

**РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ДЛЯ ВЫБОРА МЕР ОХРАНЫ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРИ ПОДРАБОТКЕ ИХ СВИТОЙ ПЛАСТОВ**

При ведении подземных горных разработок возникает сдвигение массива горных пород, вызывающее деформации в объектах, находящихся на поверхности в зоне влияния разработок.

Расчет сдвижений и деформаций на угольных месторождениях от нескольких выработок, расположенных на разных пластах свиты, выполняется путем алгебраического сложения сдвижений и деформаций от каждой выработки [1].

При подработке линейных объектов (железных дорог, трубопроводов различного назначения и др.) сдвигения и деформации необходимо знать вдоль оси объекта, то есть в заданном направлении.

Для определения сдвижений и деформаций в заданной точке и заданном направлении от отдельной очистной выработки определяются в условной системе координат (рис. 1):

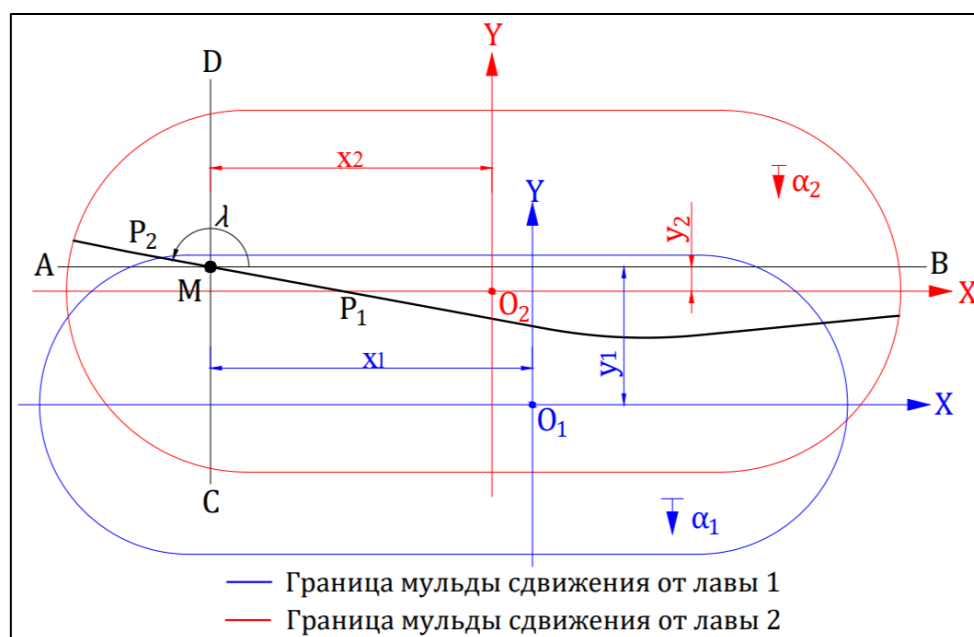


Рис. 1. Схема расположения координатных осей при расчете сдвижений и деформаций в заданной точке муьды сдвижения:
 P_1P_2 – сечение муьды в произвольном (заданном) направлении

- началом координат служит точка пересечения главных сечений мульды сдвижения по простиранию и вкрест простирания пласта, проходящих при неполной подработке через точку максимального оседания;

- ось X проходит в главном сечении мульды по простиранию и направлена по простиранию пласта;

- ось Y проходит в главном сечении мульды вкрест простирания и направлена в сторону восстания пласта.

При условии применения системы разработки длинными столбами по простиранию очистные выработки, располагающиеся на разных пластах, имеют одинаковую направленность осей X и Y (рис. 1), что позволяет суммировать сдвиги и деформации в соответствующих направлениях.

Известна методика [3] определения сдвижений и деформаций для вытянутых объектов вдоль их оси, включающая:

- определение сдвижений и деформаций в главных сечениях мульды сдвижения согласно Приложению 1 Правил охраны [1] с помощью функций типовых кривых;

- построение графиков оседаний на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения от каждого выемочного участка с последующим их суммированием (рис. 2) и переносом ступенчатых отметок оседаний на соответствующие линии разрезов на плане;

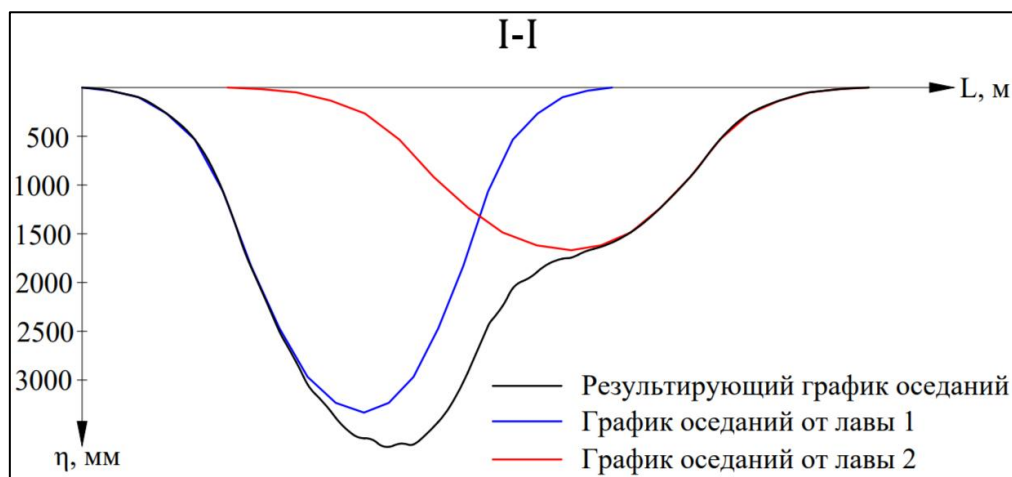


Рис. 2. Кривые оседаний по главным сечениям мульды вкрест простирания пласта

- построение мульды сдвижения в изолиниях оседания земной поверхности (рис. 3);

- определение величины оседания по изолиниям мульды сдвижения в заданных точках (пикетах) на оси объекта;

- расчет по величине оседания в каждом пикете значений наклонов и кривизны вдоль оси объекта;

- сравнение расчетных значений деформаций с допустимыми и предельными, определение возможности подработки объекта или его отдельных участков.

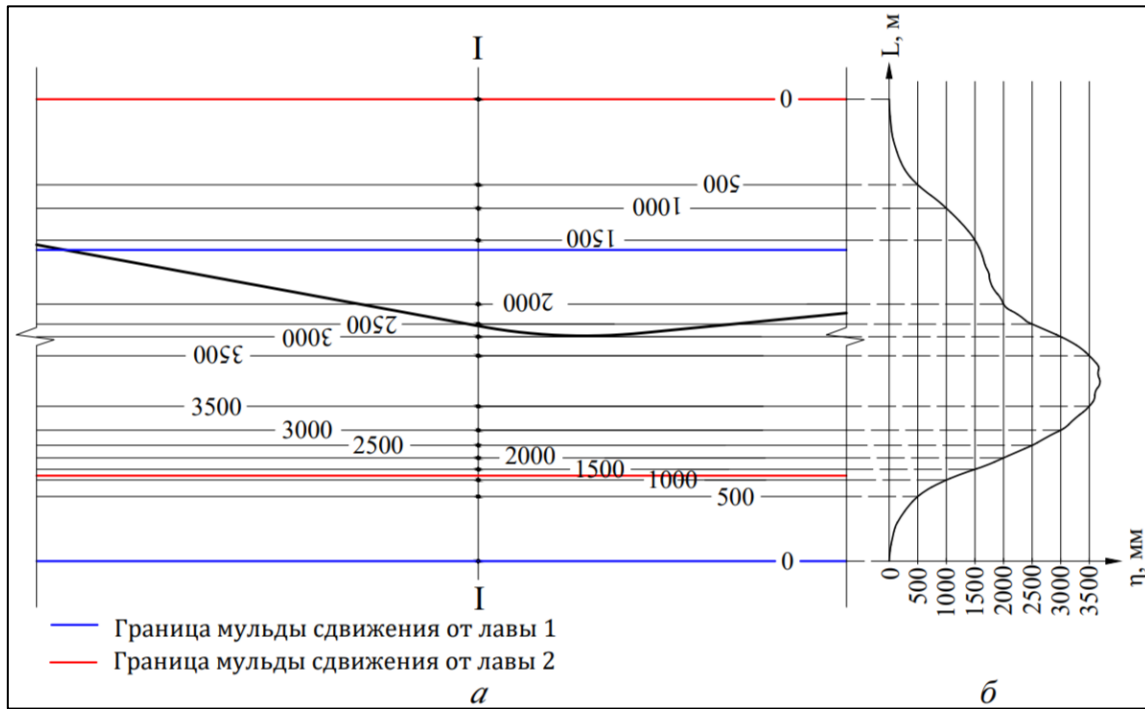


Рис. 3. Мульда сдвижения в изолиниях суммарных оседаний:
 a – план; b – вертикальный разрез I-I

В условиях небольших углов падения пластов очистные выработки разных пластов могут быть развернуты в плане относительно друг друга, и следовательно, направления координатных осей в них совпадать не будут (рис. 4).

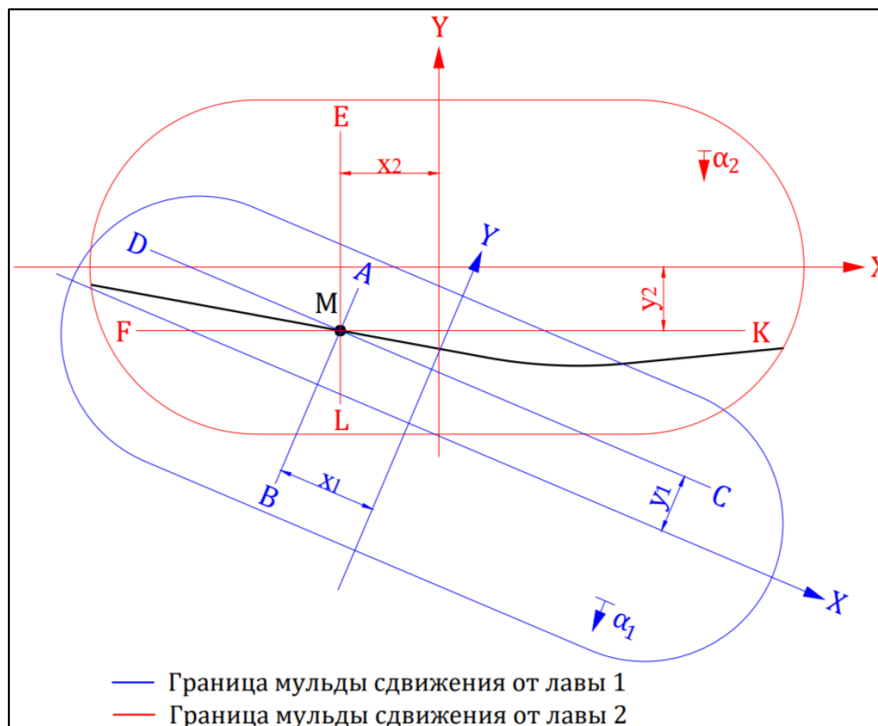


Рис. 4. Схема расположения осей координат
при различном ориентировании выработок пластов

В этом случае предлагается выполнить построение мульды сдвижения в изолиниях оседания от каждой лавы отдельно, а затем уже построить результирующую мульду сдвижения в изолиниях оседаний на плане путем суммирования поверхностей оседаний двух лав (рис. 5).

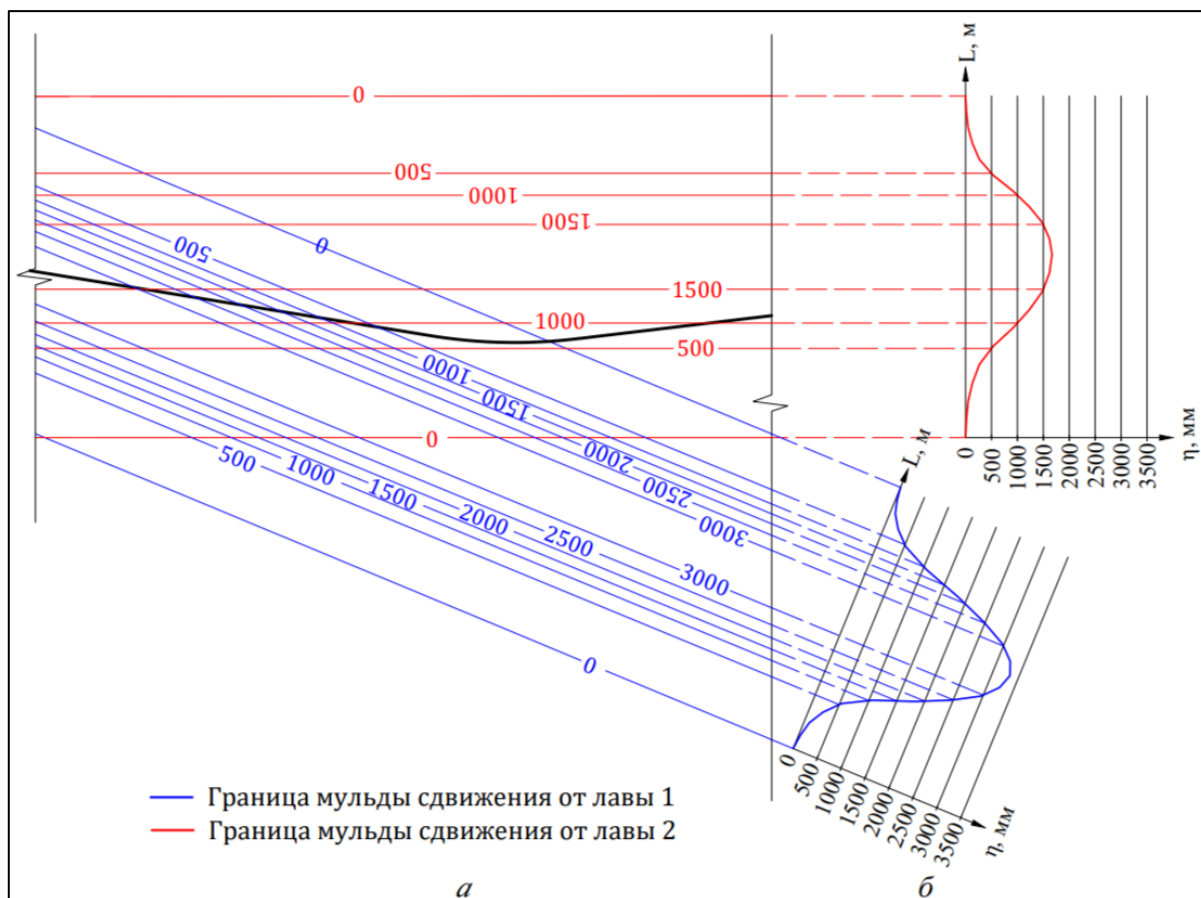


Рис. 5. Схема построения мульд в изолиниях оседания:
а – план; *б* – вертикальные разрезы по главным сечениям мульд сдвижения

Предлагаемая методика использовалась при расчетах сдвижений и деформаций земной поверхности вдоль оси железной дороги, расположенной на территории шахты имени А.Д. Рубана на участке «Благодатный Глубокий». Железнодорожный путь необщего пользования. Назначение железной дороги – техническая, грузовая. Скорость поезда – 25 км/ч. Длина пути – 1,7 км.

Данная железная дорога согласно Правилам охраны [1, табл. 4.15] относится к категории V.

Под железной дорогой (рис. 6) залегают угольные пласты Полысаевский II, на котором отрабатывается лава 805 (средняя глубина разработки – 220 м, вынимаемая мощность пласта – 5 м, угол падения пласта – 7°), и пласт Надбайкаимский с лавой 1213 (средняя глубина разработки которой – 270 м, вынимаемая мощность пласта – 2 м, угол падения – 7°). Мощность наносов колеблется от 20 до 30 м. Система разработки – длинные столбы с полным обрушением кровли.

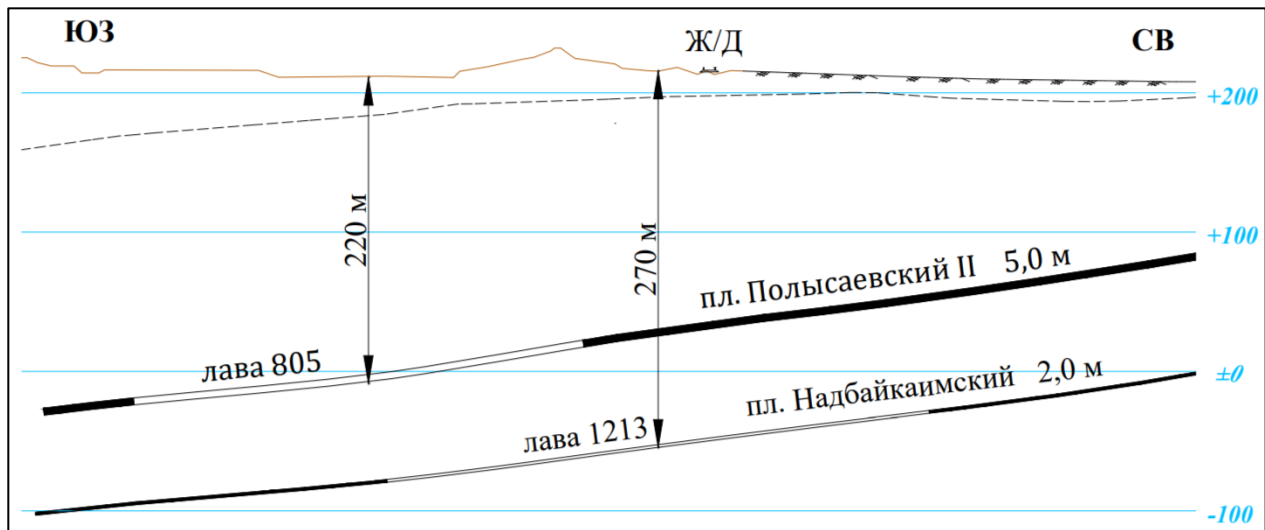


Рис. 6. Профиль по разведочной линии 10

Условия подработки железных дорог нормируются Правилами охраны [1]. Возможность подработки определяется путем сравнения допустимых и предельных показателей деформаций земной поверхности с величинами расчетных деформаций.

Допустимые (предельные) показатели деформаций для железной дороги V категории равны: наклоны (i_d) – $10 \cdot 10^{-3}$, кривизна (K_d) – $0,15 \cdot 10^{-3}$.

С целью установления ожидаемой степени повреждения железнодорожного полотна от влияния подземных разработок необходимо произвести расчет сдвижений и деформаций вдоль ее оси, т.к. это линейный объект.

Для лав 805 и 1213 построены планы изолиний оседаний и план результирующей мульды сдвижения в изолиниях суммарных оседаний (рис. 7).

Ось линейного объекта разбита на пикеты через 15–20 м. В каждом пикете методом интерполяции по плану изолиний суммарных оседаний определены величины оседаний.

Ожидаемые величины наклонов рассчитаны как отношение разности оседаний двух соседних пикетов к расстоянию между ними

$$i = \frac{\eta_i - \eta_{i-1}}{l_{\text{пк}}},$$

где η_i , η_{i-1} – оседания последующего и предыдущего пикетов, мм; $l_{\text{пк}}$ – принятое расстояние (интервал) между пикетами, мм.

Ожидаемая кривизна рассчитана как отношение разности наклонов двух соседних интервалов между пикетами к средней длине этих интервалов

$$K = \frac{i_j - i_{j-1}}{l_{\text{пк}}},$$

где i_j , i_{j-1} – значение наклонов последующего и предыдущего интервалов.

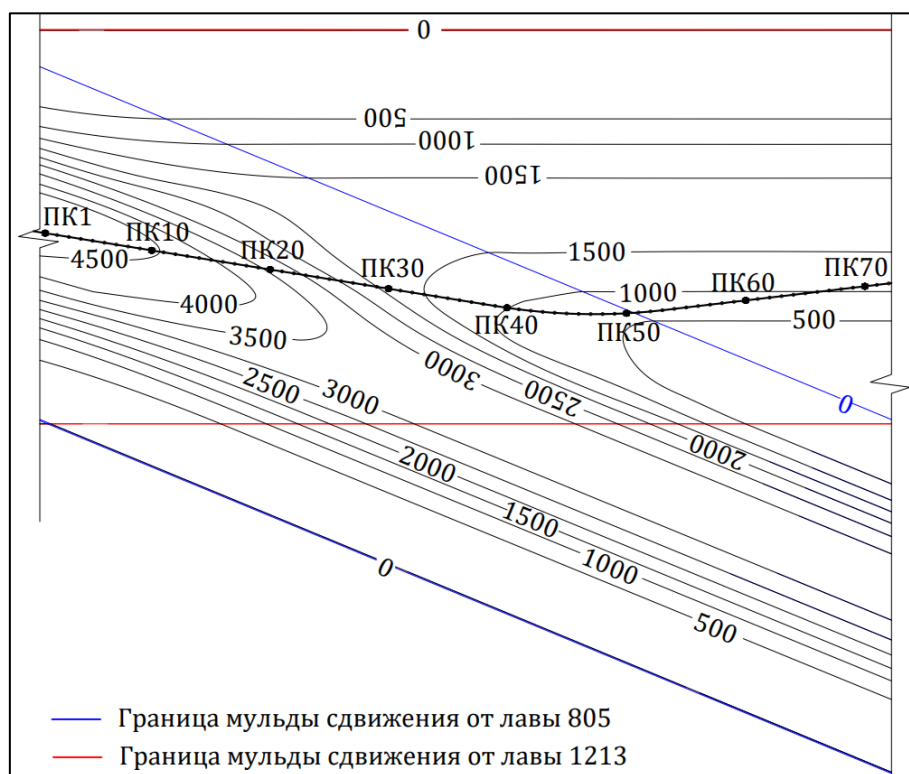


Рис. 7. План результирующей мульды в изолиниях оседаний от двух лав

Расчетные сдвигения и деформации определены путем умножения ожидаемых на соответствующий коэффициент перегрузки [1, Прил. 1, табл. 3].

Результаты расчетов деформаций по оси железной дороги приведены в таблице.

Таблица

Величины сдвижений и деформаций по оси железной дороги

Пикет	Расчетные сдвигения и деформации			Пикет	Расчетные сдвигения и деформации		
	Оседания η , мм	Наклоны $i \cdot 10^{-3}$	Кривизна $K \cdot 10^{-3}$, 1/м		Оседания η , мм	Наклоны $i \cdot 10^{-3}$	Кривизна $K \cdot 10^{-3}$, 1/м
20	4068			27	2778		0,004
		-9,8				-10,4	
21	3900		-0,081	28	2600		-0,085
		-11,1				-11,7	
22	3710		0,081	29	2400		0,297
		-9,8				-7,1	
23	3542		-0,180	30	2279		0,045
		-12,6				-6,4	
24	3326		0,149	31	2170		-0,068
		-10,3				-7,4	
25	3150		-0,063	32	2042		-0,342
		-11,3				-12,7	
26	2957		0,054	33	1824		0,378
		-10,4				-6,9	
				34	1706		0,068

На участке с ПК 21 по ПК33 наклоны и кривизна превышают допустимые значения, достигая максимальных величин наклонов – $12,7 \cdot 10^{-3}$, кривизны – $0,38 \cdot 10^{-3}$, 1/м.

В связи с этим на данном участке подработка железной дороги не допускается без применения горных мер защиты.

К возможным для конкретной железной дороги рекомендуемым Инструкцией [2] горным мерам можно отнести оставление предохранительного целика или неполную выемку пласта по мощности, обеспечивающую снижение деформаций до уровня допустимых.

В целом, безаварийная подработка железной дороги пластами Полысаевским II и Надбайкайским возможна при соблюдении следующих организационных мер.

До начала периода опасных деформаций под полотном железной дороги предусмотреть:

- ограничение скорости подвигания очистного забоя до 50–60 м в месяц;
- снижение скорости движения поездов до 20–30 км/ч;
- уменьшение грузонапряженности до 5–6 млн т км/км;
- ограничение пропускной способности участка в период подработки.

В период процесса сдвижения и опасных деформаций производить визуальные наблюдения и систематический инструментальный контроль за полотном железной дороги по разработанному проекту наблюдательной станции.

Предусмотреть возможность выполнения работ по ремонту пути, сооружений и устройств для приведения подрабатываемого объекта в состояние, удовлетворяющее требованиям его нормальной эксплуатации.

Список литературы:

1. 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).

2. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок. – 25 с. (РД 07-113-96, утв. постановлением Госгортехнадзора РФ 28 марта 1996 г. № 14).

3. Михайлова, Т. В. Сдвижение и деформации пород и земной поверхности при ведении горных работ : учеб. пособие / Т. В. Михайлова, Т. Б. Рогова; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 108 с.