УДК 622.271.4

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЛОГОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К РАЗРАБОТКЕ ПО УГЛУБОЧНО-СПЛОШНОЙ СИСТЕМЕ

THE ORDER OF MINING AND GEOMETRICAL ANALYSIS OF A FLAT SEAM IN PREPARATION FOR THE DEVELOPMENT OF COMBINED METHOD OF MINING

Злобина Елена Владимировна,
ст. преп. Email: fedjanina@list.ru
Zlobina Elena V., Senior lecturer,

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация. *В статье развиваются теоретические положения проведения горно-геометрического анализа пологих угольных залежей при составлении технического проекта угольного месторождения разрабатываемого по углубочно-сплошной системе.*

Abstract. *The article develops the theoretical principles of mining and geometrical analysis of shallow coal deposits in the preparation of the technical design of the coal mine developed by combined mining method.*

Ключевые слова: *горно-геометрический анализ, пологая залежь, углубочно-сплошная система разработки, режим горных работ, проектирование открытых горных работ.*

Keywords: *geometrical analysis of a quarry field, shallow coal deposits, combined mining method, mode of mining operations, technical design of surface mining.*

При сплошной системе разработки применяется бестранспортная технология с использованием шагающих драглайнов, при углубочной – транспортная с использованием карьерных автосамосвалов

В специальной литературе недостаточно представлен материал по проведению горно-геометрического анализа разработки пологих залежей по углубочно-сплошной системе.

В работах [1, 2, 3] изложены только основные принципы проведения анализа, но не отражена главная особенность − взаимодействие двух систем разработки при развитии горных работ. Эту взаимосвязь необходимо учитывать при решении ряда организационных и оптимизационных задач проектирования.

Согласно принципам проведения горно-геометрического анализа пологих залежей на профиле залежи вычерчивается ряд положений фронта работ (этапов) через определенные интервалы его подвигания.

Анализ, проведенный в соответствии с этой установкой, позволяет только определить объемы угля и вскрыши и их распределение по этапам развития горных работ, но не дает объемы и распределение составляющих вскрыши по технологиям: наносов (относится к транспортной вскрыше), коренных пород транспортной и бестранспортной технологии. Знание же этих объемов и их распределение необходимо для обоснования комплекса оборудования и календарного планирования.

Следующее замечание относится к вычерчиванию положения фронта на этапах. Согласно основным принципам анализа положение фронтов работ по технологиям (зонам) не выделяется, что и не позволяет рассматривать их раздельно и учитывать последовательность производства горных работ.

В рассматриваемых условиях ведущей технологией является бестранспортная, так как бестранспортный уступ располагается непосредственно над угольным пластом и от интенсивности его разработки зависит скорость подготовки пласта к выемке, то есть годовая производительность разреза по добыче (участка, блока). Поэтому горно-геометрический анализ следует начинать с назначения этапов по бестранспортному слою.

В этом случае этапы по транспортному слою будут соподчиненными, хотя организационно они должны выполняться с опережением для обеспечения бесперебойной работы по бестранспортному слою, обеспечивая тем самым непрерывную подготовку запасов. Аналогично разработка наносов должна опережать ведение работ по коренным породам транспортной вскрыши (рис. 1).

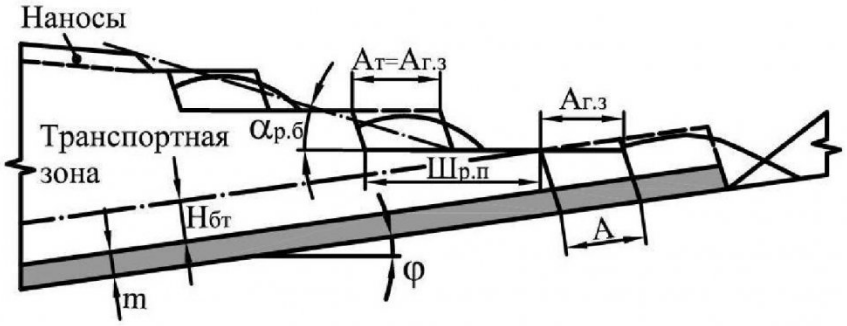

Рис. 1. Текущее положение горных работ при разработке пологого пласта по углубочно-сплошной системе

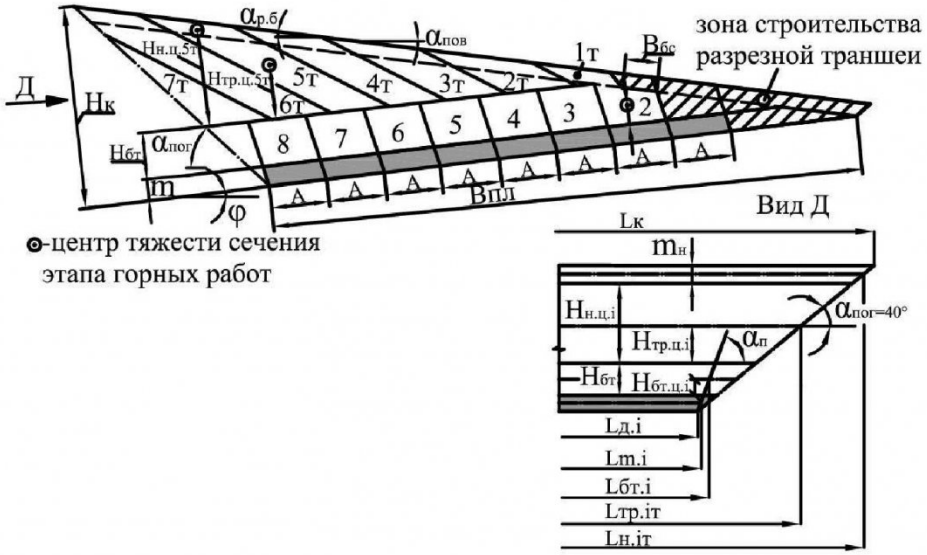

Рис. 2. Схема горно-геометрического анализа карьерного поля при его разработке по углубочно-сплошной системе (залежь с одним пологим пластом)

На схеме обозначено: $H_{бт}$ − высота бестранспортной зоны, м; m − мощность пласта, м; φ − угол залегания пласта, градус; A − ширина буровзрывной заходки, м; $A_т$ − то же, транспортного уступа, м; $Ш_{р.п}$ − ширина рабочей площадки, м; $A_{г.з}$ − горизонтальная ширина бестранспортной заходки, м; $\alpha_{р.б}$ − угол наклона рабочего борта транспортной зоны, градус.

Как видно из рис. 1, между разрабатываемым бестранспортным уступом и нижним уступом транспортной зоны должна располагаться полоса шириной $A_{г.з}$, для обуривания смежного бестранспортного уступа, а также площадка шириной достаточной для размещения бурового станка для бурения последнего ряда скважин.

С учетом изложенного предлагаемые теоретические положения горно-геометрического анализа карьерного поля при его разработке по углубочно-сплошной системе показаны на схеме (рис. 2), построенной по исходным данным: мощность пласта m = 8 м, угол его залегания φ = 8°; мощность наносов $m_н$ = 7 м, угол наклона дневной поверхности $\alpha_{пов}$ = 5°; плотность угля $\gamma_у$ = 1,35 т/м^3; угол погашения борта карьера $\alpha_{пог}$ = 40°; угол откоса бестранспортного уступа $\alpha_п$ = 70°; угол откоса бестранспортного уступа по наносам $\alpha_н$ = 45°; ширина бермы по наносам $b_н$ = 6 м; угол наклона рабочего борта транспортной зоны $\alpha_{р.б}$ = 25°; граничный коэффициент вскрыши $K_{гр}$ = 11,5 т/м; глубина карьерного поля $H_к$ = 97 м; средняя длина угольного пласта L_m = 802 м; ширина пласта по его почве в карьерном поле $B_{пл}$ = 301 м; запасы угля в карьерном поле $Q_{кп}$ = 1,87 млн. м^3.

Принимается, что при горно-геометрическом анализе рассматривается только эксплуатационный период разработки карьерного поля, начинающийся с момента сдачи разреза в эксплуатацию.

Начиная от нижней бровки борта погашения в сторону выхода пласта по бестранспортному слою под рабочим углом откоса $\alpha_п$ = 70° откладываются этапы шириной A = 30 м. Ширина разрезной траншеи составляет 30-50 м.

В рассматриваемом примере 8 этапов.

Этапы по бестранспортному слою обозначаются буквой «i» (i=1, 2, 3…8) и отсчитываются от зоны проходки разрезной траншеи (рис. 2).

За период строительства разреза проходится разрезная траншея. Ширина бермы по наносам $B_{бс}$ = 15 м, достаточная для установки бурового станка для бурения скважин последнего ряда по первой бестранспортной заходки.

Назначение этапов в транспортной зоне основывается на организационной взаимосвязи разных технологий по зонам. Этапы в транспортной зоне откладываются под углом наклона рабочего борта ($\alpha_{р.б}$) и обозначаются индексом «т»: $i_т = 1_т, 2_т$. Порядок этапов по зонам показан в табл. 1.

Таблица 1. Этапы по зонам карьерного поля

Зона	Наименование этапа							
Бестранспортная	1	2	3	4	5	6	7	8
Транспортная	$1_т$	$2_т$	$3_т$	$4_т$	$5_т$	$6_т$	$7_т$	-

Расчет объемов вскрыши и угля по зонам и этапам карьерного поля производится раздельно с выделением элементов по виду горных пород: наносы, коренная порода и уголь, поскольку удельные затраты на их разработку различные и это необходимо учитывать при экономической оценке вариантов.

Поэтапные объемы угля ($V_{т.i}$), наносов ($V_{н.iт}$), коренных пород транспортной вскрыши ($V_{тр.iт}$) и бестранспортной вскрыши ($V_{бт.i}$) находятся как произведение соответствующей площади сечения элемента (S) этапа на его протяженность по карьерному полю (L).

Площадь сечения (S) вычисляется аналитически для правильных многоугольников или определяется в редакторе «AutoCad» для сложных геометрических форм при построении чертежа горно-геометрического анализа.

Протяженность элемента (L) зависит от длины карьерного поля по дну ($L_д$), угла погашения борта в торцах ($\alpha_{пог}$) и положения по высоте центра тяжести сечения ($H_ц$) относительно базовой плоскости. Параметр ($H_ц$) определяется при выполнении чертежа горно-геометрического анализа.

Учет протяженности элементов позволяет определить объемы вскрыши и угля в торцах карьерного поля. Такой методический подход повышает точность расчетов, так как в зависимости от глубины карьерного поля, длины фронта работ и угла залегания пласта объем торцов составляет 6–14% от общего объема карьера.

Ниже приведен перечень выделенных элементов по этапам и зонам с указанием необходимых для расчетов определяющих параметров и соответствующей индексации:

– пласт: $L_{т.i,}$ м; $S_{т.i,}$ м^2; $V_{т.i,}$ м^3;

– бестранспортный уступ (коренная порода): $H_{бт.цi}$, м; $L_{бт.i,}$ м; $S_{бт.i,}$ м^2; $V_{бт.i,}$ м^3; как пример на рис. 2 для этапа $i = 2$ положение центра тяжести сечения бестранспортного уступа обозначено как $H_{бт.ц2}$, м;

– транспортная зона (вместе наносы и коренная порода): $H_{тр.цiт}$, м; $L_{тр.iт,}$ м; $S_{тр.iт,}$ м^2; $V_{тр.iт,}$ м^3; как пример, на рис. 2 для этапа $i_т = 5$ т положение центра тяжести сечения транспортной зоны обозначено $H_{тр.ц5т}$;

– наносы: $H_{н.цiт}$, м; $L_{н.iт,}$ м; $S_{н.iт,}$ м^2; $V_{н.iт,}$ м^3; как пример, на рис. 2 для этапов $i_т = 5$ т положение центра тяжести сечения наносов обозначено $H_{н.ц5т}$.

В табл. 2 и 3 приведены формулы для расчета параметров элементов этапов.

Таблица 2. Формулы расчета длины и сечения элементов этапов

Протяженность элементов
1. $L_{т.i} = L_{д.i} + m \cdot ctg\alpha_n$.
2. $L_{бт.i} = L_{д.i} + (2m + H_{бт.i}) \cdot ctg\alpha_n$.
3. $L_{тр.i} = L_{д.i} + (2m + 2H_{бт.i} + H_{тр.цiт}) \cdot ctg\alpha_n$.
4. $L_{н.iт} = L_{д.i} + (2m + 2H_{бт.i} + H_{тт.цiт}) \cdot ctg\alpha_n$
7. $S_{т.i} = m \cdot B_э$.
8. $S_{бт.i} = H_{бт.i} \cdot B_э$.
10. $S_{тр.iт}$ – площадь сечения элементов транспортной зоны определяется при выполнении чертежа.
12. $S_{н.iт}$ – площадь сечения элементов по наносам для первого этапа ($S_{н.1т}$) и последнего ($S_{н.iт}$) определяются при выполнении чертежа, а для остальных как $S_{н.iт} = \frac{m_н \cdot B_э \cdot sin(\alpha_{р.б} + \varphi)}{sin(\alpha_{р.б} - \alpha_{пов})}$.

Таблица 3. Формулы расчета объема угля и вскрыши по элементам этапа

$V_{т.i} = S_{т.i} \cdot L_{т.i}$.
$V_{бт.i} = S_{бт.i} \cdot L_{бт.i}$
$V_{тр.iт} = S_{тр.iт} \cdot L_{тр.iт}$
$V_{н.iт} = S_{н.iт} \cdot L_{н.iт}$
$V_{к.п.iт} = V_{в.тр.iт} - V_{н.iт}$
$Q_{т.i}$ – запасы угля
Всего вскрыши по сопряженным этапам транспортной и бестранспортной зон ($V_{i;iт}$) $V_{i;iт} = V_{бт.i} + V_{тр.iт}$
Текущий коэффициент вскрыши по этапам бестранспортной зоны ($K^0_{в.бт.i}$) (объемное решение) $K^0_{в.бт.i} = \frac{V_{бт.i}}{Q_{т.i}}$
Текущий коэффициент вскрыши по сопряженным этапам ($K^0_{в.i}$) $K^0_{в.i;iф} = \frac{V_{i;iт}}{Q_{т.i}}$

Таблица 4. Результаты горно-геометрического анализа

Параметры	Этапы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Бестранспортная зона								
Уголь								
$S_{т.i}$, м^2	180	180	180	180	180	180	180	180
$L_{т.i}$, м	802,2	802,2	802,2	802,2	802,2	802,2	802,2	802,2
$V_{т.i}$, млн.м^3	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144
$Q_{т.i}$, млн.т	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194
Вскрыша								
$S_{бт.i}$, м^2	270	263	750	750	750	750	750	750
$H_{бт.цi}$, м	7	10,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
$L_{бт.i}$, м	810	812	814	814	814	814	814	814
$V_{бт.i}$, м^3	0,22	0,51	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
$K^0_{в.бт.i}$	1,13	2,63	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
2. Транспортная зона (вскрыша)								
	1т	2т	3т	4т	5т	6т	7т	–
$S_{тр.iт}$, м^2	330	620	957	1295	1617	1840	1030	–
$H_{тр.цiт}$, м	4,5	9,5	14,5	19,5	24,5	28	18	–
$L_{тр.iт}$, м	860	866	872	848	884	888	876	–
$V_{тр.iт}$, млн. м^3	0,284	0,537	0,835	1,137	1,429	1,634	0,902	–
$S_{н.iт}$, млн.м^3	298	336	336	336	336	280	–	–
$H_{н.цiт}$, м	6	16	26	36	46	55	–	–
$L_{н.iт}$, м	862	874	885	897	909	920	–	–
$V_{н.iт}$, млн.м^3	0,257	0,294	0,297	0,301	0,305	0,257	–	–
$V_{к.п}$, млн.м^3	0,027	0,243	0,538	0,836	1,124	1,377	0,902	–
Показатели по этапам карьерного поля								
$V_{i.iт}$, млн.м^3	0,504	1,047	1,445	1,747	2,039	2,244	1,512	0,611
$K^0_{в.i.iт}$	2,6	5,4	7,45	9,0	10,51	11,56	7,79	3,14
Итого: запасы угля $Q_э$ = 1,55 млн.т; всего объем вскрыши V = 11,15 млн.м^3, в т.ч. бестранспортная вскрыша $V_{бт}$ = 4,39 млн.м^3, транспортная вскрыша коренных пород $V_{к.п}$ = 5,05 млн.м^3, наносы $V_н$ = 1,71 млн.м^3; средний коэффициент вскрыши $K^0_{в.ср}$ = 7,2 м^3/т.								

В табл. 4 приведены результаты горно-геометрического анализа. В расчетах длина карьерного поля на этапах принималась $L_{д.i} = L_д$= 800 м.

Анализ сводных графиков режима горных работ (рис. 3).показывает, что:

– распределение объемов угля по этапам относительно равномерное (рис. 3-а);

– распределение объемов бестранспортной вскрыши характеризуется монотонным возрастанием на первых этапах (этапы 1, 2, 3), где происходит увеличение высоты бестранспортного уступа до её максимального значения ($H_{бт}$ = 25 м). На следующих этапах объемы распределены равномерно. Такой вид графика (не имеющий «пиковых» объемов вскрыши) не требует регулирования при календарном планировании;

– объемы распределения транспортной вскрыши коренных пород характеризуются пиковым значением. Такой вид графиков требует регулирования при календарном планировании;

– текущий коэффициент вскрыши $K^0_{в.бi.i}$ при разработке бестранспортной зоны возрастает на первых этапах, а затем становится равномерным (рис. 3-б);

– текущий коэффициент вскрыши по сопряженным этапам обеих зон $K^0_{в.i}$ имеет «пиковый» характер, что определяется распределением по этапам транспортных объемов.

По результатам работы сделаны следующие выводы.

1. При горно-геометрическом анализе этапы по транспортной вскрыше должны смещаться относительно этапа по бестранспортному уступу на ширину бестранспортной заходки.

2. Разработка транспортной вскрыши корен-

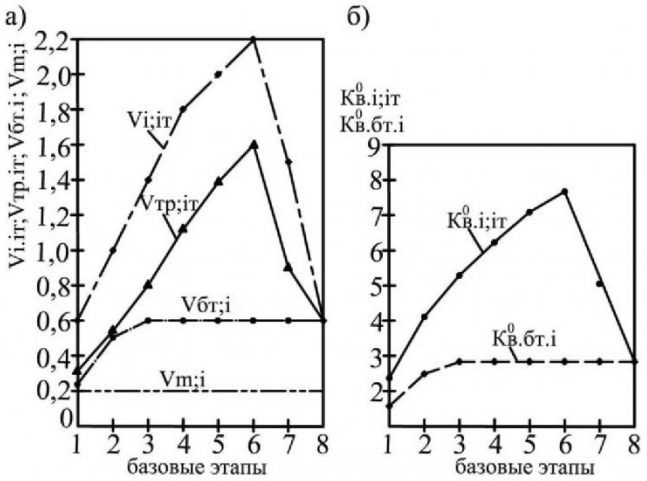

Рис. 3. Графики режима горных работ: а − распределение по этапам объемов угля ($V_{m.i}$), бестранспортной вскрыши ($V_{бт.i}$), транспортной вскрыши ($V_{mp.im}$), суммарного объема вскрыши ($V_{i.im}$); б − то же для текущих коэффициентов вскрыши: при разработке бестранспортной зоны ($K^0_{в.бт.i}$) и на сопряженных этапах ($K^0_{в.i.im}$).

ных пород должна быть завершена к концу отработки предпоследней бестранспортной заходки с тем, чтобы на последней можно было бы производить буровые работы.

3. Отработка наносов должна опережать выемку коренных пород транспортной зоны и должна быть завершена до момента максимального развития транспортного борта.

4. Число этапов горно-геометрического анализа транспортной зоны из-за необходимости более раннего окончания выемочных работ должно быть меньше, чем по бестранспортной зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование карьеров / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин. − М.: Издательство Академии горных наук, 2001. − Т.1. − 519 с.

2. *Ржевский, В.В.* Открытые горные работы: учебн. для вузов. Ч. II. Технология и комплексная механизация. − М.: Недра, 1985. − 549 с.

3. *Хохряков, В.С.* Проектирование карьеров: учебн. для вузов. − М.: Недра, 1992. − 383 с.

REFERENSES

1. Proektirovanie kar'erov / K.N. Trubeckoj, G.L. Krasnjanskij, V.V. Hronin. − M.: Izdatel'stvo Akademii gornyh nauk, 2001. − T.1. − 519 s.

2. Rzhevskij, V.V. Otkrytye gornye raboty: uchebn. dlja vuzov. Ch. II. Tehnologija i kompleksnaja mehanizacija. − M.: Nedra, 1985. − 549 s.

3. Hohrjakov, V.S. Proektirovanie kar'erov: uchebn. dlja vuzov. − M.: Nedra, 1992. − 383 s.

Поступило в редакцию 21.12.2015
Received 21 December 2015