

УДК 622.831.1

ПРОГНОЗ СДВИГА МАРКШЕЙДЕРСКИХ ПУНКТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА, ВЫЗВАННОГО ВЛИЯНИЕМ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Грищенко А.Н. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Виконана розробка методу розрахунку зсуву пунктів з обліком як напруженого стану товщі гірничого масиву навколо очисної виробки, так і напруженого стану на контурі виробки.

The development of the method of the calculation of the shift of the points with provision for both tense condition of the thick mass of the rock mass around long wall of the production, and tense condition on sidebar of the production.

Введение

Постановка проблемы и ее связь с практическими задачами.

Подземная маркшейдерская опорная сеть (ПМОС) включает в себя постоянные пункты, которые закладываются в приконтурном массиве горных выработок. Подземные маркшейдерские опорные сети создаются на протяжении всего срока существования шахты. Деформации горного массива в зонах влияния очистных работ приводят к деформациям горных выработок и закрепленных в них постоянных пунктов подземных маркшейдерских опорных сетей. Таким образом, сдвиг пунктов подземных маркшейдерских опорных сетей непосредственно связан с деформациями и сдвигами горного массива и горных выработок.

Анализ последних исследований, в которых начато решение проблемы. Как отмечается в работах [1, 9, 10] абсолютные значения величин смещений пунктов находятся в

диапазоне 20-1000 мм. Кроме того, анализ состояния подземных маркшейдерских опорных сетей на шахтах Донбасса, разрабатывающих угольные пласты в сложных горно-геологических условиях, показывает, что срок их службы в сложных условиях не превышает 2-3 лет. Статистический материал по съемкам горных выработок на угольных шахтах Донбасса свидетельствует о том, что в результате смещений пунктов ПМОС, маркшейдерская служба вынуждена была повторно переопределять их плановые координаты посредством прокладки значительного количества полигонометрических ходов. В ряде случаев протяженность повторных полигонометрических ходов в 5-10 раз превышает длину горных выработок, по которым эти ходы проложены.

Выделение нерешенной части проблемы. Вопросами смещений горных выработок вызванных влиянием горных работ занимались многие ученые, однако, вопрос относительно смещений маркшейдерских пунктов исследован недостаточно. Это объясняется тем, что производителей интересуют относительные смещения породы на контуре выработки, в результате чего она теряет свое сечение. Однако при уравнивании ПМОС необходимо знать абсолютные подвижки опорных реперов. Вместе с тем, относительные смещения на контуре выработки являются только частью общих смещений.

Таким образом, в настоящее время разработка метода прогноза сдвигов пунктов, вызванных влиянием добычных работ, является весьма актуальной.

Описание результатов исследований и их анализ. В современном представлении напряженное состояние вокруг горной выработки можно представить тремя зонами: зона полных разрушений, зона неупругих деформаций и зона упругих деформаций, которая располагается далее в угольно-породном массиве. Зона нарушенных пород формируется вблизи контура выработки, если вследствие концентрации напряжения на контуре выработок превышают пределы прочности пород. Зоной неупругих деформаций является область массива пород вокруг выработки, в которой проявляются пластические деформации.

Непосредственно после проведения очередного участка выработки породы вокруг нее практически мгновенно образуют зону деформаций. Она охватывает значительную область вокруг выработки, в том числе и вокруг ранее пройденной части этой же выработки на некотором расстоянии позади забоя.

Наибольшее влияние на устойчивость пунктов маркшейдерских пунктов оказывает именно зона неупругих деформаций, так как в пределах этой области горные породы переходят в частично раздробленное состояние и приобретают свойства сыпучей среды [2]. Наиболее вероятно предположить, что сдвиг маркшейдерского пункта будет состоять из двух составляющих: смещение в макросистеме и смещение в системе «порода-крепь».

При разработке нового метода прогноза сдвига пунктов автор предлагает рассматривать сдвиг маркшейдерских пунктов как сочетание его смещений в макро- и микросистеме.

Под *макросистемой* подразумевается область зоны сдвижений в окрестности очистного забоя. Под *микросистемой* подразумевается область неупругих деформаций вокруг подготовительной выработки.

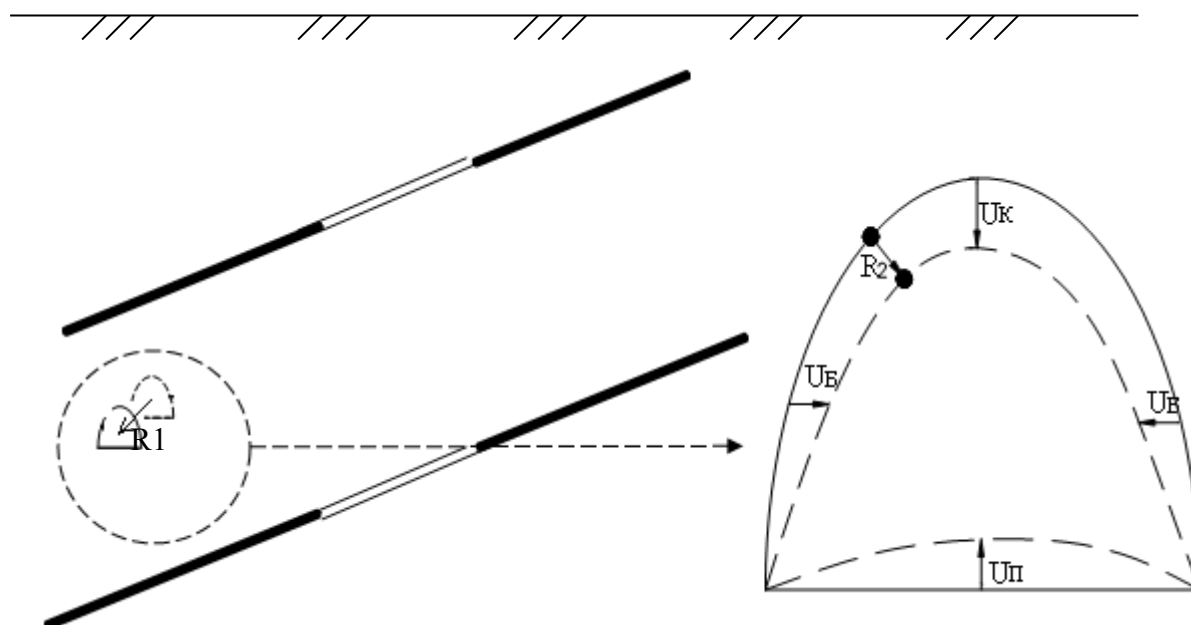


Рис. 1. Смещение пункта

Вектор сдвига маркшейдерского пункта можно рассматривать в первом приближении как сумму векторов двух смещений [3]. Первый вектор смещения – это смещение горного массива (макросистема), в том числе и смещение горной выработки в целом. Это смещение происходит в зоне упругих деформаций. Второй вектор смещения – это смещение в микросистеме, т.е. непосредственно возле выработки (в зоне неупругих деформаций). Данные смещения приведены по двум направлениям: бока и кровля-почва, что объясняется сложностью прогнозирования и моделирования смещений по другим направлениям. Таким образом, вектор сдвига маркшейдерского пункта R (рис. 1) можно рассматривать как сумму векторов смещений в двух системах: в макросистеме R_1 и микросистеме R_2 .

Зная суммарную величину смещения постоянного пункта и направление его смещения можно получить прогнозируемое положение смещенного маркшейдерского пункта с учетом фактора времени. Влияние времени учитывается в указаниях УкрНИМИ [4] и ВНИМИ [5] при расчете компонент сдвижения реперов на контуре выработки в микросистеме, а также учетом порядка отработки лав. Учитывая сложность поставленной задачи, а также для обеспечения наглядности целесообразно компьютеризировать расчеты.

Для определения смещений в макросистеме горного массива можно использовать различные методы (например, метод конечных элементов). В работе при определении смещений в макросистеме горного массива за основу был принят усовершенствованный Черняевым В.И. и Грищенко Н.Н. метод Шварца для решения плоской задачи в упругой постановке в зоне упругих деформаций [6]. Данный аналитический метод расчета напряженного состояния толщи горных пород в зонах влияния очистных выработок основан на разработанных в механике горных пород принципах математического моделирования, протекающих физических процессов.

Зная величину смещения постоянного маркшейдерского пункта и дирекционный угол смещения можно получить новое

(прогнозное) положение маркшейдерского пункта с учетом фактора времени (фактор времени учитывается в системе «порода-крепь»).

Так как усовершенствованный метод Шварца решает плоскую задачу, то его корректно использовать в местах, где отсутствуют краевые эффекты, т.е там, где лава отошла от разрезной печи на расстояние, не менее ее длины. В местах, где процесс деформации пород продолжается необходимо использовать расчетный метод, который бы решал объемную задачу, например известный расчетный метод Зборщика М.П и Назимко В.В, описанный в работе [7].

В работе [7] рассматривается область горного массива, затронутого очистными работами (рис. 2). Перекрывающие выработанное пространство слои пород авторы представляют как плиту мощностью h , покоящуюся на неоднородном основании. Жесткость этого основания максимальна в нетронутом массиве (K1) и минимальна над выработанным и обрушенным пространством (K2).

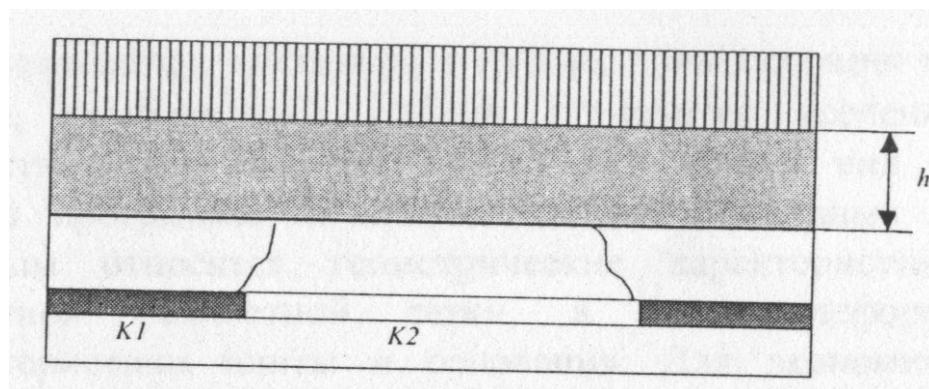


Рис. 2. Расчетная схема для определения напряжений в плоскости пласта при произвольной конфигурации выработанного пространства

Прогибы такой плиты описываются дифференциальным уравнением в смешанных производных четвертого порядка:

$$\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \frac{q}{D} - \frac{K \omega}{D},$$

где ω – прогибы точек плиты;

q – нормальная к срединной плоскости и распределенная по поверхности плиты пригрузка от вышележащей толщи;

K – коэффициент жесткости основания, изменяющийся в зависимости от наличия или отсутствия выработанного пространства;

D – цилиндрическая жесткость плиты.

Модель разработана для пространственного моделирования напряженного состояния горного массива с учетом произвольной конфигурации выработанного пространства, включая учет перераспределения напряжений при отработке свиты пластов.

Для вычисления эквивалентных напряжений используются формулы теории плит:

$$\sigma_x(i, j) = \frac{MX(i, j)}{W_{res}},$$

$$\sigma_y(i, j) = \frac{MY(i, j)}{W_{res}},$$

$$\tau_{xy}(i, j) = \frac{MXY(i, j)}{W_{rot}},$$

где $MX(i, j)$ – величина погонного изгибающего момента вдоль оси X в узле (i, j) расчетной сетки;

$MY(i, j)$ – то же в направлении Y ;

$MXY(i, j)$ – величина крутящего момента в узле расчетной сетки;

$W_{res} = H^3/6$ – момент сопротивления изгибным деформациям плиты-слоя;

H – первоначальная высота зоны потенциальных обрушений кровли;

β – корректировочный коэффициент, который принимается согласно таблицам из справочников по теории сопротивления

материалов. Упрощенная эмпирическая зависимость корректировочного коэффициента от мощности плиты и размера шага разбивки расчетной сетки b : $\beta = Hl / b \times 0,32 - 0,14$.

В местах, где процесс деформации пород продолжается необходимо использовать данный расчетный метод, а в местах устоявшихся деформаций горных пород можно пользоваться усовершенствованным методом Шварца.

Для расчета сдвига маркшейдерских пунктов на контуре выработки в системе «порода-крепь», были приняты за основу методики УкрНИМИ [4] и ВНИМИ [5], которые основаны на эмпирических формулах. Указания УкрНИМИ [4] являются нормативным документом, и расчеты по ним подтверждаются многолетним опытом. Данная методика позволяет определять смещения на контуре выработки по двум направлениям – горизонтальному (смещения боков выработки) и вертикальному (смещения кровли и почвы). Отметим, что смещения приведены по двум направлениям: бока и кровля-почва, что объясняется сложностью прогнозирования и моделирования смещений по другим направлениям. Предполагается, что смещения направлены в центр выработки. Также предполагается, что горизонтальные смещения строго в кровле и почве выработки относительно вертикальной оси отсутствуют.

Так как маркшейдер может закреплять маркшейдерские пункты не строго по вертикальной оси выработки (см. рис. 3), то для определения горизонтальных смещений в этих пунктах автором предложено интерполировать их от боковых смещений направленных к центру выработки по ее горизонтальной оси проходящей через центр выработки, в ее поперечном сечении. В первом приближении для упрощения расчета можно считать, что выработка имеет круговую форму.

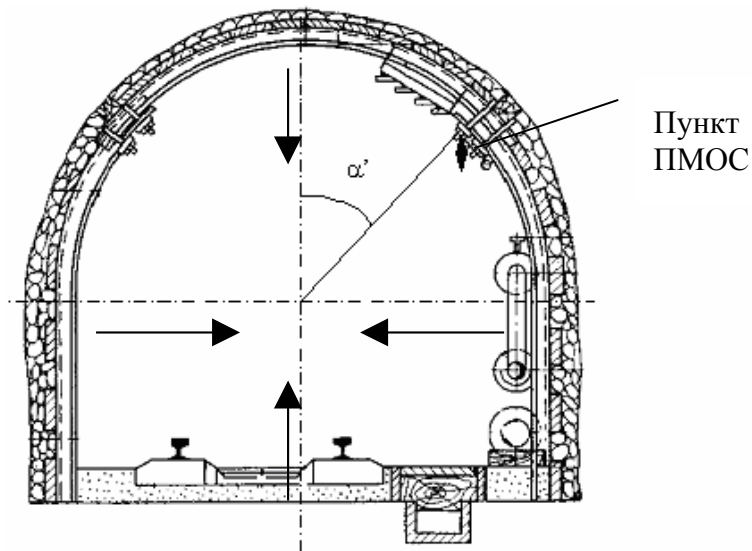


Рис. 3. Направления смещений по методике УкрНИМИ и ВНИМИ

При разработке метода расчета смещений пунктов диапазон его применения автором был ограничен следующими случаями:

- 1) выработка пройдена в нетронутом массиве;
- 2) выработка проводится в зоне влияния очистных работ;
- 3) выработка проводится в нетронутом массиве и попадает после надработки под выработанное пространство;
- 4) выработка не попадает после надработки вышележащими пластами под выработанное пространство;
- 5) выработка проводится в нетронутом массиве и попадает после подработки нижележащими пластами в зону над выработанным пространством.

Данная методика позволяет определять смещения в «микросистеме», т.е. в системе «порода-крепь» на контуре выработки как в направлении кровля-почва, так и смещения боков выработки.

Практическое применение прогнозного метода расчета смещений подземных маркшейдерских пунктов

Рассмотрим случаи смещений пунктов опорной сети №2 и №62 на шахте «Петровская». На рис. 4-6 приведены фрагменты планов горных выработок пластов h_7 и h_8 . Скважина ДМ-1215 находится в плане поблизости сдвинувшихся пунктов. Физико-механические данные по скважине приведены в таблице 1. На шахте «Петровская» горные работы велись и ведутся по пластам h_4 , h_7 , h_8 , h_{10} , однако горные работы на пластах h_{10} и h_4 не оказывают влияние на пункты №2 и №62, расположенный в горной выработке пласта h_7 . Расстояние между пластами h_8 и $h_7 \sim 73$ м. Содержание песчаников в междупластьях $\sim 20\%$. Мощность (вынимаемая) пластов h_7 , h_8 составляет 1,30 и 0,7м соответственно. В основной кровле пласта h_{10} находится аргиллит, алевролит. В непосредственной кровле – аргиллит. В почве пласта h_{10} находится алевролит. Длина лавы №1 и №2 пласта h_7 - 110 и 170м соответственно, а лав №28, №29 - 150 метров. Средний угол падения пласта h_7 (α) на рассматриваемом участке $\sim 8-10^\circ$. Поверхность в районе пунктов №2 и №62 имеет отметку +197 м. Система разработки – комбинированная, с прямоточным проветриванием. Выработка, в которой произошел сдвиг пункта, закреплена металлической податливой крепью АП-3 с шагом 0,8 м и деревянной затяжкой. Способ охраны выработок – бутовые полосы. Способ обрушения кровлей – полное обрушение. Скорость подвигания очистного забоя ~ 60 м/мес. В качестве механизации выступают следующие средства: ОКУ-01, 2КЦТГ, СП-48. Глубина расположения пунктов ~ 700 м. Пункты расположены в горных выработках пласта h_7 .

Для расчета возьмем реально сместившиеся пункты №2 и №62 опорной сети шахты «Петровская». По горным выработкам шахты были проложены несколько полигонометрических ходов через интересующие нас пункты. В результате измерений было выявлено, что пункты №2 и №62 сместились. Согласно шахтным данным подвижки пункта №2 по оси Y составили +65мм, а по оси X составили -234мм. СКП п.2 = $243\text{мм} \left(m \Rightarrow \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \right)$. Подвижки

пункта №62 по оси У составили +112мм, а по оси Х составили -832мм. СКП п.62 = 0,840м. Как видим, пункты значительно сдвинулись. Наибольшему смещению подвергся пункт №62, т.к он расположен на пересечении двух выработок. Как видно из планов горных выработок (рис. 4-6) имеем случай подработки, с сложной конфигурацией горных работ на пластах h_7 и h_8 .

Таблица 1

Физико-механические данные по скважине ДМ-1185

Интервал отбора проб (до)	Литологически й состав	σсж. е	σсж. в	σр. к	σр. ⊥	К размягч	Е, ×100000 Па	
								⊥
485	Алевр. (о.к.h10)	460	245	98	60	0,53	4,3	2,6
488	Аргил.(н.к.h10)	295	180					
491	Аргил.(н.к.h10)	305	185					
493	Аргил.(н.п.h10)	285	145					
494	Аргил.(н.п.h10)	465	280	92	40	0,6	3,9	1,6
495	Аргил.(н.п.h10)	305	205	100	43	0,67	3,9	1,7
496	Алевр. (о.п.h10)	275	190	116	43	0,69	3,7	1,7
499	Алевр. (о.п.h10)	360	200	80	36	0,55		
561	Аргил.(н.к.h8)	340	95					
562	Аргил.(н.к.h8)	220	170	72	25	0,77	3,3	3
563,3	Аргил.(н.к.h8)	345	180	90	30	0,52	4,5	3,9
563,5	Аргил.(н.к.h8)	340	130					
564,5	Алевр. (н.п.h8)	375	155	90	36	0,41	2,2	1,7
565,5	Алевр. (н.п.h8)	400	275	83	50	0,69	2,6	1,5
566,5	Алевр. (о.п.h8)	270	205	76	37	0,76		

Для расчета сдвига пункта необходимо найти смещение пункта в макросистеме горного массива и в зоне неупругих деформаций (система «порода-крепь»).

Исходя из имеющихся данных, видно, что применять комплекс STRAIN, реализующий усовершенствованный метод Шварца, в макросистеме нельзя, так как пункты расположены на краевой части лавы, в зоне не установившихся деформаций. Следовательно, воспользуемся в данном случае расчетным методом [7].

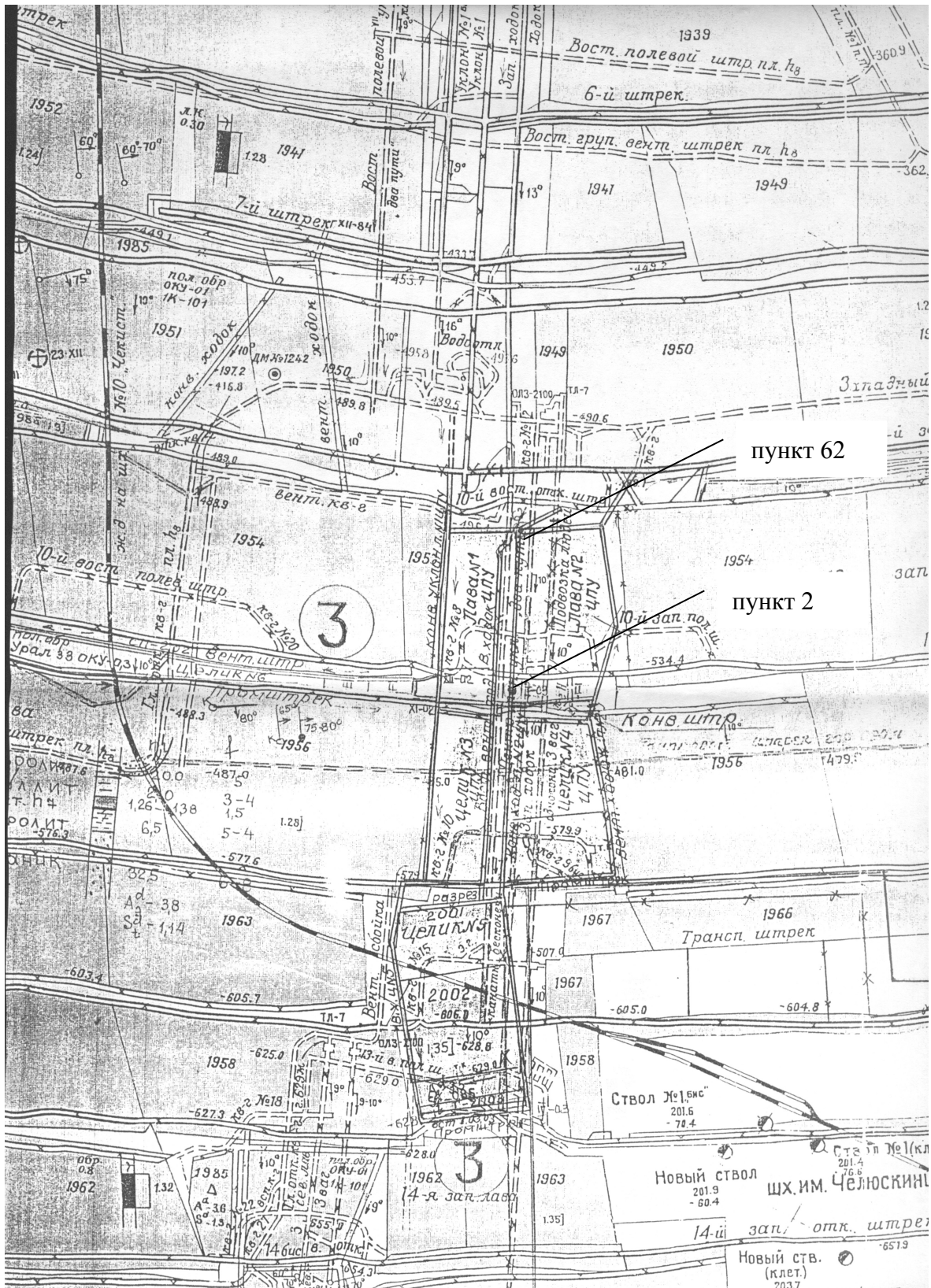


Рис. 4. Выкопировка с плана горных выработок пласта h₇ (М 1:5000)



Рис. 5. Выкопировка с плана горных выработок пласта h_8 (М 1:5000)

следующими $X=750$, $Y=1280$, а координаты п.2: $X=750$, $Y=1100$. Из графиков находим, что горизонтальные смещения п.62 по простиранию равны $-1,0$ мм, а по падению равны $-2,9$ мм. Для пункта №2 смещения составили $+1,5$ и $+2,4$ мм соответственно. В государственной системе координат эти смещения для пунктов №2 и №62 получаются: $\Delta X_2=1,4$; $\Delta Y_2=2,2$; $\Delta X_{62}=-0,9$; $\Delta Y_{62}=-2,6$. Даже тот факт, что смещения получились небольшие, поправка в любом случае важна в абсолютные смещения реперов. В данном случае большую роль сыграли вертикальные смещения, так как пункты №2 и №62 попали под пики смещений. На репере №2 оседания кровли составили 68 мм, а на репере №62 оседания получились в 21 мм.

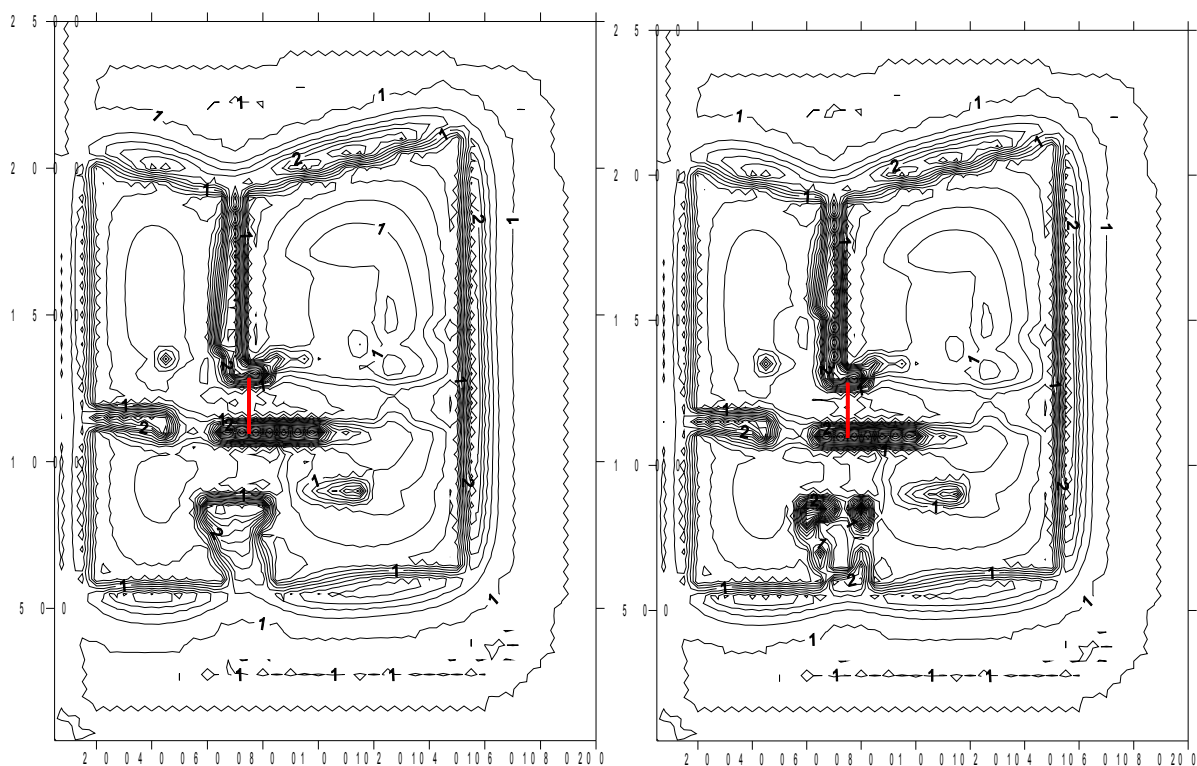


Рис. 7. Схема распределения напряжений на участке расположения пунктов №62 и №2 на 5-м этапе (слева) и 6-м этапе расчетов (справа).

Для нахождения сдвижений пунктов №2 и №62 по расчетному методу в макросистеме горного массива было выполнено 6 этапов расчета, учитывающих все горные работы на

пластах h_7 и h_8 , а также все целики в районе горных работ. Концентрация напряжений на 5-м этапе расчета в п.2 составила величину 3,67, а в п.62 соответственно 2. Концентрация напряжений на 6-м этапе расчета в п.2 составила величину 3,92, а в п.62 соответственно 2,1. Изменение уровня напряжений свидетельствует о том, что в данных местах могут произойдут сдвигения опорных пунктов. Во всяком случае сложная картина распределения напряжений требует проверки гор смещений.

На рисунке 10 и 11 показаны горизонтальные смещения по простиранию и по падению-восстанию в районе сместившихся пунктов от совместного влияния горных работ пл. h_7 и пл. h_8 , на которых видно, что пункты №2 и №62, расположенные на расчетной линии находятся между центрами сдвижений горных пород.

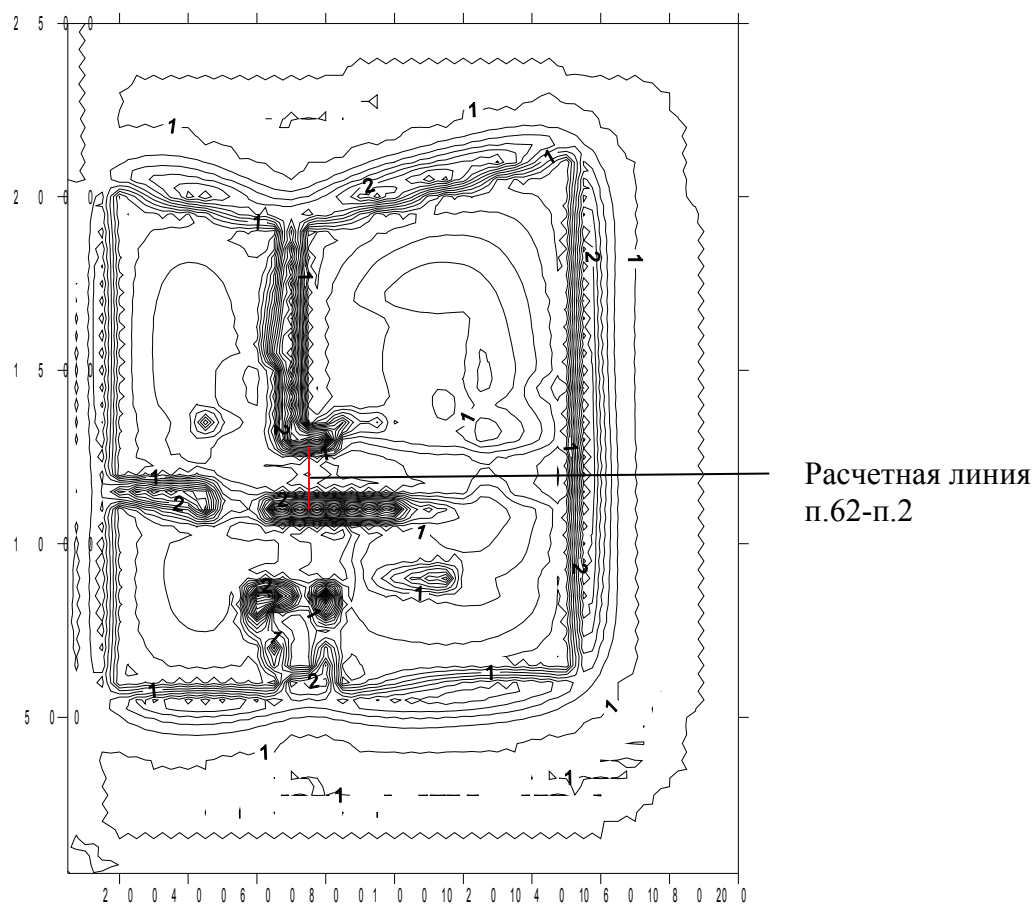


Рис. 8. Схема распределения напряжений на участке расположения пунктов №62 и №2

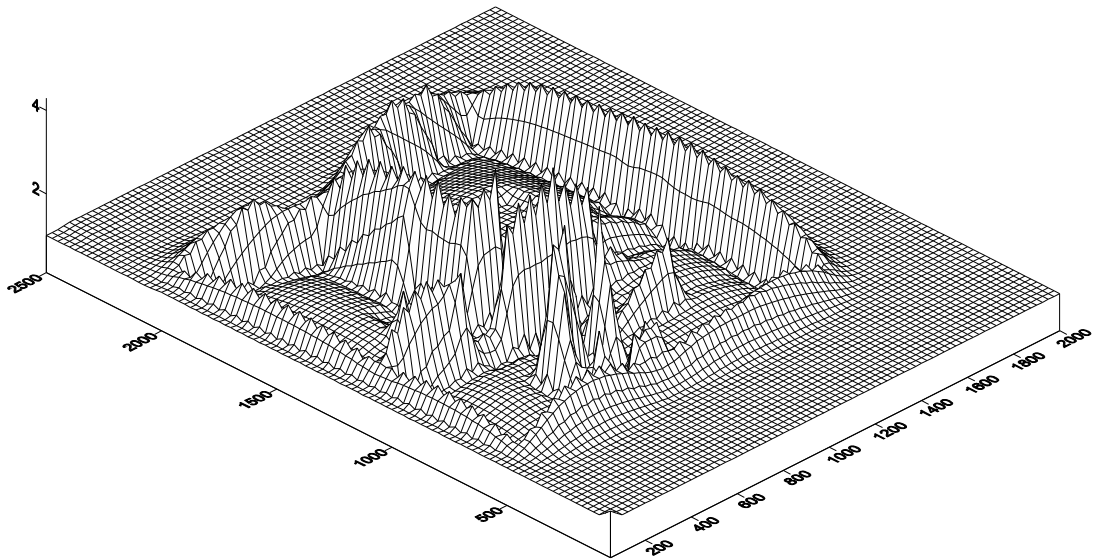


Рис. 9. Объемный график распределения напряжений на участке расположения пунктов №62 и №2

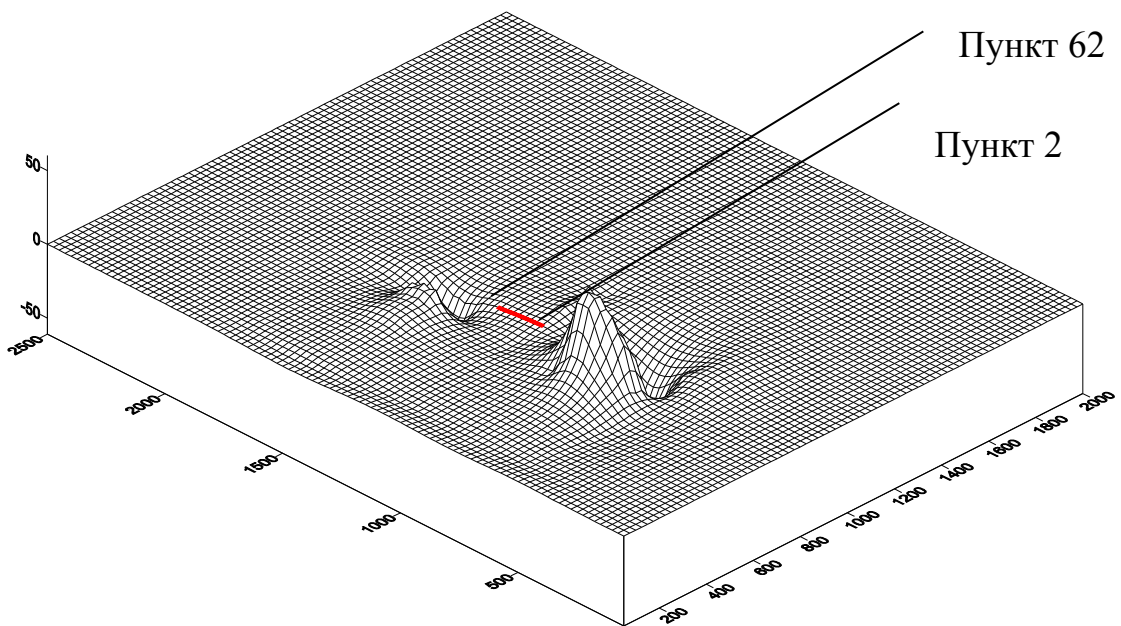


Рис. 10. Горизонтальные смещения по простиранию в районе сместившихся пунктов от совместного влияния горных работ пл. h_7 и пл. h_8 в аксонометрии

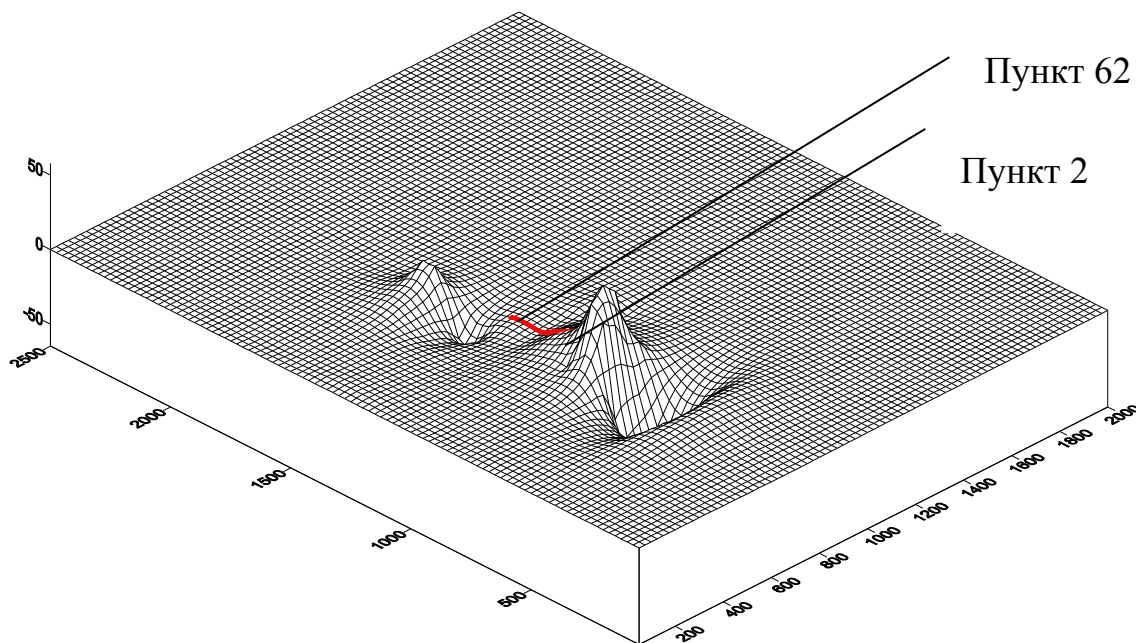


Рис. 11. Горизонтальные смещения по падению-восстанию в районе сместившихся пунктов от совместного влияния горных работ пл. h_7 и пл. h_8 в аксонометрии

Приведем расчеты смещений маркшейдерских пунктов №2 и №62 в зоне неупругих деформаций по методике УкрНИМИ.

Возьмем сместившийся п.62 опорной сети шахты «Петровская». Ниже, в таблице 2 показаны данные для расчета смещения пунктов №2 и №62 опорной сети шахты «Петровская». Приведены также и сами результаты.

Так как пункт №62 закреплен не строго в кровле, а под углом $\sim 45^\circ$ от вертикали выработки, то величина смещения маркшейдерского пункта в микросистеме составит 862мм (1/2 от результата в таблице 2). Учитывая положение выработки в пространстве, по оси X в государственной системе это составит -781мм, а по оси Y составит +364мм. Получаем окончательное прогнозное смещение в государственной системе пункта №62: $\Delta X_{62} = -0,9 \cdot 781 = -781,9$ мм, $\Delta Y_{62} = -2,6 + 364 = +361,4$ мм. Эти величины близки к фактическим значениям: $\Delta X_{\text{факт}} = -832$ мм и

$\Delta Y_{\text{факт}} = +112 \text{ мм}$. Получаем достаточно достоверный прогнозный расчет по новому прогнозному методу.

Таблица 2
Данные к расчету смещений п.2 и п.62 шахты «Петровская» в зоне неупругих деформаций (пункты расположены в зоне влияния очистных работ)

Наименование опорного пункта	2	62
Расчетная глубина расположения выработки (Hр, м)	700	700
Расчетное сопротивление пород сжатию (Rс, Мпа)	35	35
Мощность пласта, (m, м)	1,3	1,3
Ширина выработки \ взаимовлияющих выработок в проходке (вчерне), (b, м)	8	20
Время поддержание выработки вне зоны влияния лавы (t0, мес)	1	35
Время поддержание выработки в зоне остаточного опорного давления (t1, мес)	48	44
Класс кровли	Среднеобруш.	
Влияние податливости искусственных ограждений на опускание кровли	Бутовые полосы	
Результат для бокового смещения, мм	515	1725

Пункт №2 закреплен не строго в кровле, а под углом $\sim 45^\circ$ от вертикали выработки, тогда величина смещения маркшейдерского пункта в микросистеме составит 257,5мм. Учитывая направление смещения и положение выработки в пространстве, по оси X в государственной системе это составит $257,5 \times \cos(20^\circ) = -242 \text{ мм}$, а по оси Y составит $257,5 \times \sin(20^\circ) = +88 \text{ мм}$. Учитывая смещение из макросистемы горного массива, получаем окончательное прогнозное смещение в государственной системе (учитывая направление осей X и Y) пункта №2: $\Delta X_2 = 1,4 - 242 = -240,6 \text{ мм}$, $\Delta Y_2 = 2,2 + 88 = +90,2 \text{ мм}$. Эти величины близки к фактическим значениям: $\Delta X_{\text{факт}} = -234 \text{ мм}$ и $\Delta Y_{\text{факт}} = +65 \text{ мм}$. Получаем достаточно достоверный прогнозный расчет по новому прогнозному методу (см. табл. 3).

Необходимо отметить один важный аспект прогнозирования деформаций массива горных пород в зонах влияния очистных работ. Подземные маркшейдерские опорные и съемочные сети являются весьма разветвленными и создаются на протяжении

всего срока эксплуатации шахты. Эти сети по сути дела повторяют топологию всех горных выработок шахты. Как отмечено в [8], деформации горного массива в зонах влияния очистных работ, приводят и к деформациям подземных маркшейдерских сетей, расположенных в горных выработках.

Таблица 3

Сравнительные величины смещений в шахте и по
прогнозному методу.

Пункт	Фактическое значение смещения пункта, м.	Прогнозное значение смещения пункта, м.	Отклонение от фактического значения, %	Метод прогноза	
				в макросистеме	в микросистеме
2	0,243	0,257	5,8	Объемный расчетный метод Зборщика М.П.	Указания ВНИМИ и УкрНИМИ
62	0,840	0,861	2,5	Объемный расчетный метод Зборщика М.П.	Указания ВНИМИ и УкрНИМИ

Выводы. Перспективы дальнейших исследований.

1. Учитывая тот факт, что весь комплекс повторных измерений в подземных опорных маркшейдерских сетях выполнить невозможно, а переуравнивание опорных маркшейдерских сетей производится, как правило, через 5-7 лет, соответственно в течение данного промежутка времени в сетях будут накапливаться и локализоваться систематические погрешности, обусловленные сдвигом пунктов сетей в зонах влияния очистных работ. Это может серьезно повлиять на точность маркшейдерских работ, что потенциально опасно для ведения горных работ.

2. Предлагаемый подход к прогнозированию деформаций массива горных пород, в зонах влияния очистных работ, позволяет достаточно обоснованно моделировать вероятные направление и величину сдвига маркшейдерских пунктов в период между переуравниваниями опорной сети. Это, в свою

очередь, повышает точность маркшейдерских работ и может служить ключевым элементом технологии оперативного переуравнивания всей сети, либо ее отдельных участков.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Фабричный Н.Н. Разработка технологии создания маркшейдерских опорных сетей на глубоких горизонтах шахт Донбасса с учетом влияния геомеханических процессов: Дисс... канд. техн. наук: 05.15.01. - Л., 1985.- 199 с.

2. Дорошенко В.И., Ипполитов Н.Д. Закономерности образования зоны неупругих деформаций вокруг подготовительных выработок.- Горный журнал, Известия ВУЗов, 1972.- №9.- С. 29-32.

3. Грищенко А.Н. Метод расчета сдвигов маркшейдерских пунктов. // Збірник наукових праць ДонНТУ. - №36. - С. 92 - 97.

4. Рациональное расположение, охрана и поддержание горных выработок вследствие отработки угольных пластов на шахтах // Методические указания.- К.: УкрНИМИ НАН Украины.- 1998. - 149 с.

5. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Изд. 4-е, дополненное. Л., 1986. - 222 с.

6. Зборщик М.П., Черняев В.И., Грищенко Н.Н. Автоматизированная система расчета напряженного состояния толщи горных пород в зонах влияния очистных выработок // 12 Международная конференция по автоматизации в горном деле (ISAMC'95). - 13-15.09.1995, Gliwice, Poland.- С.557-562.

7. Назимко В.В., Красько Н.И. Геомеханическая модель для прогноза динамических проявлений горного давления в окрестности очистного забоя // Проблеми гірського тиску.- Донецк: ДонНТУ.-2002.-№8.-С. 81-102.

8. Грищенко Н.Н., Грищенко А.Н. Прогнозирование главных напряжений и деформаций массива горных пород в зонах влияния очистных работ // Проблеми гірничого тиску (Ground control in mining). Збірник наукових праць ДонНТУ.- 2000.- №4.- С.135-143.

9. Фабричный Н.Н., Кравченко Н.А. Опыт построения подземных маркшейдерских опорных сетей с учетом влияния геомеханических процессов. – М.: ЦНИЭИ уголь, 1986, - С.26.

10. Жариков Е.Д. и др. Анализ устойчивости маркшейдерских пунктов в условиях глубоких шахт Донбасса. / Сборник научных трудов.- Л.: ВНИМИ, 1990. - С.44.