рентабельную работу шахты.

На рис. 3 представлены точки в координатах осях: ордината – объем вскрытых запасов, тыс. т; абсцисса – объем добытого угля, тыс. т/год по каждой шахте. Исходные данные приняты по результатам ретроспективного анализа работы девяти шахт ЗАО УК «Южкузбассуголь» в течение семи лет. Обработка результатов ретроспективного анализа проведена по изложенной методике.

Нижняя граница зоны устойчивого воспроизводства запасов (рис. 3) определяется по формуле

$$Q_B^{\min} = 0,002Д^2; \qquad (9)$$

верхняя граница

$$Q_B^{\max} = 16,13Д + 0,002Д^2; \qquad (10)$$

где $Q_B^{\min}, Q_B^{\max}$ – минимальное и максимальные объемы вскрытых запасов соответственно, тыс. т.

Рекомендуемые соотношения между объемами вскрытых запасов и добычи предлагается определять по формулам: минимальное отношение

$$N_B^{\min} = \frac{Q_B^{\min}}{Д} = 0,002Д^2; \qquad (11)$$

максимальное отношение

$$N_B^{\max} = \frac{Q_B^{\max}}{Д} = 16,13 + 0,002Д. \qquad (12)$$

Рекомендуемые соотношения между вскрытыми, подготовленными, готовыми к выемке запасами и годовой добычей шахт Д

Наименование отношения	Граница зоны рационального применения	Расчетная формула	Рекомендуемые отношения при добыче *Д*, тыс. т/год		
			900	1500	2400
Вскрытых запасов к добыче $N_{ВД}$	верхняя	$N_{ВД}^{max} = 16{,}13+0{,}002Д$	18	19	21
	нижняя	$N_{ВД}^{min} = 0{,}002Д$	2	3	5
	рациональная	$N_{ВД} = 4+0{,}002Д$	6	7	9
Подготовленных запасов к добыче $N_{ПД}$	верхняя	$N_{ПД}^{max} = 1{,}858+0{,}00025Д$	2	2	3
	нижняя	$N_{ПД}^{min} = 0{,}75+0{,}00025Д$	1	1,1	1,4
	рациональная	$N_{ПД} = 1{,}3+0{,}0025Д$	1,5	1,7	1,9
Готовых к выемке запасов к добыче $N_{ГД}$	верхняя	$N_{ГД}^{max} = (855+0{,}137Д)10^{-3}$	1,00	1,06	1,18
	нижняя	$N_{ГД}^{min} = (188+0{,}137Д)10^{-3}$	0,31	0,39	0,52
	рациональная	$N_{ГД} = (500+0{,}137Д)10^{-3}$	0,62	0,71	0,93

При росте объемов добычи с 1000 до 2500 тыс. т/год минимальное отношение увеличивается в пределах $2 < N_B^{min} < 5$, а максимальное $18 < N_B^{max} < 21$. Полученные отношения равны количеству лет, необходимых для отработки вскрытых запасов угля. Согласно принципу соответствия продолжительности освоения георесурсов шахтного поля или блока циклу научно-технического прогресса создание новой технологии и техники (5–11 лет) среднее отношение вскрытых запасов к добыче должно соответствовать этому циклу. Для соблюдения этого принципа рекомендуется вычислить отношение объема вскрытых запасов к годовой добыче по формуле

$$N_В = 4+0{,}002Д. \quad (13)$$

При росте добычи от 1000 до 2500 тыс. т/г среднее отношение $6 \le N_{ср} < 9$.

По результатам длительных натурных экспериментов обоснованы рациональные соотношения планируемой добычи угля, вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, систематизированные в таблице.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Ермаков Егор Анатольевич – аспирант, МГИ НИТУ «МИСиС», *e*-mail: ud@msmu.ru, начальник договорного отдела, ООО «Сибниииуглеобогащение».

UDC 622.013.362:622.2.32

JUSTIFICATION OF OPTIMUM RATIOS OF VOLUMES OF PRODUCTION, COAL RESERVES, OPENED, PREPARED AND READY TO DREDGING

Ermakov E.A., Graduate Student,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, *e*-mail: ud@msmu.ru,
Chief of Contractual Department of Ltd. «Sibniiugleobogashcheniya», Prokopevsk, Russia.

In article questions of steady and profitable work of coal mines are considered, the received dependences of borders of zones of steady unprofitable, steady profitable and their unstable work at the certain ratios the vskrykh prepared and the fulfilled coal reserves are presented.

Key words: work, mine, zones, steady, profitable, nestoychivy ratio, stocks.