

УДК 622.142.5

ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В ПРОИЗВОЛЬНОМ СЕЧЕНИИ

Науменко И.В., студент ГМс-171, V курс

Научный руководитель: Т.Б. Рогова, д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Принятие целого ряда решений, принимаемых при проектировании и планировании развития горных работ, требует наличия информации о характере поведения пласта в его произвольном сечении, не совпадающим с положением линий разведочных скважин.

Погрешность прогнозного положения пласта по направлению разведочных линий может быть определена в соответствии с Методическими рекомендациями [1]. Для этого сеть замеров делится на группы перекрывающих друг друга мини-разрезов, состоящих из четырех скважин: 1–2–3–4, 2–3–4–5 и 3–4–5–6 на рис. 1. В границах каждого из мини-разрезов производится построение ожидаемого положения почвы (кровли) пласта на основе использования кубического сплайна. При этом на перекрывающихся участках мини-разрезов наблюдается многовариантность построений пласта.

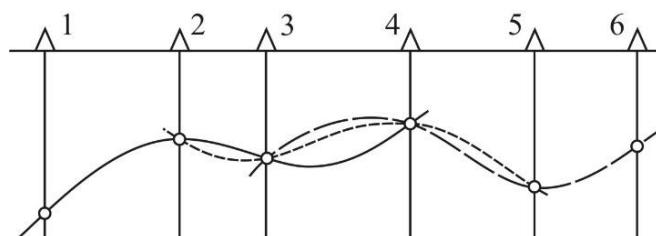


Рис. 1. Формирование мини-разрезов

Для каждой пары скважин отстраиваются возможные граничные положения пласта (кривые MCN и MDN на рис. 2). Заключенная между ними зона является зоной неопределенности в положении пласта μ .

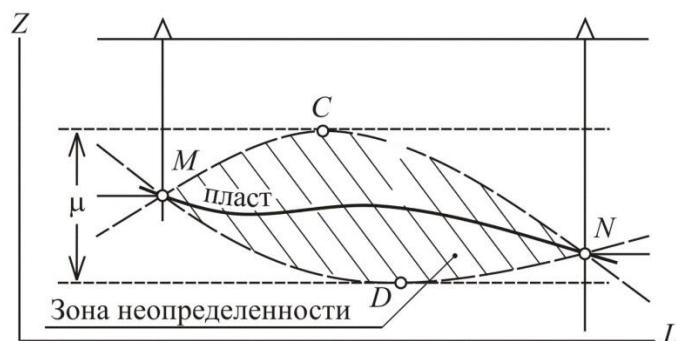


Рис. 2. Оценка многовариантности положения пласта

По полученным оценкам неопределенности между парами замеров рассчитываются величины ожидаемых погрешностей положения пласта m_o .

Ожидаемая с вероятностью 0,68 погрешность прогнозного положения пласта в нормальном к нему направлении для внешних (концевых) пар пересечений (типа 1–2 и 5–6 на рис. 1) составляет $m_o = 1,7\mu$; для внутренних пар пересечений (типа 2–3, 3–4 и 4–5) – $m_o = 0,7\mu$. Числовые коэффициенты ($k = 1,7$ и $k = 0,7$) уравнений являются усредненными, и их рекомендуется уточнять для отдельного действующего предприятия на основании материалов сопоставлений данных горных и разведочных работ.

Описанная выше методика может быть использована для оценки погрешности положения пласта в произвольном сечении АБ (рис. 3, *a*), однако предварительно необходимо определить высотные отметки серии лежащих в его плоскости точек (типа *M*, *N* и др.) и проведения через них кривой, характеризующей положение угольного пласта (рис. 3, *б*).

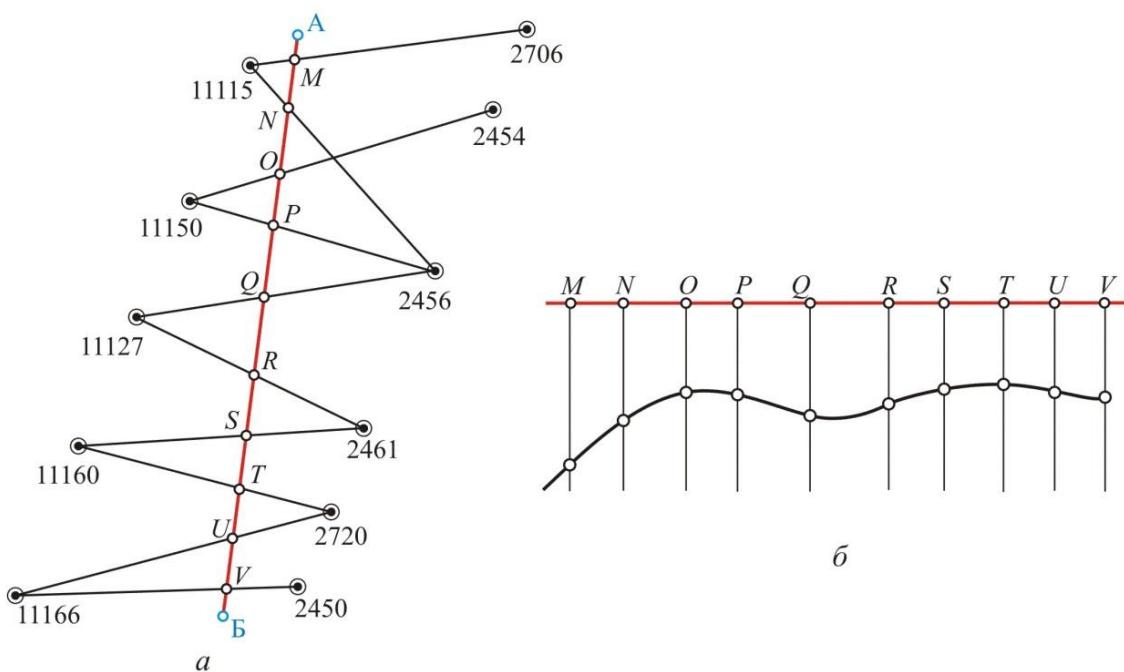


Рис. 3. Определение положения точек на линии сечения: *a* – план; *б* – сечение

Выполнение оценки возможно только в случае, если имеются скважины (например, 11115, 2706 и др. на рис. 3, *a*), которые с двух сторон обрамляют искомое сечение, создавая тем самым возможность определения отметок отдельных точек (*M*, *N*) пласта в сечении путем интерполяции между скважинами.

Для оценки положения пласта в произвольном сечении необходимо:

1. Подготовить исходные данные по разведочным скважинам, определив плановые координаты (X , Y) и высотную отметку пластоподсечения, азимут падения и угол падения пласта в скважине.
2. Указать положение анализируемого сечения на плане координатами (X , Y).

3. На плане сформировать направления между скважинами (11115–2706, 11150–2454 и др. на рис. 3, а) и определить высотную отметку пласта в точке пересечения каждого направления с выбранным сечением (в точках M, N и др.).

4. По высотным отметкам полученных точек построить профиль пласта (рис. 3, б).

5. Рассчитать неоднозначность μ положения пласта в точках на сечении с заданным шагом.

6. Определить ожидаемые погрешности положения пласта в точках сечения m_o .

Нахождение уточненных числовых коэффициентов k для расчета ожидаемых погрешностей m_o рассмотрим на примере горной выработки «Конвейерный наклонный ствол», пройденной между двумя разведочными линиями в условиях пласта 19 шахты «Костромовская» Кузбасса (рис. 4).

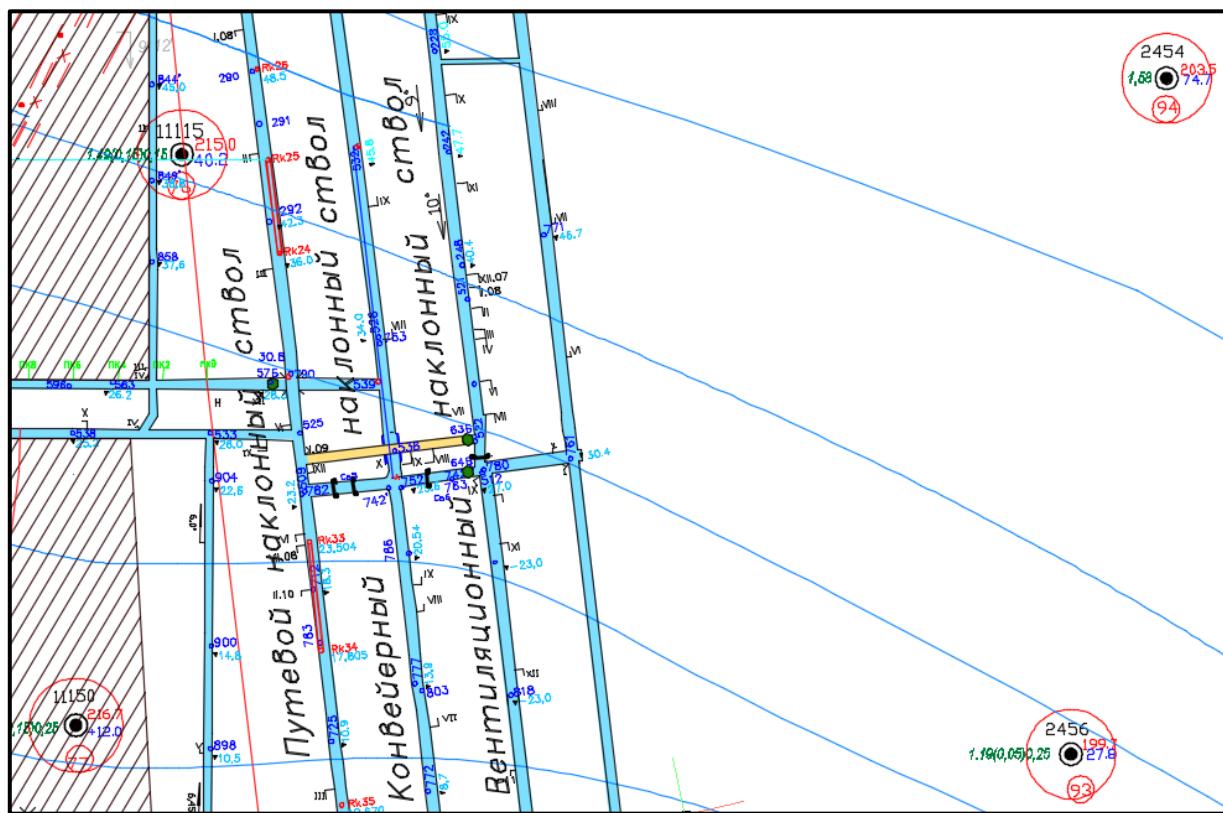


Рис. 4. Фрагмент плана горных выработок пласта 19 шахты «Костромовская»

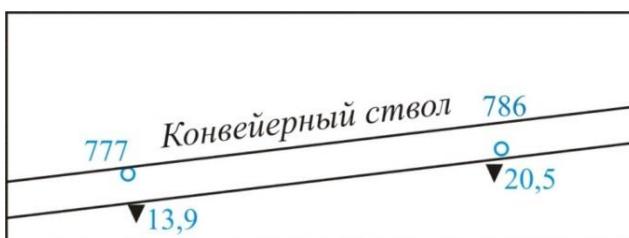
Направление выработки «Конвейерный наклонный ствол» (исследуемого сечения) было задано координатами двух маркшейдерских точек: № 534 и № 945.

По плану подсчета запасов пласта 19 были определены высотные отметки Z , плановые координаты X, Y пластоподсечений и элементы залегания пласта в скважинах – азимут и угол падения пласта (табл. 1).

Таблица 1
Исходные данные для оценки ожидаемой погрешности
положения угольного пласта в произвольном сечении

№ скважины	X, м	Y, м	Z, м	Система координат условная	
				Азимут падения, град	Угол падения, град
2706	2200	9454	95,1	206	7
2454	2061	9396	74,7	206	9
11115	2137	8961	40,2	213	5
2456	1779	9280	27,8	221	11
11150	1901	8852	12,0	200	6
2461	1501	9165	-15,3	206	7
11127	1696	8759	-8,4	198	4
2720	1357	9105	-25,5	194	3
11160	1470	8656	-23,4	213	3
2460	1225	9049	-32,4	185	3
11166	1208	8535	-35,5	210	1

По плану горных выработок определены плановые координаты маркшейдерских точек, расположенных в выработке «Конвейерный наклонный ствол» и отметки почвы пласта вблизи этих точек (рис. 5, табл. 2).



○777 - маркшейдерская точка и ее номер;
▼13,9 - высотная отметка почвы пласта

Рис. 5. Информация о положении пласта в горной выработке

Таблица 2
Данные по маркшейдерским точкам

Номер точки	X, м	Y, м	Z, м	Система координат условная			
				Номер точки	X, м	Y, м	Z, м
534	2191	9046	56,9	877	1671	8976	-6,5
532	2121	9037	45,8	881	1653	8974	-8,0
526	2036	9026	34,0	886	1581	8965	-12,8
752	1968	9019	25,6	888	1512	8956	-17,1
786	1939	9015	20,5	895	1453	8948	-19,8
777	1882	9003	13,9	914	1416	8945	-22,2
772	1834	8997	8,7	926	1367	8939	-24,2
787	1759	8991	0,8	936	1325	8933	-25,5
767	1751	8986	-0,2	944	1245	8923	-30,3
765	1725	8983	-2,8	945	1179	8914	-35,0

Синим цветом выделены маркшейдерские точки, показанные на рис. 5

После этого было выполнено формирование направлений интерполяции между парами замеров, расположенных по разные стороны от направления сечения (рис. 6), и произведены расчеты высотных отметок путем применения сплайн-интерполяции между скважинами [2] в отдельных точках выработки с шагом 50 м. Перечисленные действия и оценка неоднозначности положения пласта в сечении в этих же точках были выполнены с помощью компьютерной программы «PPS» – «Оценка погрешности произвольного сечения» [3].

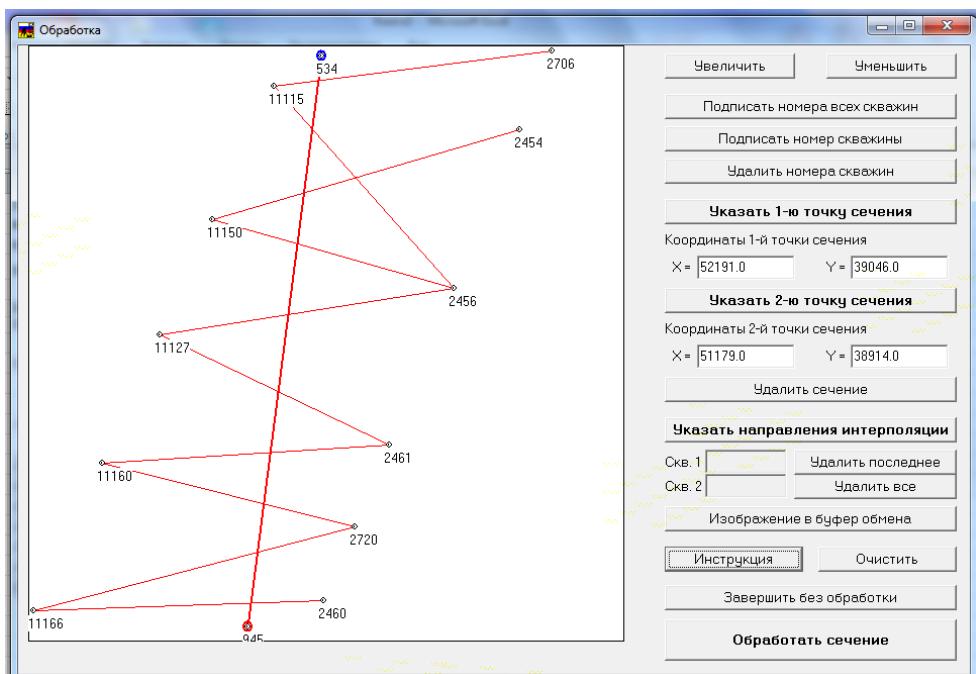


Рис. 6. Сформированное направление выработки
«Конвейерный наклонный ствол»

Результаты расчетов неоднозначности положения пласта в точках сечения через 50 м и высотных отметок пласта в них приведены в табл. 3. Фактическая погрешность m_f в точке определена как разность фактической Z_f и ожидаемой Z_o высотных отметок.

Корреляционная связь между значениями фактических погрешностей m_f и степенью неоднозначности μ (рис. 7) характеризуется коэффициентом корреляции равным 0,4. Данный уровень тесноты связи можно считать достаточно высоким, поскольку обычно коэффициент корреляции между фактическими и теоретически определенными погрешностями маркшейдерских измерений редко превышает 0,2.

В связи с этим в маркшейдерской практике предельные погрешности получаемых результатов определяются путем умножения расчетных погрешностей на коэффициенты, принимаемые на основе использования нормального закона распределения среднеквадратических погрешностей (в ответственных случаях этот коэффициент принимается равным 3, что соответствует вероятности оценки 0,997).

Таблица 3

Результаты расчета неоднозначности и фактической погрешности пласта
по выработке «Конвейерный наклонный ствол»

Расстояние	Неоднозначность, м	Ожидаемая высотная отметка Z_o , м	Фактическая высотная отметка Z_ϕ , м	Фактическая погрешность m_ϕ , м
0	0,4	46,3	50,3	4,0
50	0,5	41,0	43,0	2,0
100	1,3	36,4	35,7	0,7
150	1,3	31,8	29,3	2,5
200	1,3	26,7	22,1	4,6
250	1,4	19,8	15,9	3,9
300	1,4	12,9	10,4	2,5
350	1,4	7,1	5,1	2,0
400	1,4	1,9	-0,3	2,2
450	1,6	-3,0	-4,5	1,5
500	1,6	-7,7	-8,1	0,4
550	1,6	-12,1	-11,4	0,7
600	1,6	-16,3	-14,6	1,7
650	1,6	-20,2	-17,5	2,7
700	1,4	-22,5	-19,8	2,7
750	1,4	-23,9	-22,7	1,2
800	1,1	-26,9	-24,6	2,3
850	0,4	-29,9	-26,8	3,1
900	0,4	-32,3	-29,8	2,5

Красным цветом выделены значения для внутренних пар пересечений

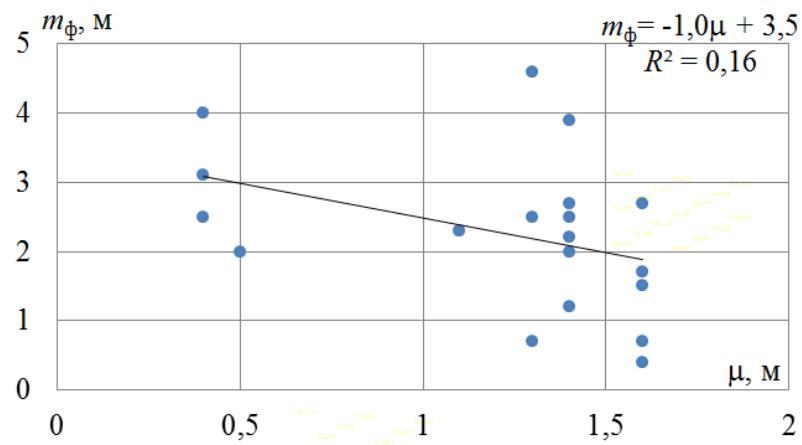


Рис.7. График зависимости фактической погрешности от неоднозначности положения пласта

Поэтому для осуществления прогноза погрешности положения пласта применен аналогичный подход, основанный на анализе законов распределения отношений фактических погрешностей и значений неоднозначности, который позволяет на основе фактических данных по заданной вероятности (0,68) установить коэффициент перехода, при котором ожидаемая погрешность $m_o = k \mu$ не превысит фактическую m_ϕ .

Для выработки «Конвейерный наклонный ствол» выполнены расчеты коэффициента k по точкам с шагом 50 и 20 м. При шаге 50 м коэффициент k для всех участков выработки составил 2,1; для внутренних участков – 1,8; при шаге 20 м – соответственно 2,3 и 1,8.

Коэффициент k для соседней выработки «Вентиляционный наклонный ствол» при шаге 50 м для всех участков выработки составил 2,0, а для внутренних участков – 1,7.

При установлении коэффициента k для оценки произвольного сечения, в отличие от сечения по направлению разведочных линий, выделять внешние и внутренние участки не целесообразно, поскольку расстояния между точками на линии сечения, по которым строится профиль пласта, значительно меньше, чем между скважинами.

Поэтому для пласта 19 определен обобщенный коэффициент k путем совместной обработки данных по двум выработкам («Конвейерный наклонный ствол» и «Вентиляционный наклонный ствол»), который составил 2,1.

Выводы:

1. Предлагаемый подход к оценке погрешности положения угольного пласта в произвольном сечении обеспечивает возможность ее определения и последующего использования при риск-анализе проектных решений по проведению горных выработок, на геометрию оси которых налагаются технологические ограничения.

2. Для условий пласта 19 шахты «Костромовская» для оценки положения проектируемых подготовительных выработок рекомендуется использовать зависимость $m_\phi = 2,1\mu$.

Список литературы

1. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию: ОЭРН. – М. – Кемерово, 2011. – 86 с.
2. Геометрия недр. Особенности геометризации угольных месторождений: учеб. пособие / Т. Б. Рогова, С. В. Шакlein. – Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2018. – 182 с.
3. Компьютерная программа «PPS» – Оценка ожидаемой погрешности положения угольного пласта в произвольном сечении.