

ВТОРИЧНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

к.т.н. Ермаков В.Н. (ГК «Укруглеструктуризация»), д.т.н.
Кренида Ю.Ф. (ДонНТУ)

Разработка проектов закрытия шахт требует оценки перспективы развития коммунального хозяйства шахтерских городов и поселков, прилегающих к этим шахтам.

Застройка шахтерских поселков состоит из зданий, построенных с учетом и без учета вредного влияния горных работ. Количество зданий, построенных без учета вредного влияния горных работ, составляет от 10 до 90% общего числа зданий, а по полезной площади от 10 до 30% [1].

В соответствии с нормативными и рекомендательными документами [2, 3] все здания и сооружения должны быть восстановлены после подработки. Послеосадочный ремонт подработанных зданий производился обычно без восстановления монолитности кладки стен, ремонтировалась только штукатурка. Авторам известен только отдельный случай устранения трещин путем замены кладки на полкирпича с наружной стороны несущих стен в процессе послеосадочного ремонта зданий в городе Белозерское, подработанного одноименной шахтой. Такой восстановительный ремонт требует сравнительно больших затрат средств. Например, для восстановления монолитности стен с помощью полимеррастворов необходимо затратить около 25 долларов на погонный метр трещины [4].

Трещины, оставшиеся после подработки существенно осложняют дальнейшую эксплуатацию зданий. Так при обследовании зданий и сооружений [5] в пределах горных отводов закрытых шахт им. Тюленина и «Донецкая» в городе Краснодаре из 2,56 тыс., принятых к обследованию, зафиксировано более 34% объектов в неудовлетворительном состоянии, из них 24% подтоплены. В городах и поселках Стахановского региона в пределах зон влияния горных работ на земную поверхность ликвидируемых шахт «Брянковская», «Замковская», им. Ильича, «Максимовская» и «Центральная-Ирмино» до 34% объектов находятся в неудовлетворительном состоянии и около 6% подтоплены.

Повреждения зданий, подработанных при допустимых условиях согласно действующим «Правилам охраны...» [2], устраняются путем проведения текущих наладочных и ремонтных работ, которые также не предусматривают восстановления монолитности кладки несущих стен [6].

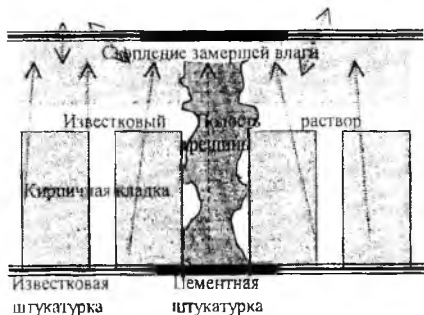
При обследовании зданий, построенных без учета вредного влияния горных работ, подработанных в допустимых условиях и отремонтированных после подработки, установлены вторичные повреждения следующего характера.

Трещины в ранее отремонтированной штукатурке раскрытием до 1мм в стенах и в деревянных перегородках, потолках (вдоль дранки). Вдоль краев трещин происходит шелушение побелки и масляной краски, коробление обоев. Отслоившаяся и восстановленная штукатурка продолжает отслаиваться и осыпаться. В местах сопряжения несущих стен, перекрытий и перегородок возникают щели, отслаивания отремонтированной заделки. С наружной и внутренней сторон несущих стен, а также на перегородках продолжаются отслаивание и вывалы облицовочной плитки. Продолжаются перекосы проемов, проявляющиеся в несовпадении подвижных элементов конструкций окон и дверей.

Зафиксированы повреждения при обследовании зданий, построенных с учетом вредного влияния горных работ (4-5-ти этажные панельные, блочные и кирпичные здания серий 1-480, 1-464, 1-438) и подработанные при деформациях оснований, составляющих (0,7-1,0)% принятых при проектировании [1]. В этих зданиях также вторичные повреждения проявляются в виде отслаивания ранее отремонтированной штукатурки на стыках между крупными элементами конструкций несущих стен и вдоль швов сопряжения кладки и железобетонных поясов. В этих же местах зафиксировано отслаивание облицовочной плитки внутри помещений. С наружной стороны зданий имеет место отслаивание облицовочной плитки, что опасно для прохожих, а вдоль деформационных швов коробление нащельников. Более поздние проекты зданий от 5-ти до 12-ти этажей построены с учетом этого опыта, имеют более совершенные конструкции и меньшие повреждения.

Вышеописанные повреждения приводят к нарушению санитарно технических норм в эксплуатации помещений, создают дискомфорт проживания, что существенно влияет на рыночную цену недвижимости. Причиной таких повреждений является отсутствие в несущих стенах монолитности кладки, поврежденной трещинами в процессе подработки, что не обеспечивает надежной связи между отдельными блоками стены. Под воздействием сезонных изменений влажности и динамические воздействия окружающей среды, а также продолжающегося неравномерного уплотнения толщи горных пород отдельные блоки здания взаимно перемещаются и разрушают штукатурку, перекрывающую полость трещины между блоками.

Наибольшее влияние на возникновение подобных повреждений оказывает влажность среды (рис 1). Кирпичные



Условное обозначение. $\leftarrow \dots \rightarrow$ - направление миграции влаги

Рис. 1. Образование скопления замерзшей влаги под слоем цементной штукатурки с наружной стороны стены.

стены в нормальном режиме эксплуатации содержат 0,055-0,53% влаги по массе [7]. Влага поступает в кладку из воздушной среды. Усиленный конденсат влаги в кладке образуется весной и осенью, когда температура воздуха имеет знакопеременные значения и гистерезис температур наибольший. Как правило, послеосадочный ремонт штукатурки осуществляется с помощью цементных растворов, создающих плотную штукатурку. Перемещение влаги в стенах (миграция) происходит тем интенсивнее, чем больше перепад наружной и внутренней температур. Влага движется в сторону низких температур и более интенсивно в полости трещины, где имеются ее пары.

Наличие плотной штукатурки вдоль трещины со стороны наружной грани стены приводит к скоплению влаги между штукатурным слоем и гранью кирпичной кладки. При отрицательных температурах влага замерзает, создаются напряжения, разрушающие штукатурку и поверхностный слой каменной кладки. Особенно неблагоприятны напряжения отрыва, которые вызывают отслаивание штукатурки.

Более того, плотная цементная штукатурка имеет линейное расширение примерно в два раза больше линейного расширения кирпичной кладки стен. Для кладки из шлакобетонных камней эта разница еще больше. Различные величины расширения этих материалов создают дополнительные напряжения на границе штукатурки и кладки стен, способствующие возникновению трещин и отслаиванию штукатурки.

Известно, что давление льда в порах достигает до 20Па [8]. Камни и бетон с пористостью 15% выдерживают 100-300 циклов перехода температуры через 0°. Так, например, в Донбассе в феврале, марте 2001 года наблюдалось 12 случаев перехода температуры через 0°. С течением времени исчезают связи между крупными частицами материала штукатурки и происходит не только отслаивание, но и разрушение штукатурки вдоль трещины. Заметное влияние на возникновение вторичных повреждений оказывает сезонные изменение влажности основания.

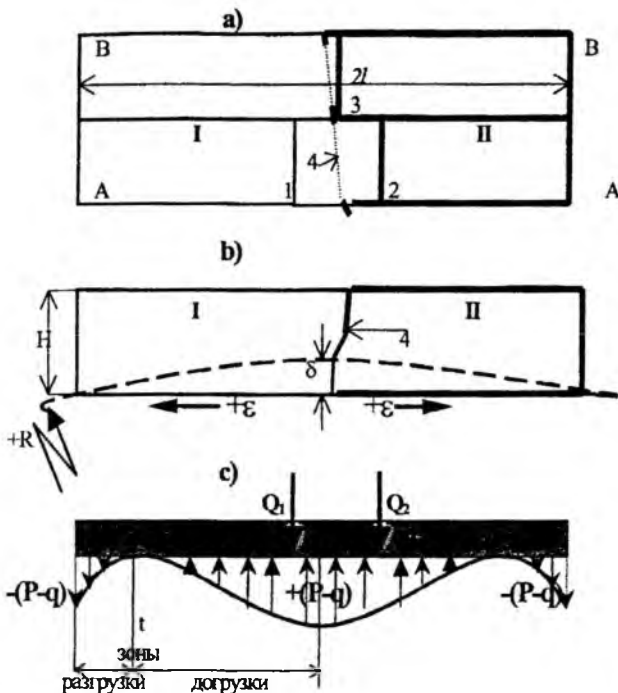
При строительстве здания давление на основание было равномерно распределено в соответствии с расчетным сопротивлением грунта. При подработке под подошвой фундамента здания происходит перераспределение отпора грунта основания, и возникают зоны догрузки и разгрузки [9, 10] (рис. 2, с). В стене здания развиваются дополнительные усилия [11]. На рис. 3 приведен пример расчета изгибающих моментов и перерезывающих сил, возникающих в балке конечной жесткости, подработанной при радиусе кривизны 1км.

Из рисунка следует, что в середине стены развиваются максимальные изгибающие моменты. Здесь же развиваются максимальные продольные усилия [10], вызванные перемещением грунта при растяжении основания. Имеется большая вероятность появления в этом месте трещин, что подтверждается и опытом подработки. На четверти длины возникли максимальные перерезывающие усилия, что может также привести к образованию трещин.

Поскольку несущая способность стены была превышена и в середине здания возникла трещина (рис. 2, а, b), то разность $|(P-q)|$ имела максимально возможную величину для данных условий [10]. Трещина расчленила стену на два самостоятельных блока, которые теперь следует рассматривать как отдельные образования. Пространственная увязка этих блоков поперечными стенами не одинакова (рис. 2, а), что указывает на различие их масс. После возникновения трещины произошло вторичное перераспределение отпора грунта вдоль подошвы фундаментов каждого блока. Таким образом, в основании каждого блока грунт получил различный отпор грунта, который остался на длительное время.

Зависимости деформаций грунта от догрузки и разгрузки различны и не линейны [11] (рис. 4), поэтому состояние грунта в этих частях основания также различны. Это проявляется в изменении пористости грунта (рис. 5).

Изменение пористости грунта в зонах догрузки и разгрузки можно проследить по графику рис. 5. Пористость грунта в зонах догрузки и разгрузки после возникновения трещины в стене составила соответственно ε_p и ε_d , которые не равны и $\varepsilon_p > \varepsilon_d$.



- а) - схема фундаментов здания серии 201 длиной $2l$, высотой H , расчлененных трещиной 4 ;
 б) - схема деформирования основания.
 в) - эпюра отпора грунта с зонами догрузки $+(P-q)$ и разгрузки $-(P-q)$;
 ■ погонная нагрузка q на основание
 — контуры отдельных блоков стены, расчлененной трещиной
 $+R$ - радиус кривизны, $+\epsilon$ - горизонтальные деформации; δ - прогиб основания; Q_1 ; Q_2 - сосредоточенные силы от поперечных стен 1,2;
 t - граница зон догрузки и разгрузки;

Рис. 2. Расчетная схема стены на кривизне выпуклости отпора грунта в процессе подработки.

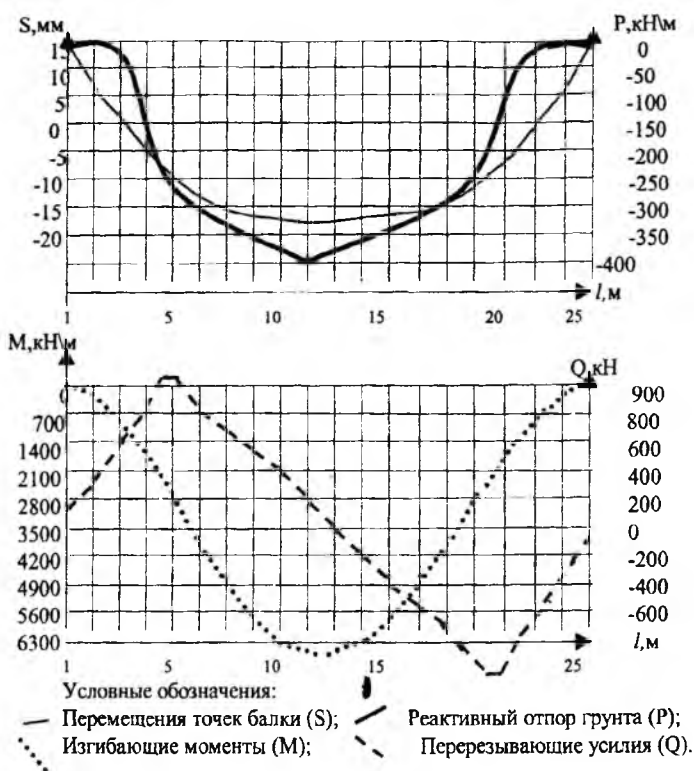


Рисунок. 3 Графики перемещений точек балки, реактивного отпора грунта ее основания, изгибающих моментов и перерезывающих усилий при подработке.

Если рассмотреть осадку здания (S), как сжатие слоя основания высотой h, то [12]

$$S = \alpha Ph \quad (1)$$

где P – давление на основание, α – коэффициент относительной сжимаемости грунта, который равен отношению изменения коэффициента пористости к величине действующего давления, т.е. является тангенсом угла наклона кривых $e_p - e_r$ или $e_d - e_d$, коэффициентом пропорциональности между пористостью и давлением P (рис. 5).

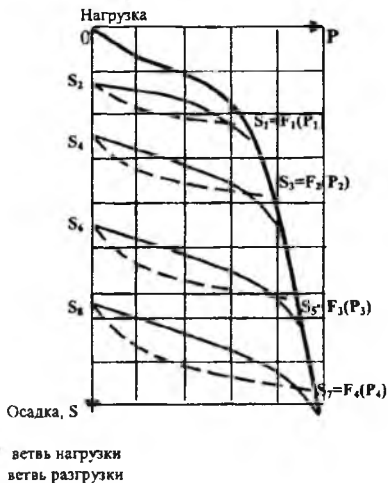
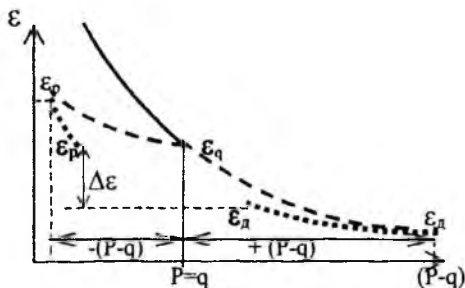


Рис. 4. Обобщенный график зависимости осадки при увеличении давления на грунт (догрузки) и разгрузки основания, полученного при испытаниях грунта с помощью штампа.

$$\left. \begin{aligned} a_p &= (\varepsilon_p - \varepsilon_p) / P \\ &\text{или} \\ a_a &= (\varepsilon_a - \varepsilon_a) / P \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Такой грунт, различной пористости, при увлажнении основания, принимает различные количества влаги. Возникающее при этом набухание приводит к взаимному перемещению отдельных блоков стены, что вызывает разрушению штукатурки, закрывающей полость трещины. Если учесть, что блоки имеют различную пространственную конструкцию, то обобщенные перемещения будут направлены и поперек оси стены, что вызовет возникновение усилий отрыва штукатурки от кладки.

Аналогичное влияние оказывает сдвигание толщи горных пород, продолжающееся после затухания интенсивного процесса сдвигания, а также сдвигания, вызванное активизацией процессов при закрытии шахт. Как известно, при подработке в толще горных пород возникает перераспределение горного давления с возникновением зон повышенного и пониженного давления. Наличие таких зон с различным горным давлением обуславливает неравномерность в сдвигании отдельных участков земной поверхности. Это усугубляет неравномерное перемещение



- 1-й этап после строительства здания ($P=q$);
 - - - 2-й этап — после возникновения деформаций R и ϵ , ϵ_p в зоне разгрузки $-(P-q)$; ϵ_d в зоне догрузки $+(P-q)$,
 - 3-й этап - после появления трещины в стене
- ϵ_q - пористость грунта основания после строительства здания
 ϵ_p - пористость грунта в зоне разгрузки и ϵ_d - в зоне догрузки.
 ϵ_p - пористость грунта в зоне разгрузки после возникновения трещины в стене, ϵ_d - то же в зоне догрузки
 $+(P-q)$ отпор грунта в зоне догрузки и, $-(P-q)$ то же в зоне разгрузки.

Рис. 5. Изменение пористости грунта на разных этапах перераспределения нагрузки на основание при подработке.

отдельных блоков стены, что также проявляется в указанных ранее повреждениях.

Динамические воздействия на сооружения связываются с колебанием основания, вызванные сейсмическим воздействием или воздействием механизмов, функционирующих внутри или вне сооружений.

Расчетная сейсмическая нагрузка (S_d) представляет собой сейсмическую силу, действующую на здание и определяется по формуле [3]:

$$S_d = k_1 k_2 S_0 \quad (3)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий допускаемый уровень повреждений зданий там, где повреждения не допускаются, $k_1=1$; k_2 - коэффициент, учитывающий запас прочности здания, для стен из каменной или кирпичной кладки, $k_2=1,3$; S_0 представляет условную сейсмическую нагрузку, определяемую по формуле:

$$S_0 = AK_{\psi}\eta\beta Q \quad (4)$$

где Q - вес здания; A - коэффициент сейсмичности, учитывающий относительную величину максимальных ускорений (a_{\max}) и определяемый по формуле

$$A = a_{\max} / g \quad (5)$$

g - ускорение свободного падения $g=9,81\text{м/с}^2$; β - коэффициент динамичности здания или отдельных блоков, зависящий от периода собственных колебаний (T_i) и коэффициента демпфирования (ε_i) (в обоих случаях); K_{ψ} - коэффициент, учитывающий различные диссипативные свойства конструкции и их оснований; η - коэффициент формы собственных колебаний, для системы с одной степенью свободы $\eta=1$.

Анализируя формулы (3)-(5), можно принять $S=S_0$, поскольку в дальнейшем будем рассматривать свободные колебания отдельных блоков здания как консервативных систем с одной степенью свободы в начальной стадии гармонических колебаний. Из (3, 4) сила воздействия динамического воздействия зависит от веса здания. В нашем случае блоки I и II имеют разные массы, поэтому периоды собственных колебаний (T) этих систем будут не адекватны, поскольку периоды их колебаний зависят от массы (m) и жесткости (k) этих образований.

$$T = 2\pi\sqrt{m/k} \quad (6)$$

Возбужденные собственные колебания блоков I и II вызовут их взаимные перемещения и разрушение штукатурки, перекрывающей полость трещины.

Таким образом, установлено, что имеют место вторичные повреждения зданий, развивающиеся после окончания влияния горных работ и закрытия шахты. Причиной таких повреждений является отсутствие монолитности кладки стен, поврежденных при подработке. Влияние влажности среды, продолжающиеся слабые, но неравномерные сдвигения толщи горных пород, динамические воздействия приводят к повреждениям в местах возникших ранее трещин и щелей. Наличие таких повреждений увеличивает износ зданий и существенно снижает рыночную стоимость недвижимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов Н.А., Кренида Ю.Ф., Блищенко В.Н. Выемка угля под зданиями, построенными с конструктивными мерами

- защиты в Донбассе. //Рациональные способы обработки запасов угля под застроенными территориями в Донбассе (Тезисы докладов на респ. научно-технич. совещании). – Донецк: Минуглепром УССР, 1978.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1981.
 3. Рекомендации по выбору комплекса строительных и горных мер защиты подрабатываемых населенных пунктов и промышленных предприятий. –Донецк. Издательство Донецкого ПромстройНИИпроекта Гостроя СССР, 1986, 22 с.
 4. Александрян Э.П., Ципаридзе Д.И. Восстановление зданий и сооружений, пострадавших от землетрясений, методом инъектирования полимеррастворов. \\Конструкции жилых и общественных зданий в сейсмических районах. Труды ТбилЗНИИЭП, №15. –Тбилиси: 1977. Стр. 64-67.
 5. Семенов А.П., Ермаков В.Н., Озеров И.Ф., Шнеер В.Р. Обеспечение нормальной эксплуатации объектов поверхности в пределах горных отводов ликвидируемых шахт. \\ Уголь Украины. – 2000. - №12. С. 27-30.
 6. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания жилых зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. (ВСН 58-88) Госкомархитектуры. –М.: Стройиздат, 1990. -22с.
 7. Порывай Г.А. Организация, планирование и управление эксплуатацией зданий. –М.: Стройиздат, 1983. - 384с.
 8. Алексеев В.Т., Касьяненко Т.Г. Ценообразование в строительстве. – Санкт-Петербург, ЗАО «Издательство «Питер», 2000. –256с.
 9. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих грунтах. ДБН В.11-5-2000.\\ Державний комітет будівництва архітектури та житлової політики України. –Київ, 2000. - 34с.
 10. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. Часть II. Промышленные и гражданские здания. –М.: - Стройиздат. –1986.
 11. Клепиков С.Н., Бородачева Ф.Н., Машкин А.В. Методические рекомендации по учету нелинейных свойств основания при расчете конструкций по реальным диаграммам деформирования грунта. \\ Научно-исследовательский институт строительных конструкций Госстроя СССР (НИИСК).– Киев: НИИСК, 1985, 60 с.
 12. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Стройиздат, 1963, 636с.
 13. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий.–М.:Высшая школа,1983.–304с.