

Розроблені алгоритми рішень дають можливість досить просто розпізнавати та ідентифікувати тип зміщення у відповідності з класифікацією П.К. Соболевського.

За результатами виконаних досліджень легко складається програма рішення задачі за допомогою засобів ЕОМ, що дозволяє продуктивно і точно розпізнавати диз'юнктиви при геометризації тектонічно порушених пластових родовищ.

Список літератури

1. П.А.Рыжов, Геометрия недр, - М.: Недра, 1964.
2. В.А.Букринский, Геометрия недр, - М.: Недра, 1985.
3. В.М.Калинченко, Н.И.Стенин, И.И.Тупикин, И.Н.Ушаков, Геометрия недр (горная геометрия), - Новочеркасск.: ООО НПП НОК, 2000, - 526 с.
4. Г.И.Герасименко, Геологическая документация и геометризация при разведке и разработке угольных месторождений, - М.: Углетехиздат, 1958. – 171 с.
5. В.В.Мирный, А.Н.Корниенко, Автоматизация определения типа разрывного нарушения пласта средствами векторной алгебры на графике изолонг – Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск № 9 (частина 1) / Під заг. ред. чл.-кор.НАН України А.В.Анциферова. – Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2011. – 282-291 с.

ОБОСНОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗДЕЛЬНОГО СПОСОБА УРАВНИВАНИЯ ХОДОВ ПОДЗЕМНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ПЛАНОВЫХ СЕТЕЙ

*Ю.И. Вронский, С.Д. Головкин, В.И. Диковенко, А.В. Третьяк,
Национальный горный университет, Украина*

В статье рассмотрены вопросы уравнивания подземных маркшейдерских опорных плановых сетей. Рассмотрены разные способы уравнивания на примере фактически выполненного подземного полигонометрического хода. Предлагается способ уравнивания, который заключается в раздельном уравнивании углов и приращений координат, но при этом поправки в угловые измерения вычисляются прямо пропорционально вычисленной теоретически возможной погрешности измерения угла и обратно пропорционально сумме теоретически возможных погрешностей всех углов хода.

Угольные шахты Украины ведут отработку своих шахтных полей длительное время. Вследствие этого суммарная протяженность горных выработок каждой шахты достигает многих десятков километров. Строительство каждой выработки обеспечивается маркшейдерской службой путём увеличения длины полигонометрических ходов подземной маркшейдерской сети. Это является выполнением требований “Инструкции...” [1], где предусматривается не допускать отставания пунктов подземной маркшейдерской опорной сети от забоев выработок более, чем на 500 м. Совместное влияние этих факторов приводит к постоянному увеличению длины как отдельных подземных полигонометрических ходов, так и всей подземной маркшейдерской опорной сети. Кроме этого, в последние годы активно внедряются в производство более производительные технологии добычи угля. Обеспечивается это, в том числе, увеличением длины лавы и длины выемочных столбов. Строительство подготовительных выработок при оконтуривании таких выемочных столбов ставит перед маркшейдерской службой задачу повышения точности выполняемых работ для обеспечения сбойки встречных забоев. В таких условиях очевидна недостаточная точность подземной маркшейдерской опорной сети, характеризующаяся относительной погрешностью 1:3000. Поэтому при решении задачи обеспечения необходимой точности сбойки, точность отдельных подземных полигонометрических ходов значительно повышается. Достигается это, в первую очередь, путём изменения методики выполнения полевых работ. Однако, ещё одним

важным фактором, влияющим на точность маркшейдерских работ, является способ уравнивания результатов измерений.

Маркшейдерской “Инструкцией...” [1] предусмотрено осуществлять уравнивание отдельных полигонометрических ходов раздельным способом: вначале уравниваются угловые измерения, затем – приращения координат. При этом способе уравнивания угловая невязка хода распределяется путём введения поправок в значения измеренных горизонтальных углов. Эти поправки равны между собой и вычисляются делением угловой невязки на общее количество измеренных углов, и вводятся со знаком, обратным знаку невязки, что отражено в формуле (1). По исправленным значениям горизонтальных углов вычисляются дирекционные углы сторон хода.

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n} \quad (1)$$

где f_{β} – угловая невязка хода; n – количество углов в ходе.

Угловая невязка хода f_{β} вычисляется по одной из формул (2), (3) или (4), – в зависимости от конфигурации проложенного хода. Существующие нормы выполнения маркшейдерских работ предполагают следующие варианты проложения подземных полигонометрических ходов: в виде замкнутых полигонов, в виде висячих полигонов, пройденных дважды, в виде разомкнутых полигонов, проложенных между гиросторонами.

$$f_{\beta} = \pm 2 m_{\beta} \sqrt{n} \quad (2)$$

$$f_{\beta} = \pm 2 m_{\beta} \sqrt{n_1 + n_2} \quad (3)$$

$$f_{\beta} = \pm 2 \sqrt{2m_{\alpha}^2 + nm_{\beta}^2} \quad (4)$$

где m_{β} – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов; m_{α} – средняя квадратическая погрешность определения дирекционных углов гиросторон; n – число углов полигонометрического хода; $n_1 + n_2$ – число углов в первом и втором ходах.

Далее выполняется уравнивание приращений координат. Поправки в вычисленные приращения определяются по формулам (5) – прямо пропорционально длине соответствующей стороны хода и обратно пропорционально периметру всего хода, вводятся со знаком, противоположным знаку невязки.

$$\begin{aligned} \delta_{X_i} &= -\frac{f_X}{P} S_i \\ \delta_{Y_i} &= -\frac{f_Y}{P} S_i \end{aligned} \quad (5)$$

где f_X, f_Y – невязки в приращениях координат, соответственно, по осям X и Y ; S_i – длина i -ой стороны хода; P – периметр хода.

Однако, после введения поправок в приращения координат, дирекционный угол соответствующей стороны, вычисленный по исправленным приращениям, отличается от дирекционного угла этой же стороны, определённого по исправленным значениям горизонтальных углов. Отличия эти в некоторых случаях достигают величин, близких к допустимой погрешности измерений горизонтальных углов. Очевидно, что упрощённый способ уравнивания значительно искажает в сторону ухудшения фактические результаты полевых работ. Учитывая этот факт, постоянно ведётся поиск улучшения качества уравнивательных вычислений. Используя опыт ведения геодезических работ на земной поверхности, в некоторых случаях осуществляется строгое уравнивание отдельных подземных полигонометрических ходов, а также – систем ходов. Выполняется строгое уравнивание по специальным программам, основанным, как правило, на параметрическом способе уравнивания. Однако, строгий способ уравнивания подземных полигонометрических ходов не находит широкого распространения в производстве. Свяzano это, в первую очередь, со спецификой выполнения полевых работ в

подземных условиях, где просто отсутствует достаточное количество исходных данных для применения строгого способа уравнивания.

Таким образом, существующие в настоящее время математические способы уравнивания подземных полигонометрических ходов не обеспечивают в полной мере качественную обработку полевых измерений в маркшейдерском деле. Для решения данного вопроса предложен новый способ уравнивания измеренных в подземных полигонометрических ходах горизонтальных углов. Он основан на утверждении, что в специфических условиях измерений в горных выработках отсутствует возможность выполнения равноточных угловых измерений. Соответственно, погрешность измерения горизонтального угла не может быть задана постоянной величиной. Эта погрешность является комплексной и может быть выражена формулой (6).

$$m_{\beta_i} = \pm \sqrt{m^2 + m_{ei}^2} \quad (6)$$

где m – приборная погрешность измерения горизонтального угла;

m_{ei} – погрешность измерения, возникающая за счёт внешних условий измерений.

Приборная погрешность в основном зависит от точности применяемого угломерного прибора (теодолита или тахеометра), и в меньшей степени – от количества приёмов измерений горизонтального угла. Она может либо приниматься равной номинальной погрешности прибора $m_{ном.}$, либо быть вычисленной по формуле (7). [3]

$$m = \frac{m_{ном.}}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

где n – количество приёмов.

Погрешность, возникающая за счёт внешних условий измерений, включает в себя несколько факторов, отражённых в формуле (8). [4]

$$m_{ei} = \pm \frac{\rho e_i}{a_i b_i} \sqrt{a_i^2 + b_i^2 - a_i b_i \cos \beta_i} \quad (8)$$

где ρ - радиан, выраженный в секундах, $\rho=206265''$; e_i - точность центрирования для i -той станции; β_i - значение измеряемого угла; a_i, b_i - длины сторон, составляющих угол β_i .

Предлагаемая методика уравнивания измеренных горизонтальных углов предусматривает вычисление по формулам (8), (7) и (6) теоретически возможной при фактически имеющихся условиях погрешности m_{β_i} для каждой станции полигонометрического хода отдельно. Далее определяется сумма всех вычисленных таким образом теоретически возможных погрешностей Σm_{β_i} . После этого, по формуле (9) для каждого измеренного горизонтального угла вычисляется поправка δ_{β_i} .

$$\delta_{\beta_i} = - \frac{m_{\beta_i} f_{\beta}}{\sum_{i=1}^{i=n} m_{\beta_i}} \quad (9)$$

Вычисленные таким образом поправки вводятся в значения измеренных углов, после чего выполняется контроль суммы исправленных горизонтальных углов. При соблюдении контроля выполняются дальнейшие уравнивательные вычисления по схеме отдельного способа уравнивания.

Для проверки качества предложенного способа уравнивания угловых измерений был взят фактический полигонометрический ход, проложенный в 2005 году на шахте “Павлоградская” ОАО “Павлоградуголь” [5]. Целью проложения данного хода было обеспечение сбойки встречных забоев при строительстве подготовительных выработок. По результатам выполненной работы сбойка была успешно осуществлена.

Полевые измерения указанного полигонометрического хода были уравнены тремя способами: строгим; отдельным, рекомендованным действующей “Инструкцией...” [1]; и предложенным в данной работе. Строгое уравнивание выполнено с помощью программы “Топоград”. Остальные два способа уравнивания являются отдельными. Для облегчения камеральных работ вычисления

по формулам (6), (7), (8) были выполнены с помощью программы “Excel”. В результате были получены три варианта значений координат каждой точки хода X_{ji} , Y_{ji} .

Анализ полученных результатов заключается в вычислении разностей ΔX_{ji} , ΔY_{ji} значений координат каждой точки полигонометрического хода, вычисленных разными способами уравнивания, – отдельно по оси X и по оси Y , – по формулам (10), (11), (12).

$$\Delta X_I = X_{\text{строг.}} - X_{\text{раздельн.}} \quad (10)$$

$$\Delta Y_I = Y_{\text{строг.}} - Y_{\text{раздельн.}}$$

$$\Delta X_{II} = X_{\text{строг.}} - X_{\text{предлаг.}} \quad (11)$$

$$\Delta Y_{II} = Y_{\text{строг.}} - Y_{\text{предлаг.}}$$

$$\Delta X_{III} = X_{\text{предлаг.}} - X_{\text{раздельн.}} \quad (12)$$

$$\Delta Y_{III} = Y_{\text{предлаг.}} - Y_{\text{раздельн.}}$$

Результаты этих вычислений представлены в виде графиков на рисунках 1 и 2.

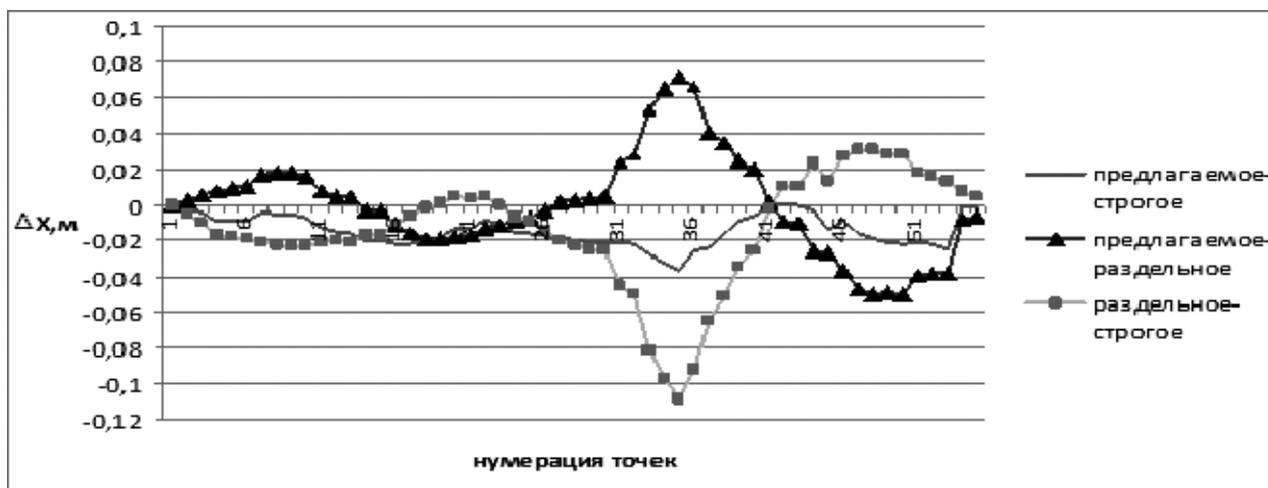


Рис.1. Отклонения значений координат X между способами.

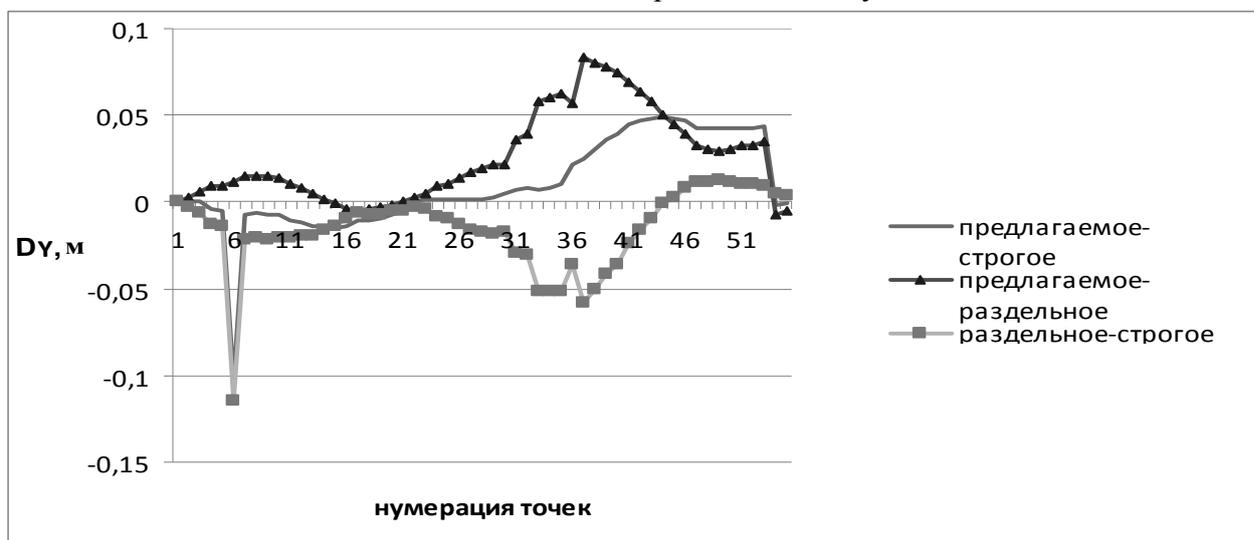


Рис.2. Отклонения значений координат Y между способами.

Также были вычислены средние арифметические значения координат точек, определённых тремя различными способами уравнивания – $X_{\text{ср.}}$, $Y_{\text{ср.}}$. После этого вычислены разности $\Delta X_{\text{ср.}}$, $\Delta Y_{\text{ср.}}$ между средними значениями и значениями координат, определёнными каждым из способов уравнивания, по формулам (13), (14), (15).

$$\Delta X_I^{cp.} = X_{строг.} - X_{cp.} \quad (13)$$

$$\Delta Y_I^{cp.} = Y_{строг.} - Y_{cp.}$$

$$\Delta X_{II}^{cp.} = X_{раздельн.} - X_{cp.} \quad (14)$$

$$\Delta Y_{II}^{cp.} = Y_{раздельн.} - Y_{cp.}$$

$$\Delta X_{III}^{cp.} = X_{предлаг.} - X_{cp.} \quad (15)$$

$$\Delta Y_{III}^{cp.} = Y_{предлаг.} - Y_{cp.}$$

Результаты этих вычислений представлены в виде графиков на рисунках 3 и 4.

Полученные результаты показывают, что координаты, вычисленные при уравнивании предлагаемым способом, отличаются от координат, полученных раздельным способом, больше, чем от строгого способа уравнивания. В то же время, результаты строгого способа уравнивания имеют максимальное отличие от раздельного способа, и меньше отличаются от предложенного способа уравнивания. Такая же закономерность и при сравнении результатов различных способов уравнивания от средних значений между способами. Наиболее близким к среднему значению является предложенный способ уравнивания подземных полигонометрических ходов.

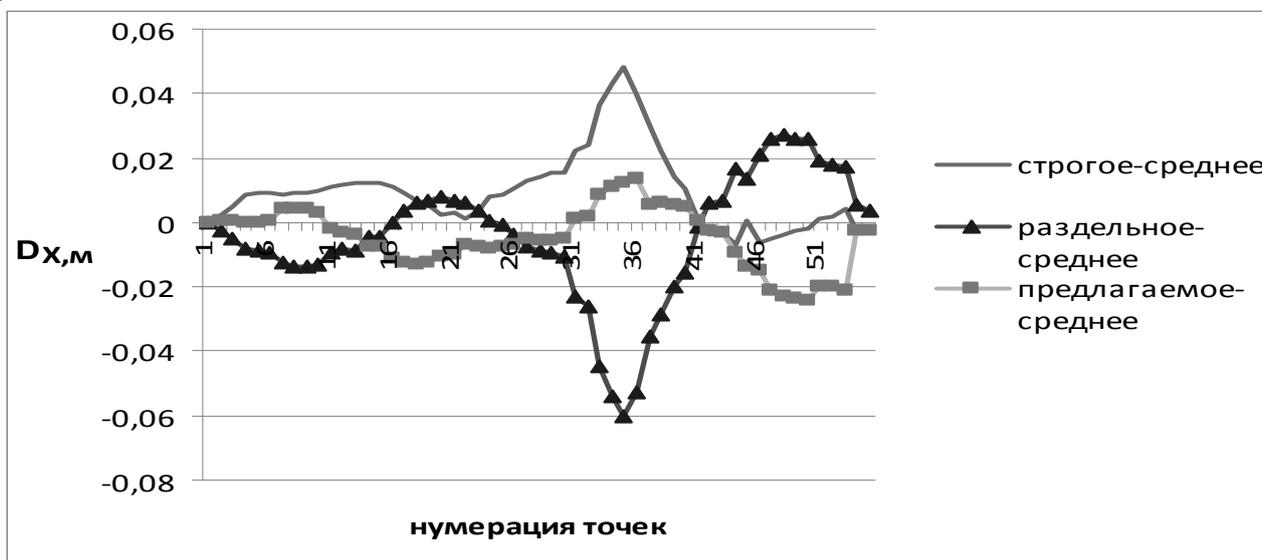


Рис.3. Отклонение значений координат от среднего по оси X.

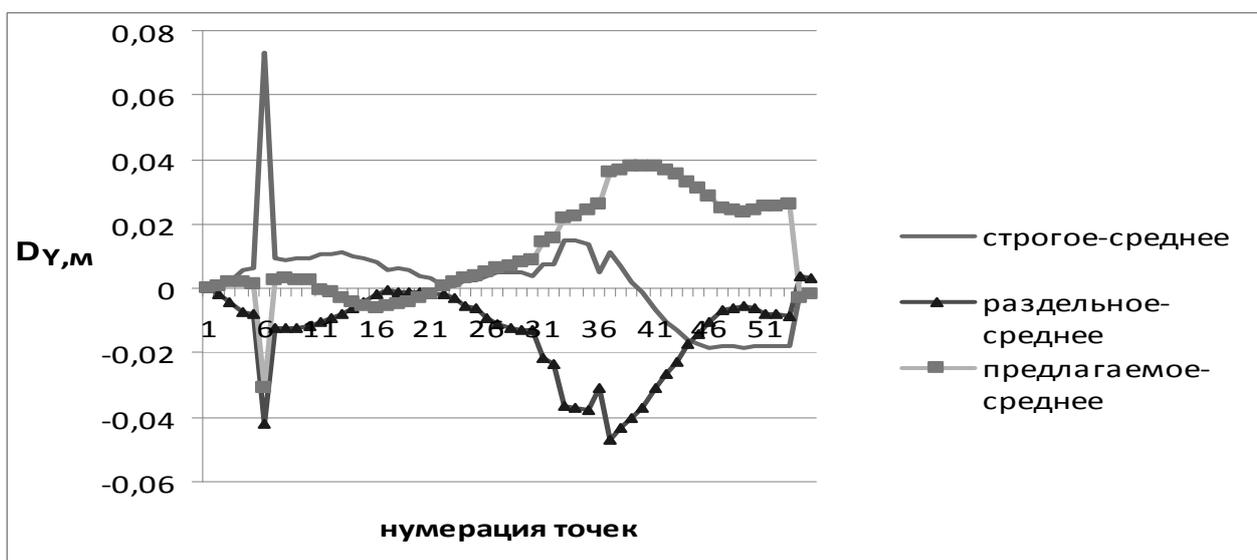


Рис.4. Отклонение значений координат от среднего по оси Y.

Кроме сравнения между собой значений координат точек, вычисленных при использовании различных способов уравнивания, по формуле (16) были вычислены относительные погрешности полигонометрического хода при раздельном способе уравнивания и при предлагаемом способе.

$$f_{\text{отн.}} = \frac{f_l}{P} = \frac{1}{P/f_l} \quad (16)$$

где f_l – линейная погрешность хода, м, вычисляемая по формуле (17); P – периметр хода, м.

$$f_l = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (17)$$

где f_x, f_y – невязки в суммах приращений координат, соответственно, по осям X и Y.

При уравнивании хода раздельным способом, рекомендуемым действующей “Инструкцией...” [1], линейная погрешность хода $f_l = 0,275$ м. При периметре хода P более 6,6 км относительная погрешность $f_{\text{отн.}} = 1/24000$. Это удовлетворяет требованиям точности, предъявляемым к ходам подземной маркшейдерской опорной сети [1] $f_{\text{отн. доп.}} = 1/3000$.

При уравнивании хода предлагаемым способом линейная погрешность хода $f_l = 0,006$ м, что при том же периметре хода даёт относительную погрешность $f_{\text{отн.}} = 1/1100000$. Очевидно, что предлагаемый способ уравнивания измеренных горизонтальных углов в рассматриваемом подземном маркшейдерском ходе значительно повышает точность получения координат вершин полигона.

Выводы

Выполненные в данной работе исследования показывают, что при отсутствии достаточных исходных данных для строгого способа уравнивания подземных полигонометрических ходов более рациональным по сравнению с раздельным способом является предлагаемый способ. Он заключается также в раздельном уравнивании углов и приращений координат, но при этом поправки в угловые измерения вычисляются прямо пропорционально вычисленной теоретически возможной погрешности измерения угла и обратно пропорционально сумме теоретически возможных погрешностей всех углов хода. В дальнейшем планируется продолжить теоретические и экспериментальные исследования по изложенной теме.

Список литературы

1. Маркшейдерские работы на угольных шахтах и разрезах. Инструкция. – Киев: Минтопэнерго Украины, 2001. – 264 с.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ/ Министерство угольной промышленности СССР. ВНИМИ.- М.: Недра, 1987.-240 с.
3. Бака М.Т., Назаренко В.О./ Аналіз точності маркшейдерських мереж.: Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2007. 147с.
4. Маркшейдерское дело/ Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. - 3-е изд., перераб. и доп. М., «Недра», 1981. 704 с.
5. Отчет о реконструкции и построении подземной маркшейдерской опорной сети с гиросторонами на шахте “Павлоградская” ОАО “Павлоградуголь”. – ООО “СП АИП-геодезия”: Запорожье, 2005. 14с.