

УДК 622.837:622.838

Влияние кривизны земной поверхности на подрабатываемые здания

Блинникова Е. В.

Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела, Донецк, Украина

Аннотация

Получены новые формулы для определения расчетных показателей деформаций зданий при горизонтальных деформациях растяжения и кривизне выпуклости земной поверхности, которые учитывают все составляющие деформационного процесса в подрабатываемых зданиях, что обеспечивает надежность прогноза их состояния при подработке и эффективность выбора мер защиты.

Допустимые условия подработки зданий на угольных месторождениях определяют по результатам сравнения расчетных показателей суммарных деформаций зданий от влияния горных выработок с допустимыми показателями.

Для оценки влияния подработки на бескаркасные каменные жилые и общественные здания при плавных деформациях земной поверхности (без образования уступов) в настоящее время применяют расчетный показатель суммарных деформаций [1], определяемый по формуле:

$$\Delta l_{\Sigma} = l \sqrt{m_{\varepsilon}^2 \varepsilon^2 + m_K^2 K^2 H^2}, \quad (1)$$

где l – длина здания, мм; H – высота здания от подошвы фундамента до верха карниза, м; ε – расчетные горизонтальные деформации, 10^{-3} ; K – кривизна земной поверхности, 10^{-3} м^{-1} ; m_{ε} и m_K – коэффициенты условий работы, определяемые в зависимости от длины здания.

В этом показателе доля влияния кривизны земной поверхности мала по сравнению с долей влияния горизонтальных деформаций, что обусловлено двумя основными причинами.

Первая причина заключается в том, что показатель суммарных деформаций подрабатываемого здания (1), найденный по схеме Муллера Р. А., Юшина А. И. [2], характеризует максимальное суммарное удлинение здания от растяжения и изгиба, вызванных горизонтальными деформациями растяжения и кривизной выпуклости земной поверхности. Но фактически деформированное состояние здания при подработке характеризуется не удлинением, а структурными деформациями расслоения наружных стен от горизонтального сдвига, вызванного горизонтальными деформациями земной поверхности, действующими по подошве фундамента, и от изгиба и вертикального сдвига, вызванных кривизной земной поверхности.

Второй причиной недооценки влияния кривизны в существующем показателе суммарных деформаций (1) является применение коэффициента условий работы $m_K < 1$ при длине здания более 15 м, осредняющего кривизну по длине здания, хотя и без осреднения расчетная кривизна не в полной мере учитывает изменчивость фактической кривизны [3]. Следует обратить внимание еще и на то обстоятельство, что деформации вертикального сдвига увеличивают расслоение стен наклонными трещинами, которое добавляется к их расслоению от горизонтального сдвига. Несомненно, что ослабленная трещинами стена будет острее реагировать на изменчивость кривизны основания, чем целая. Поэтому для обеспечения надежности показателей суммарных деформаций каменных зданий, построенных без применения мер защиты, коэффициент условий работы для кривизны, независимо от длины здания, принимается равным единице.

От влияния горизонтальных деформаций растяжения земной поверхности в наружных стенах здания образуются наклонные трещины, расположенные симметрично относительно его центра под углом, близким к 45° . При кривизне выпуклости в стенах образуются вертикальные трещины от изгиба, характерные для гибких зданий, у которых длина превышает высоту более чем в три раза. Ширина раскрытия этих трещин увеличивается кверху и достигает максимума на

уровне карниза. Кроме того, при кривизне выпуклости образуются наклонные трещины, обусловленные вертикальным сдвигом здания над оседающим основанием. Трещины от вертикального сдвига образуются всегда, причем для зданий с отношением их длины к высоте меньше двух они более характерны, чем трещины от изгиба.

Трещины, обусловленные вертикальным сдвигом, аналогичны трещинам от влияния горизонтальных деформаций растяжения и в процессе влияния горных выработок эти трещины суммируются. По существу, это одни и те же трещины: если при совместном влиянии горизонтальных деформаций растяжения и кривизны выпуклости земной поверхности первопричиной образования наклонных трещин являются горизонтальные деформации, то вертикальный сдвиг от кривизны будет способствовать увеличению ширины раскрытия уже образовавшихся трещин. Или наоборот, если из-за конструктивных особенностей здания первопричиной образования наклонных трещин является вертикальный сдвиг от кривизны выпуклости, то от горизонтальных деформаций растяжения будет увеличиваться ширина раскрытия имеющихся трещин. Если же трещины образовались в стенах от предыдущей обработки, то при повторной обработке с деформациями того же знака на ширину раскрытия трещин будут оказывать влияние и горизонтальные деформации и кривизна.

С учетом фактического расположения трещин при растяжении и кривизне выпуклости земной поверхности определены схемы обобщенных структурных деформаций расслоения наружных стен подрабатываемых зданий в состоянии предельного равновесия (рис. 1).

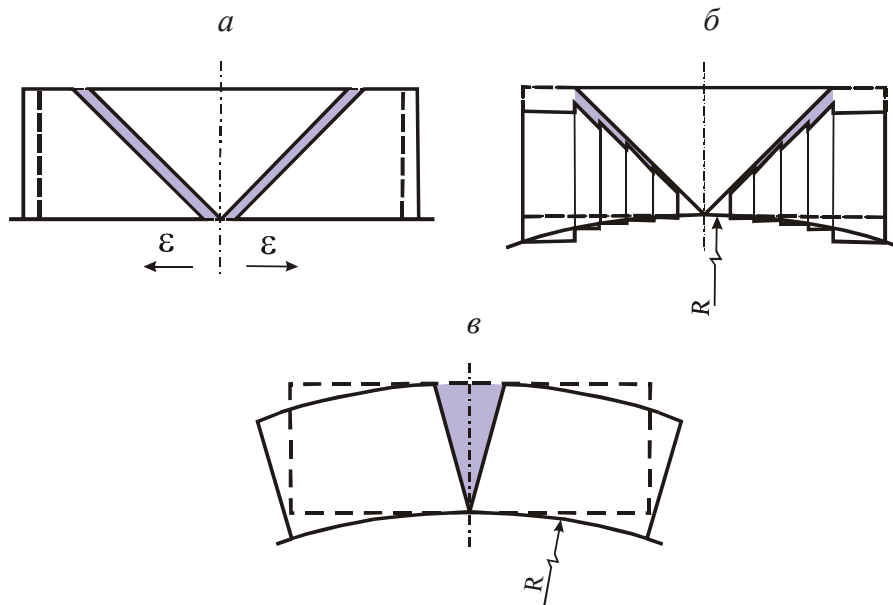


Рис. 1. Обобщенные структурные деформации расслоения наружных стен подрабатываемых зданий: а – от горизонтального сдвига при растяжении земной поверхности; б – от вертикального сдвига при кривизне выпуклости; в – от изгиба при кривизне выпуклости

Эти схемы базируются на следующих допущениях: рассматривается плоская деформация здания в продольном или поперечном направлении; стены представляют собой однородное изотропное деформируемое тело; принимается ненарушенный контакт фундамента здания с деформирующимся основанием; применяется принцип независимости влияющих факторов: отдельно определяются структурные деформации горизонтального сдвига, вертикального сдвига и изгиба стен, вызванные горизонтальными деформациями и кривизной земной поверхности. Применение принципа независимости позволяет оценить влияние каждого фактора и применить для структурных деформаций понятие чистого сдвига, при котором его плоскость расположена под углом 45° к линии действия горизонтальных и вертикальных деформаций. Идея обобщенных структурных деформаций расслоения стен позволила определить деформационные схемы зданий при любых деформациях земной поверхности.

При плавных деформациях возможны две деформационные схемы, которые соответствуют горизонтальным деформациям растяжения ε и кривизне выпуклости K земной поверхности при соотношении длины и высоты здания $l \geq 2H$ и $l \leq 2H$. Расчетные показатели деформаций здания получены на основании этих схем в виде горизонтальных проекций суммарного расслоения наружных стен наклонными и вертикальными трещинами.

Расчетный показатель $\Delta l'_{р.в}$ при $l \geq 2H$ (рис. 2) характеризует суммарное расслоение стены по верху карниза:

$$\Delta l'_{р.в} = 2(t'_\varepsilon + t'_{с.к}) + \Delta l'_{в.к}, \quad (2)$$

где $t'_\varepsilon = m_\varepsilon \varepsilon l / 2$, $t'_{с.к} = h_c = KH^2 / 2$ и $\Delta l'_{в.к} = KHl$.

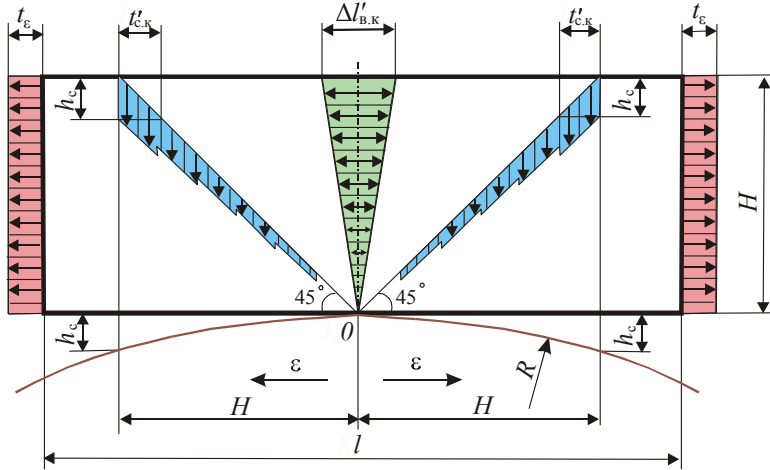


Рис. 2. Деформационная схема подрабатываемого здания при $l \geq 2H$

Расчетный показатель $\Delta l''_{р.в}$ при $l \leq 2H$ (рис. 3) характеризует суммарное расслоение стены в горизонтальном сечении на высоте $0,5l$:

$$\Delta l''_{р.в} = 2(t''_\varepsilon + t''_{с.к}) + \Delta l''_{в.к}, \quad (3)$$

где $t''_{с.к} = Kl^2 / 8$ и $\Delta l''_{в.к} = Kl^2 / 2$.

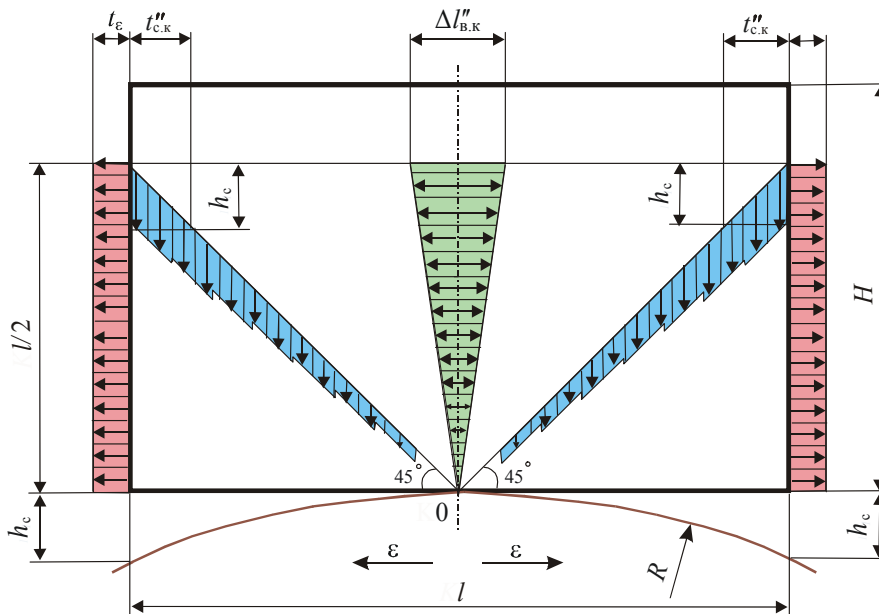


Рис. 3. Деформационная схема подрабатываемого здания при $l \leq 2H$

Подставляя значения соответствующих величин в формулы (2) и (3), получим:

$$\Delta l'_{p.v} = m_{\varepsilon} \varepsilon l + KH(l + H), \quad (4)$$

$$\Delta l''_{p.v} = l \left(m_{\varepsilon} \varepsilon + \frac{3Kl}{4} \right). \quad (5)$$

Отличительной особенностью расчетных показателей (4) и (5) является то, что в них учитываются деформации вертикального сдвига стен от кривизны земной поверхности и отношение длины здания к его высоте, которые в существующем показателе отсутствуют.

Для оценки степени влияния деформаций вертикального сдвига стен подрабатываемых зданий и изменчивости кривизны земной поверхности над горными выработками определим доленое влияние горизонтальных деформаций растяжения и кривизны выпуклости в существующем показателе (1) и новых показателях (4) и (5). Для примера возьмем бескаркасные здания длиной 30 м и высотой от одного до пяти этажей при деформациях земной поверхности $\varepsilon = 4 \cdot 10^{-3}$ и $K = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$ (табл. 1).

Табл. 1. Доленое влияние горизонтальных деформаций растяжения ε и кривизны выпуклости K на подрабатываемые здания

Число этажей здания	Доленое влияние деформаций земной поверхности, %			
	в показателе $\Delta l_{ж}$		в показателях $\Delta l'_{p.v}$ и $\Delta l''_{p.v}$	
	ε	K	ε	K
1	88,4	11,6	82,5	17,5
2	81,3	18,7	71,2	28,8
3	75,2	24,8	61,5	38,5
4	70,1	29,9	53,4	46,6
5	65,6	34,4	48,7	51,3

Как видно из таблицы 1, по новым показателям суммарных деформаций $\Delta l'_{p.v}$ и $\Delta l''_{p.v}$ доленое влияние кривизны выпуклости возрастает по сравнению с существующим показателем $\Delta l_{ж}$. Причем, с повышением этажности здания доли влияния горизонтальных деформаций и кривизны становятся примерно одинаковыми. Эти результаты достаточно близки к данным натурных наблюдений, полученным Варлашкиным В. М. [3]. По 225 случаям подработки гражданских зданий доля влияния горизонтальных деформаций и кривизны земной поверхности в показателе суммарных деформаций $\Delta l_{ж}$ составила соответственно 47 % и 53 %. На основании этих данных было предложено в существующем показателе $\Delta l_{ж}$ учитывать не расчетную кривизну K , а измеренную, определяемую по формуле $K_{изм} = \sqrt{K}$, в которой размерность кривизны 1/км.

Такой подход не соответствует действительному характеру деформационного процесса в подрабатываемом здании, так как не учитывает структурных деформаций расслоения стен от вертикального сдвига, которые суммируются с аналогичными по ориентации структурными деформациями расслоения стен от горизонтального сдвига (см. рис. 1), что оказывает решающее влияние на результат подработки. От правильного определения степени влияния горизонтального сдвига, вертикального сдвига и изгиба в показателях суммарных деформаций зависит надежность прогноза структурных деформаций расслоения наружных стен подрабатываемых зданий (распределения и максимальной ширины раскрытия трещин), а также – эффективность выбора мер защиты. Поэтому при обосновании допустимых условий подработки зданий на угольных месторождениях необходимо пользоваться новыми расчетными показателями суммарных деформаций $\Delta l'_{p.v}$ и $\Delta l''_{p.v}$, а также учитывать доленое влияние вертикального сдвига и изгиба стен подрабатываемых зданий от кривизны земной поверхности.

Выводы

Разработаны деформационные схемы подрабатываемых зданий, которые учитывают переменные по высоте структурные деформации расслоения наружных стен от вертикального сдвига при кривизне выпуклости и отношение длины зданий к их высоте.

Получены новые формулы для определения расчетных показателей деформаций зданий при горизонтальных деформациях растяжения и кривизне выпуклости земной поверхности, которые учитывают все составляющие деформационного процесса в подрабатываемых зданиях, что обеспечивает надежность прогноза их состояния при подработке и эффективность выбора мер защиты.

Библиографический список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. Введ. 01.01.2004. – К., 2004.
2. Муллер Р. А., Юшин А. И. Определение повреждений существующих каменных зданий при их подработке // Вопросы проектирования и защиты зданий и сооружений от влияния горных выработок. – М.: Центрогипрошахт, 1961. – С. 198–212.
3. Варлашкин В. М. Оценка ожидаемых повреждений зданий при подработке // Изв. вузов. Горн. журн. – 1976. – № 7. – С. 51–55.

© Блинникова Е. В., 2008.