

УДК 622.834.53

## К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ НА УЧАСТКЕ ВЫХОДА ПЛАСТА ПОД НАНОСЫ

Глинских В.Д., студент ГМс-191, V курс

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

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

Инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности под влиянием горных разработок обязательны при выемке угля над выходами под наносы разрабатываемых пластов [1]. На шахте «Листвяжная» по пласту Сычевскому I планируется отработка выемочного участка (лава 825), который расположен непосредственно у выхода пласта под наносы (рис. 1), что определяет необходимость инструментальных наблюдений и предшествующей им разработки проекта наблюдательной станции.

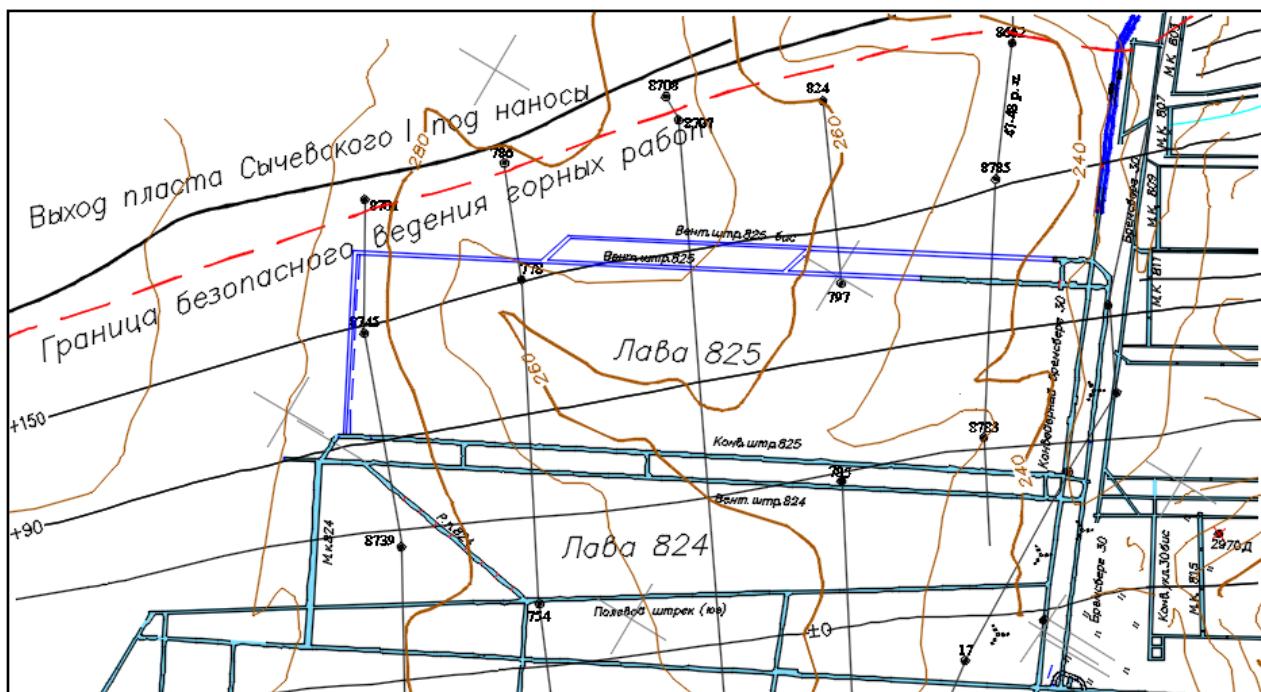


Рис. 1. Фрагмент плана горных выработок пласта Сычевского I

Система разработки пласта Сычевского I – длинные столбы по простирианию с полным обрушением кровли и оставлением межлавных целиков. Длина лавы (по падению) – 230 м. Длина выемочного столба – 845 м. Вынимаемая мощность пласта – 4,34 м. Угол падения пласта – 15–19°. Глубина залегания лавы от поверхности – 90–200 м.

Пласт Сычевский I надработан и подработан пластами соответственно Сычевским IV (с междупластием 120–140 м) и Безымянным (с междупластием 130–140 м), что дополнительно предполагает необходимость уточнения параметров процесса сдвижения при выемке свиты пластов.

В Проекте наблюдательной станции, согласно Инструкции [1], должна быть обоснована конструкция станции, изложены методика «привязки» станции к опорной маркшейдерской (геодезической) сети, методика и периодичность наблюдений.

Конструкция типовой наблюдательной станции [1] состоит из двух профильных линий вкрест простирания и одной по простирианию пласта (I-I, II-II, III-III на рис. 2), проходящих параллельно главным сечениям мульды сдвижения. На участке выхода пласта под наносы рекомендуется закладка нескольких дополнительных профильных линий вкрест простириания пласта.

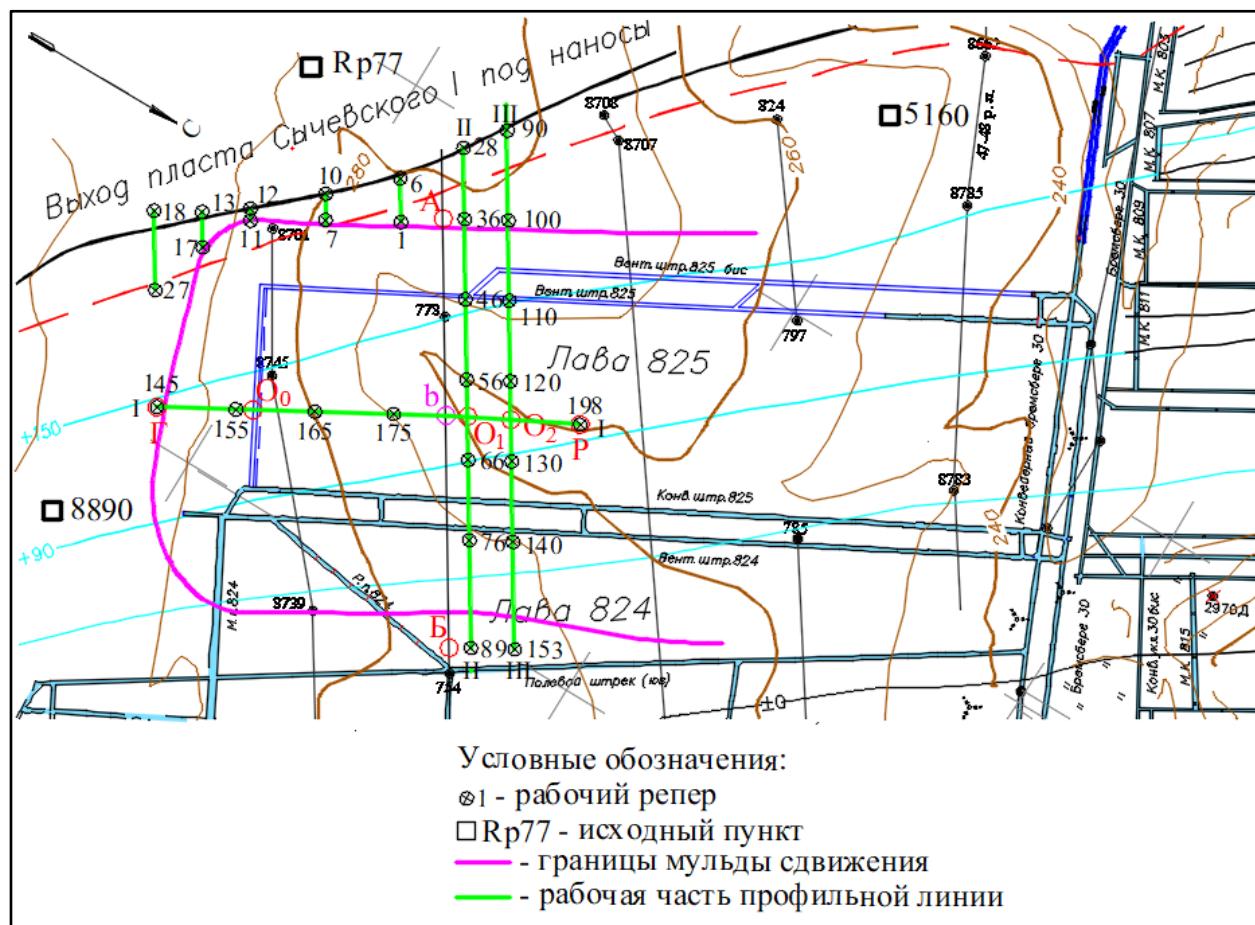


Рис. 2. Фрагмент плана горных выработок пласта Сычевского I с положением профильных линий наблюдательной станции

Расстояние между реперами на рабочей части каждой профильной линии на основании Инструкции [1] определяется в зависимости от глубины разработки. При глубинах разработки от 100 м расстояние между реперами принимается 10 м. На концах профильных линий должны закладываться по три опорных репера на расстоянии 30, 60, 90 м от крайних рабочих реперов.

Согласно этим требованиям, была запроектирована наблюдательная станция, параметры которой определены на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения по простиранию и вкrest простириания. Для построения использованы углы сдвижения в коренных породах  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  с поправками  $\Delta\beta$ ,  $\Delta\gamma$ ,  $\Delta\delta$ , граничный угол в наносах –  $\phi_0$  (рис. 3, 4).

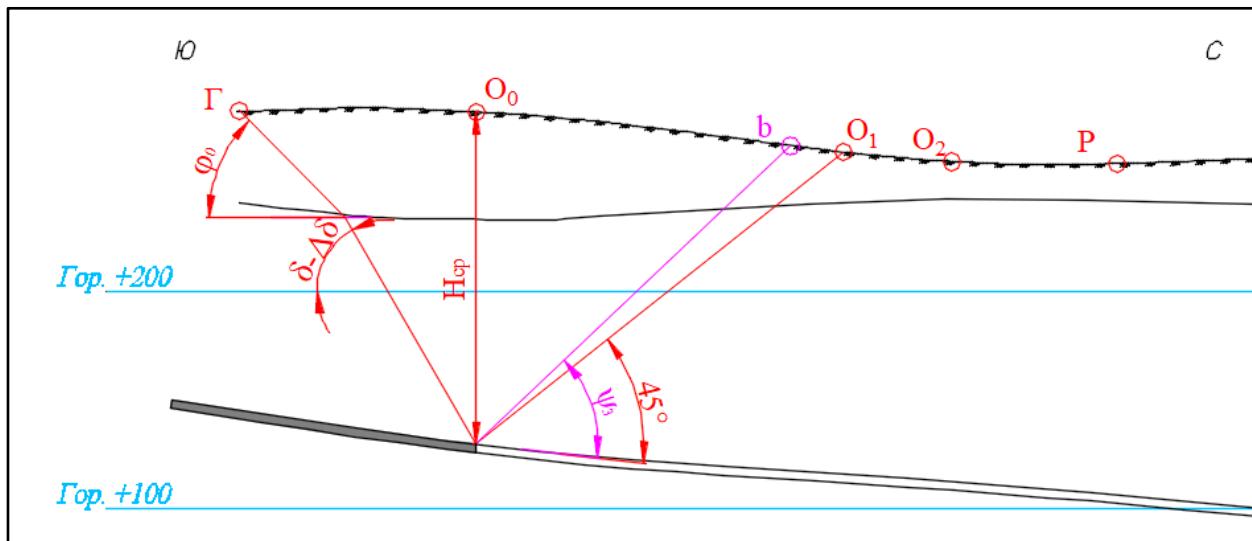


Рис. 3. Вертикальный разрез по простирианию пласта Сычевского I

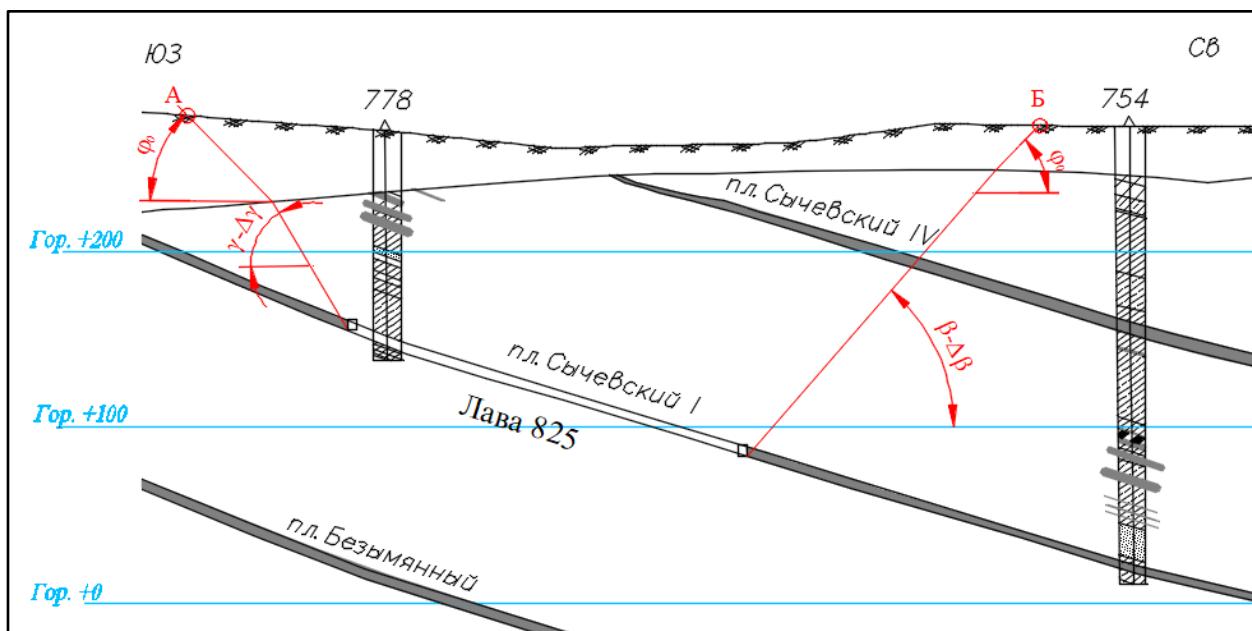


Рис. 4. Вертикальный разрез вкrest простириания свиты пластов

Профильные линии I-I, II-II, III-III закладываются с целью подтверждения закономерностей и корректировки параметров процесса сдвижения в мульде сдвижения, а также установления характера накопления сдвижений и деформаций при отработке нескольких пластов свиты.

Дополнительные профильные линии предназначены для выявления условий и мест образования сосредоточенных деформаций (провалов и трещин) при ведении горных работ на незначительных глубинах. Рабочая часть дополнительных профильных линий должна быть заключена между границей мульды сдвига и выходом пласта под наносы.

Наблюдательная станция дополняется пятью укороченными линиями с реперами 1–6, 7–10, 11–12, 13–17, 18–27. В профильные линии II-II и III-III включаются соответственно реперы 28–36 и 100–90 (рис. 5).

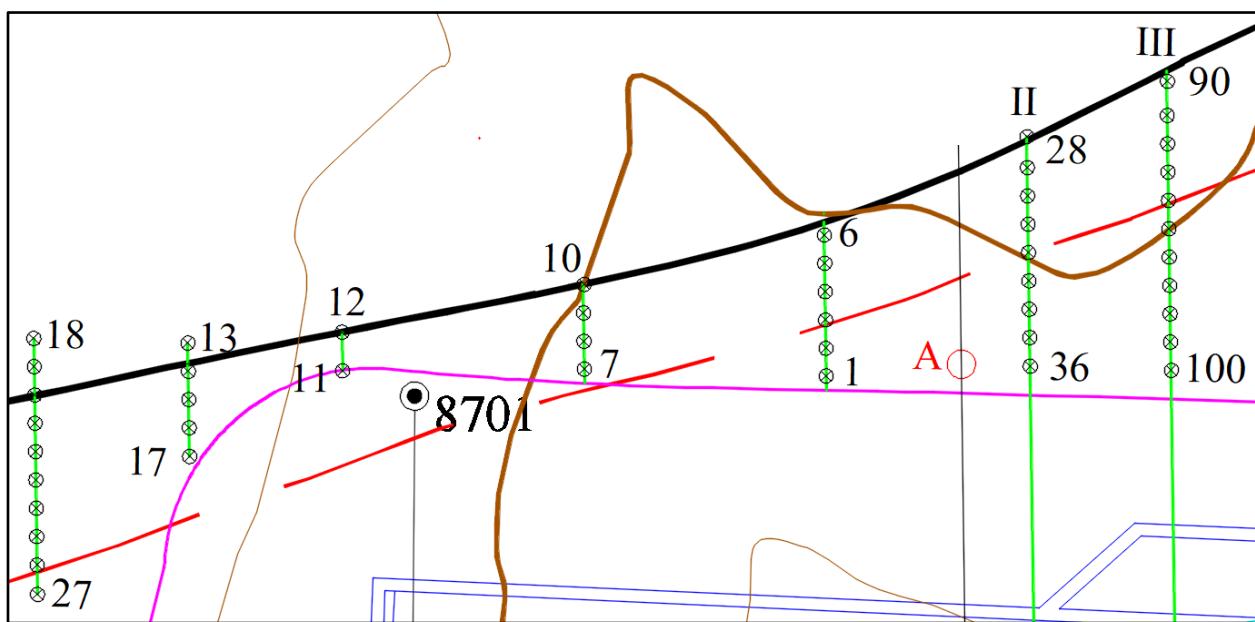


Рис. 5. Фрагмент плана горных выработок пласта Сычевского I с положением рабочих реперов на дополнительных профильных линиях

Представленный вариант наблюдательной станции должен включать 153 рабочих реперов и 24 опорных репера. За исходные пункты для «привязки» станции могут быть приняты пункты 1 разряда 8890, Rp 77, 5160 (рис. 2).

Привязка и наблюдения на наблюдательной станции в настоящее время могут производиться с применением современных приборов и методов съемки: способом спутникового определения координат и с помощью электронных тахеометров. В этом случае появляется возможность выполнения наблюдений за рабочими реперами с одного исходного пункта, что значительно сокращает время наблюдений. Учитывая эту возможность в конструкции проектируемой наблюдательной станции можно оставить только 153 рабочих реперов. Применение приборов и методики измерений обязательно должно быть обосновано оценкой их точности.

Привязку и наблюдения на станции лавы 825 можно производить имеющимся на предприятии прибором – GPS LEICA GS16, погрешность линейных измерений которого в режиме «Статика» составляет в плане – (3,5 мм + 0,5 мм/км) и по высоте – (5 мм + 0,5 мм/км) [2].

При статических измерениях один из приемников устанавливают на исходный пункт (пункт Rp 77), второй приемник – поочередно на рабочие реперы. Время наблюдений на одном репере составляет 40 и более минут и зависит от количества видимых спутников, требуемой точности измерений, их геометрии и расстояния до базового пункта.

Средняя квадратическая погрешность определения плановых и высотных координат рабочего репера зависит от расстояния между базой и ровером и определяется по формуле

$$m_{L(Z)} = a + bL, \quad (1)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, определяемые по паспорту прибора;  $L$  – расстояние между базой и ровером, км.

Средняя квадратическая погрешность сдвигаия рабочего репера (в плане  $\Delta L$  и по высоте  $\Delta Z$ ) будет равна

$$m_{\Delta L(\Delta Z)} = tm_{L(Z)}\sqrt{2}, \quad (2)$$

где  $t$  – коэффициент, принимаемый при заданной вероятности (при выполнении измерений на земной поверхности при вероятности  $P = 0,95$   $t = 2$ ).

Расчеты показали, что ожидаемые погрешности сдвигания для самого удаленного репера, который находится от исходного на расстоянии 700 м, составляют в плане 10,9 мм, а по высоте 15,0 мм (табл. 1), и не превышают допустимого значения 15 мм [4, п. 2.16].

Таблица 1

Результаты определения СКП положения самого удаленного репера 89  
относительно исходного Rp 77

$L$ , км	В плане, мм		По высоте, мм	
	$m_L$	$m_{\Delta L}$	$m_Z$	$m_{\Delta Z}$
0,700	3,9	10,9	5,4	15,0

Следовательно, наблюдения на проектируемой наблюдательной станции прибором LEICA GS16 правомерны.

Наблюдения и «привязку» станции также можно производить с помощью электронных тахеометров, например, тахеометром LEICA TS10 R500, который имеется на шахте. Погрешность линейных измерений данным тахеометром – (1 мм + 1,5 мм/км), погрешность угловых измерений – 5 секунд [3].

Наблюдения будут выполняться с пункта Rp77. После установки прибора на исходном пункте, выбирают программу «Q-съемка», создают новый проект, производят ориентирование на пункт 8890 с помощью программы «Ориентирование по координатам» и, устанавливая отражатель на каждый рабочий репер, выполняют съемку. Высотные отметки реперов определяются тригонометрическим нивелированием.

Средняя квадратическая погрешность определения высотной координаты  $Z$  рабочего репера при тригонометрическом нивелировании определяется по формуле

$$m_z^2 = (\sin \delta_i)^2 m_L^2 + (S_i \cos \delta_i)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_v^2, \quad (3)$$

где  $m_L$ ,  $m_\delta$ ,  $m_i$ ,  $m_v$  – средние квадратические погрешности измерения соответственно длины; вертикального угла; высоты инструмента и высоты визирования.

Средняя квадратическая погрешность сдвижения репера по высоте (оседания)  $m_{\Delta Z}$  определена по формуле (2). Расчеты выполнены для возможного диапазона углов наклона (табл. 2) и для электронных тахеометров с различной угловой точностью.

Таблица 2

Результаты определения средних квадратических погрешностей сдвижения рабочего репера по высоте

$\delta$ , град	$m_{\Delta Z}$ (мм) при $m_\delta$			
	5"	3"	2"	1"
0	32,1	19,5	13,4	7,5
5	32,0	19,5	13,3	7,5
10	31,7	19,3	13,2	7,5
15	31,1	18,9	13,0	7,4
20	30,3	18,5	12,7	7,4
25	29,2	17,9	12,4	7,3
30	28,0	17,2	12,0	7,2

В целом из данных табл. 2 можно сделать выводы о том, что погрешность сдвижения репера по высоте существенно зависит от точности угловых измерений и практически не зависит от величины угла наклона.

Погрешность  $m_{\Delta Z}$  для самого удаленного репера при применении прибора с погрешностью 5" и 3" превышает допустимую 15 мм. Из чего следует, что в условиях проектируемой наблюдательной станции использовать электронный тахеометр марки LEICA TS10 R500 нельзя, правомерно использовать только приборы с погрешностью не более 2".

При отсутствии на шахте более точных электронных тахеометров выполнять наблюдения за реперами наблюдательной станции следует GPS LEICA GS16. Однако, общеизвестно, что существенным недостатком применения GPS приемников для обеспечения рассчитанной точности являются значительные затраты времени.

Использование электронных тахеометров в ходе инструментальных наблюдений позволяет ускорить процесс съемки и автоматизировать обработку результатов измерений.

Уменьшить погрешности сдвижения реперов в плане и по высоте при измерениях электронными тахеометрами можно путем:

- выполнения наблюдений с двух исходных пунктов (при этом погрешности уменьшаются в корень из 2 раз);
- закладки исходного пункта на более близком расстоянии к рабочим реперам;
- применения высокоточных приборов.

#### **Список литературы:**

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. – Москва: Недра, 1989. – 95 с. (утв. Министерством угольной промышленности СССР 30.12.1987).
2. [https://www.geo-spektr.ru/gps-priyomniki/leica/GS16-375G\\_-\\_UHF\\_minimalnyy.html](https://www.geo-spektr.ru/gps-priyomniki/leica/GS16-375G_-_UHF_minimalnyy.html).
3. <https://www.geooptic.ru/product/leica-ts10-flexline-5>.
4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с. (ПБ 07-269-98, утв. постановлением Госгортехнадзора России от 16 марта 1998 г. № 13).