

УДК 622.837:622.838

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Шнеер В. Р., Блинникова Е. В.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Розроблено класифікацію технічного стану будівель у залежності від співвідношення їх залишкового, допустимого і граничного деформаційного ресурсу, а також прогнозованого впливу гірничих виробок. Розроблено систему заходів щодо підвищення залишкового деформаційного ресурсу будівель.

There is developed the classification for technical state of buildings depending on the relationship of their residual, permissible and maximum deformation resource, and also forecasted influence of mine workings. There is developed the system of measures for an increasing the residual deformation resource of buildings.

В отраслевом стандарте [1] предусмотрено определение технического состояния зданий в зонах влияния горных выработок по их деформационному ресурсу, который выражается показателем суммарных Δl или сосредоточенных Δh деформаций зданий, функционально связанным с обобщенным деформационным критерием максимального раскрытия характерных трещин в наружных стенах. По нормируемым значениям допустимого по условиям эксплуатации максимального раскрытия трещин $[\delta_{\max}]$ определены нормативные допустимые показатели суммарных $[\Delta l]_{\text{н}}$ и сосредоточенных $[\Delta h]_{\text{н}}$ деформаций зданий разной этажности и назначения.

При ожидаемом влиянии деформаций земной поверхности по результатам обследования устанавливаются фактическое значение максимального раскрытия характерных трещин в наружных стенах зданий и определяют их остаточный деформационный ресурс ($\Delta l_{\text{ост}}$ или $\Delta h_{\text{ост}}$), который сравнивают с расчетными показателями деформаций этих зданий Δl или Δh от прогнозируемого влияния подработки. Если остаточный деформационный ресурс зданий меньше расчетных показателей деформаций, то подработка допускается только с применением мер защиты. В то же время, как известно, во многих случаях здания в зонах влияния горных выработок эксплуатируются с деформациями конструкций, которые превышают допустимые согласно отраслевому стандарту [1]. Поэтому этим стандартом допускается поэтапное применение мер защиты зданий в процессе подработки по результатам инструментальных наблюдений, но никаких указаний по определению условий использования и подработки зданий с деформациями конструкций, которые превышают допустимые по условиям эксплуатации, в стандарте нет.

Учитывая реальное состояние существующей застройки в зонах многократного влияния горных выработок и опираясь на имеющийся опыт, разработана новая классификация технического состояния зданий, которая наряду с нормированным критерием допустимого по условиям эксплуатации влияния деформаций земной поверхности на здания содержит и нормированный критерий предельного по условиям безопасности влияния деформаций земной поверхности на здания.

Предлагаемая классификация характеризуется четырьмя состояниями в зависимости от соотношения нормативного допустимого деформационного ресурса зданий по условиям эксплуатации, фактического остаточного деформационного ресурса по условиям эксплуатации, прогнозируемого влияния деформаций земной поверхности на здания, нормативного предельного деформационного ресурса по условиям безопасности и фактического остаточного деформационного ресурса по условиям безопасности.

Нормальное состояние – фактический остаточный деформационный ресурс здания по условиям эксплуатации равен норма-

тивному допустимому ресурсу или меньше его и прогнозируемое влияние деформаций земной поверхности на здание не приводит к полному исчерпанию нормативного допустимого ресурса.

Удовлетворительное состояние – фактический остаточный деформационный ресурс здания по условиям эксплуатации равен нормативному допустимому ресурсу или меньше его, а прогнозируемое влияние деформаций земной поверхности на здание приводит к полному исчерпанию нормативного допустимого ресурса, но остаточный деформационный ресурс здания по условиям безопасности больше 50 % от нормативного предельного деформационного ресурса.

Неудовлетворительное состояние – фактический остаточный деформационный ресурс здания по условиям эксплуатации равен нормативному допустимому ресурсу, меньше его или полностью исчерпан и остаточный деформационный ресурс здания по условиям безопасности с учетом прогнозируемого влияния деформаций земной поверхности меньше 50 % от нормативного предельного деформационного ресурса.

Аварийное состояние – фактический остаточный деформационный ресурс здания по условиям безопасности меньше 50 % от нормативного предельного деформационного ресурса.

Согласно результатам исследований [2] влияние плавных деформаций земной поверхности на здания характеризуется расчетными показателями, определяемыми в зависимости от вида деформаций и отношения длины здания l к его высоте H .

При горизонтальных деформациях растяжения и кривизне выпуклости расчетные показатели определяют по формулам:

– при $l \geq 2H$

$$\Delta l'_{p.v} = m_{\varepsilon} \varepsilon l + KH(l + H); \quad (1)$$

– при $l \leq 2H$

$$\Delta l''_{p.v} = l(m_{\varepsilon} \varepsilon + 3Kl/4). \quad (2)$$

При горизонтальных деформациях сжатия и кривизне вогнутости расчетные показатели определяют по формулам:

– при $l \geq 2H$

$$\Delta l'_{\text{сп}} = (m_{\varepsilon} \varepsilon + KH/2)(l - H); \quad (3)$$

– при $l \leq 2H$

$$\Delta l''_{\text{сп}} = l(m_{\varepsilon} \varepsilon + Kl/4)/2. \quad (4)$$

В формулах (1) – (4) l и H – длина и высота здания, м; m_{ε} – коэффициент условий работы для горизонтальных деформаций земной поверхности, определяемый согласно [1]; ε – расчетные горизонтальные деформации растяжения и сжатия земной поверхности, 10^{-3} ; K – расчетная кривизна выпуклости или вогнутости земной поверхности, 10^{-3} 1/м.

При сосредоточенных деформациях земной поверхности в качестве расчетного показателя деформаций здания на уступе принимается высота уступа: $\Delta h = h_y$.

Так как расчетные показатели Δl и Δh характеризуют деформированное состояние зданий в условиях влияния горных выработок, то значения этих показателей при допустимом и предельном значениях обобщенного деформационного критерия максимального раскрытия трещин в наружных стенах соответствуют нормативным допустимому и предельному деформационному ресурсу зданий.

Согласно отраслевому стандарту [1] допустимое по условиям эксплуатации максимальное раскрытие трещин в наружных стенах зданий установлено в зависимости от их разряда и находится в пределах от 3,5 мм до 12,5 мм для жилых и общественных зданий и от 3,5 мм до 25 мм для производственных зданий.

Для определения предельных значений обобщенных деформационных критериев технического состояния зданий в зонах влияния горных выработок было отобрано 84 жилых и общественных и 16 производственных зданий, в которых при первом обследовании было зафиксировано максимальное раскрытие трещин в наружных стенах больше 25 мм [3, 4]. На основании результатов длительных наблюдений отобранные здания были систематизированы по условиям их дальнейшего существования: без ремонта, выполнен ремонт, выполнено усиление, здания отселены, разобраны или разрушены вследствие аварии.

С использованием данных натуральных наблюдений вычислены средние максимальные значения раскрытия трещин в наружных стенах $\delta_{с.макс}$ подрабатываемых жилых и общественных зданий для трех вариантов их существования:

– по первому варианту учитываются все здания с трещинами раскрытием больше 25 мм независимо от условий их существования;

– по второму варианту, в отличие от первого, учитываются все здания, за исключением эксплуатируемых без ремонта;

– по третьему варианту учитываются только здания, в которых выполнено усиление, а также – отселенные, разобранные или разрушенные вследствие аварии.

Результаты вычислений средних максимальных значений раскрытия трещин $\delta_{с.макс}$ и количество зданий по каждому варианту приведены в табл. 1.

Анализ результатов вычисления средних максимальных значений раскрытия трещин в наружных стенах жилых и общественных подрабатываемых зданий показывает, что наиболее обоснованными применительно к принятой методике вычисления по вариантам существования зданий являются результаты для двухэтажных зданий. Во-первых, количество рассмотренных двухэтажных зданий равно 42, что значительно превышает количество одноэтажных (7), трехэтажных (4), четырехэтажных (10) и пятиэтажных (5) зданий. Во-вторых, логичным является увеличение среднего значения максимального раскрытия трещин по вариантам 1, 2 и 3.

Таблица 1

Средние максимальные значения раскрытия трещин
 в наружных стенах жилых и общественных зданий

Этажность зданий	Средние максимальные значения раскрытия трещин $\delta_{с.макс}$, мм и количество зданий по вариантам		
	1	2	3
Одноэтажные	47(7)	53(3)	48(1)
Двухэтажные	56(42)	65(26)	86(11)
Трехэтажные	30(4)	30(4)	30(3)
Четырехэтажные	71(10)	71(10)	68(5)
Пятиэтажные	96(5)	114(4)	137(3)
Примечание. В скобках указано количество зданий.			

Следует обратить внимание на данные табл. 1 по варианту 3: количество зданий, в которых было выполнено усиление, невелико, что достоверно отображает практику добычи угля на подрабатываемых территориях, которая существовала на протяжении многих лет, когда меры защиты подработанных зданий практически не применялись, вследствие чего техническое состояние большого количества зданий является неудовлетворительным, предаварийным, а в некоторых случаях – аварийным. Исходя из этого, с точки зрения надежности, предельные значения максимального раскрытия трещин в жилых и общественных зданиях определены как средневзвешенные из трех вариантов по формуле:

$$\delta_{п} = \frac{\delta_{с.макс 1} n_1 + \delta_{с.макс 2} n_2 + \delta_{с.макс 3} n_3}{n_1 + n_2 + n_3}, \quad (5)$$

где n_1, n_2, n_3 – количество зданий по вариантам.

Подставляя в формулу (5) средние максимальные значения раскрытия трещин, найдем: для одноэтажных зданий $\delta_{п} = 49$ мм; для двухэтажных $\delta_{п} = 63$ мм; для четырехэтажных $\delta_{п} = 70$ мм.

В связи с небольшим количеством данных по трехэтажным и пятиэтажным зданиям принимаем с запасом предельные значения максимального раскрытия трещин в наружных стенах для

трехэтажных зданий как для двухэтажных $\delta_{\text{п}} = 63$ мм, а для пятиэтажных зданий как для четырехэтажных $\delta_{\text{п}} = 70$ мм.

Для одноэтажных производственных зданий, в которых ремонты не выполнялись, а усиление было выполнено только в трех случаях, предельное раскрытие трещин принимаем как среднее максимальное по всем вариантам: $\delta_{\text{п}} = 63$ мм.

Для получения расчетных предельных значений $\delta_{\text{п}}$ используем коэффициент надежности по ответственности γ_n [5]. Принимаем для одноэтажных зданий $\gamma_n = 0,95$, для двух- и трехэтажных $\gamma_n = 0,9$ и для четырех- и пятиэтажных $\gamma_n = 0,85$. С учетом этих коэффициентов для жилых и общественных одноэтажных зданий $\delta_{\text{п}} = 45$ мм, для двух- и трехэтажных зданий $\delta_{\text{п}} = 55$ мм, для четырех- и пятиэтажных зданий $\delta_{\text{п}} = 60$ мм.

Для одноэтажных каркасных, с неполным каркасом и бескаркасных производственных зданий в зонах влияния горных выработок расчетные предельные значения раскрытия трещин в наружных стенах $\delta_{\text{п}} = 60$ мм.

Подставляя в уравнения взаимосвязи [6] расчетные предельные значения раскрытия трещин $\delta_{\text{п}}$, вычислим нормативный предельный деформационный ресурс жилых, общественных и производственных зданий $[\Delta l_{\text{п}}]_{\text{н}}$ (табл. 2, 3). Для сравнения в таблицах приведены значения нормативного допустимого деформационного ресурса $[\Delta l_{\text{д}}]_{\text{н}}$.

Вычитая из нормативных значений допустимого и предельного деформационного ресурса фактические показатели суммарных и сосредоточенных деформаций, определяемые с использованием уравнений взаимосвязи [6] при фактическом максимальном раскрытии характерных трещин, найдем фактический остаточный деформационный ресурс зданий по условиям эксплуатации и безопасности.

Таблица 2

Нормативный предельный и допустимый деформационный ресурс жилых и общественных зданий в зонах влияния горных выработок

Вид ресурса	Значения ресурса, мм при числе этажей здания				
	1	2	3	4	5
$[\Delta l_{п}]_н$	255	360	465	610	670
$[\Delta l_{д}]_н$	110	140	180	225	255

Примечание. Приведенные значения допустимого ресурса относятся к жилым зданиям.

Таблица 3

Нормативный предельный и допустимый деформационный ресурс производственных зданий в зонах влияния горных выработок

Типы зданий	Вид ресурса	Значения ресурса, мм при высоте здания, м				
		6	9	12	15	18
Каркасные	$[\Delta l_{п}]_н$	540	620	705	795	895
	$[\Delta l_{д}]_н$	135	160	180	205	230
С неполным каркасом и бескаркасные	$[\Delta l_{п}]_н$	405	465	525	595	670
	$[\Delta l_{д}]_н$	105	120	135	150	170

Примечание. Приведенные значения допустимого ресурса относятся к зданиям третьего разряда согласно [1].

Прогнозируемый остаточный деформационный ресурс зданий по условиям эксплуатации и безопасности с учетом планируемой подработки находим, вычитая из нормативных значений допустимого и предельного деформационного ресурса сумму фактического показателя деформаций и расчетного показателя от планируемой подработки.

В зависимости от технического состояния зданий необходимо применять соответствующие меры защиты для повышения их остаточного деформационного ресурса.

При нормальном состоянии достаточно выполнения локального ремонта деформированных элементов конструкций и отдельных помещений после окончания влияния деформаций земной поверхности на здание.

При удовлетворительном состоянии необходимо в процессе влияния деформаций земной поверхности на здание проводить инструментальные наблюдения за раскрытием трещин в наружных стенах и если максимальное раскрытие трещин превысит 25 % от предельного значения $\delta_{п}$, то необходимо применить локальные меры защиты деформированных элементов конструкций, а после окончания влияния деформаций земной поверхности на здание выполнить ремонт деформированных элементов конструкций и отдельных помещений.

При неудовлетворительном состоянии необходимо в процессе влияния деформаций земной поверхности на здание проводить инструментальные наблюдения за раскрытием трещин в наружных стенах и если максимальное раскрытие трещин превысит 25 % от предельного значения $\delta_{п}$, то необходимо применить локальные меры защиты деформированных элементов конструкций, а при дальнейшем увеличении максимального раскрытия трещин до 50 % от предельного значения необходимо комплексное применение локальных и общих мер защиты конструкций и здания в целом с учетом прогнозируемого влияния деформаций земной поверхности.

При аварийном состоянии необходимо до начала влияния деформаций земной поверхности на здание применить общие меры защиты здания в целом с учетом прогнозируемого влияния деформаций земной поверхности.

Локальные меры защиты включают: усиление простенков между оконными проемами металлическими обоями; усиление оконных и дверных проемов металлическими рамами; увеличение площади опирания плит перекрытий на стены и плит перекрытий на балки и фермы; усиление колонн металлическими обоями.

Общие меры защиты включают: устройство замкнутых вдоль периметра наружных стен здания комплексных металлических конструкций усиления простенков, оконных и дверных про-

емов; устройство замкнутых вдоль периметра наружных стен здания цокольных, междуэтажных и карнизных металлических поясов; усиление фундаментов и стен подвала односторонними и двусторонними железобетонными обоями.

Применение разработанной методики определения и повышения остаточного деформационного ресурса зданий в зонах влияния горных выработок будет способствовать обеспечению их безопасной эксплуатации и увеличению добычи угля под существующими зданиями.

СПИСОК ССЫЛОК

1. ГСТУ 101.00159226.001-2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: Введ. 01.01.2004. – Київ, 2004. – 128 с.
2. Анциферов, А. В. Деформаційний ресурс будівель та споруд, що експлуатуються за складних гірничо-геологічних умов / А. В. Анциферов, О. В. Бліннікова, В. Р. Шнеєр // Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин»: зб. наук. ст. за результатами, отриманими в 2004-2006 рр. / Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України. – Київ, 2006. – С. 28 – 32.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
4. Защита и подработка зданий и сооружений / С. Е. Шагалов, Р. А. Муллер и др. – М.: Недра, 1974. – 256 с.
5. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. ГОСТ 27751-88 с изменением № 1, утв. Постановлением Госстроя России от 21.01.1993 г. Введ. 01.01.1995 г.
6. Науковий проект «Розробка системи оцінки технічного стану та підвищення ресурсу безпечної експлуатації будівель за складних гірничо-геологічних умов»: Звіт про НДР (заключ.) / УкрНДМІ; Керівник А. В. Анциферов. – № 0109U003537. – Донецьк, 2009.