

УДК 622.837:622.838

## ДЕФОРМАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ЗА СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ

Шнеєр В.Р.

(УкрНДМІ НАНУ, м. Донецьк, Україна)

*На основании анализа результатов длительных наблюдений за деформациями зданий в зонах влияния горных выработок и подтопления определены предельные значения максимального раскрытия трещин в наружных стенах, отклонения их от вертикали и перегиба, гарантирующие безопасную эксплуатацию зданий в сложных горно-геологических условиях.*

*Based on the analysis of long-term observations of buildings in the zones of mine working and underflooding impact, limiting values related to maximum opening of cracks in exterior walls, vertical displacement and overbending of walls that ensure safe upkeep of buildings in complicated mining-geological conditions have been determined.*

Останніми роками особливої актуальності набула проблема забезпечення надійної експлуатації існуючого фонду житлових, громадських і виробничих будівель у вугільних регіонах України, де велика кількість міст і промислових підприємств підпадають під негативний вплив зрушень земної поверхні, обумовлених підземним видобуванням вугілля. Небезпеку для об'єктів поверхні становить також підтоплення територій внаслідок затоплення гірничих виробок шахт, що ліквідуються. Виходячи з того, що у короткий термін неможливо відновити або застосувати заходи захисту великої кількості будівель на підроблюваних тери-

торіях, надзвичайно важливим є обґрунтування граничного деформаційного ресурсу таких будівель.

Для досягнення цієї мети з великої кількості тривалих спостережень за деформованим станом житлових, громадських і виробничих будівель в зонах зрушень земної поверхні [1] відібрано такі, у яких при першому обстеженні зафіксовано деформації зовнішніх стін, що перевищують існуючі граничні значення критеріїв безпечної експлуатації будівель за складних гірничо-геологічних умов: максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах більше 25 мм [2, 3] або відхилення зовнішніх стін від вертикалі 100 мм і більше [4].

Відібрані будівлі систематизовано за умовами їх існування: без ремонту, виконано ремонт, виконано посилення, будівлі відселено, зруйнована оцегловка, будівлі розібрано або зруйновано унаслідок аварії.

Для житлових і громадських будівель, поряд з критеріями максимального розкриття тріщин у зовнішніх стінах та відхилення стін від вертикалі, приймається ще один характерний критерій: максимальний перегин кам'яної кладки зовнішніх стін по вертикалі. Місцевий перегин кам'яної кладки стін формується в зонах зосереджених деформацій будівель і є характерним для підроблюваних територій з утворенням уступів земної поверхні при видобуванні вугілля в крутопадаючих пластах або наявності розривних тектонічних порушень в межах впливу гірничих виробок на об'єкти поверхні. Для виробничих будівель приймається один узагальнений деформаційний критерій – максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах.

З використанням даних натурних спостережень обчислено середні максимальні значення розкриття тріщин у зовнішніх стінах  $\delta_{с.макс}$ , відхилення зовнішніх стін від вертикалі  $\Delta_{с.макс}$  та перегину кам'яної кладки зовнішніх стін по вертикалі  $t_{с.макс}$  у підроблюваних житлових і громадських будівлях для трьох варіантів умов їх існування:

– по першому варіанту враховуються усі будівлі з тріщинами у зовнішніх стінах розкриттям більше 25 мм та (або) відхиленням зовнішніх стін від вертикалі 100 мм і більше незалежно від умов їх існування (без ремонту, виконано ремонт, ви-

конано посилення, зруйнована оцегловка, відселені, розібрані або зруйновані унаслідок аварії):

$$\delta_{с.макс1} = \frac{\sum \delta_{максi} + \sum \delta_{максj} + \sum \delta_{максk}}{n_i + n_j + n_k}; \quad (1)$$

$$\Delta_{с.макс1} = \frac{\sum \Delta_{максi} + \sum \Delta_{максj} + \sum \Delta_{максk}}{n_i + n_j + n_k}; \quad (2)$$

$$t_{с.макс1} = \frac{\sum t_{максi} + \sum t_{максj} + \sum t_{максk}}{n_i + n_j + n_k}; \quad (3)$$

– по другому варіанту, на відміну від першого, враховуються усі будівлі за винятком тих, що експлуатуються без ремонту:

$$\delta_{с.макс2} = \frac{\sum \delta_{максj} + \sum \delta_{максk}}{n_j + n_k}; \quad (4)$$

$$\Delta_{с.макс2} = \frac{\sum \Delta_{максj} + \sum \Delta_{максk}}{n_j + n_k}; \quad (5)$$

$$t_{с.макс2} = \frac{\sum t_{максj} + \sum t_{максk}}{n_j + n_k}; \quad (6)$$

– по третьому варіанту враховуються тільки ті будівлі, в яких виконано посилення або зруйнована оцегловка, а також такі, що відселені або зруйновані унаслідок аварії:

$$\delta_{с.макс3} = \frac{\sum \delta_{максk}}{n_k}; \quad (7)$$

$$\Delta_{с.макс3} = \frac{\sum \Delta_{максk}}{n_k}; \quad (8)$$

$$t_{с.макс3} = \frac{\sum t_{максk}}{n_k}; \quad (9)$$

де  $\delta_{максi}$ ,  $\Delta_{максi}$ ,  $t_{максi}$  – максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах, відхилення від вертикалі та перегин кам'яної кладки зовнішніх стін будівель, де не було ремонту, мм;

$\delta_{\text{макс}j}$ ,  $\Delta_{\text{макс}j}$ ,  $t_{\text{макс}j}$  – максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах, відхилення від вертикалі та перегин кам'яної кладки зовнішніх стін будівель, де було виконано ремонт, мм;

$\delta_{\text{макс}k}$ ,  $\Delta_{\text{макс}k}$ ,  $t_{\text{макс}k}$  – максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах, відхилення від вертикалі та перегин кам'яної кладки зовнішніх стін будівель, де було виконано посилення або зруйнована оцегловка, а також – відселених, розібраних чи зруйнованих унаслідок аварії, мм;

$n_i$  – кількість будівель відповідно до визначаємих узагальнених деформацій ( $\delta_{\text{макс}}$ ,  $\Delta_{\text{макс}}$ ,  $t_{\text{макс}}$ ), де не було ремонту;

$n_j$  – кількість будівель відповідно до визначаємих узагальнених деформацій, де було виконано ремонт;

$n_k$  – загальна кількість будівель відповідно до визначаємих узагальнених деформацій, де було виконано посилення або зруйнована оцегловка, а також відселених чи зруйнованих унаслідок аварії.

Результати обчислення середніх максимальних значень узагальнених деформацій  $\delta_{\text{с.макс}}$ ,  $\Delta_{\text{с.макс}}$  і  $t_{\text{с.макс}}$  та кількість будівель по варіантах наведено в таблиці 1.

Аналіз результатів обчислення середніх значень максимального розкриття тріщин у зовнішніх стінах житлових і громадських підроблюваних будівель показує, що найбільш обґрунтованими відповідно до прийнятої методики обчислення по варіантах існування будівель є результати по двоповерхових будівлях. По-перше, кількість розглянутих двоповерхових будівель згідно критерію  $\delta_{\text{макс}}$  становить 42, що значно перевищує кількість одноповерхових (7), триповерхових (4), чотириповерхових (10) та п'ятиповерхових будівель (5). По-друге, логічним є зростання середнього значення максимального розкриття тріщин по варіантах 1, 2 і 3: необхідність ремонту підроблюваних будівель виникає при більшому розкритті тріщин, ніж їх існування без ремонту, а необхідність посилення – при більшому значенні  $\delta_{\text{с.макс}}$ , ніж їх існування без ремонту, та значенні  $\delta_{\text{с.макс}}$ , за яким було виконано ремонт.

Таблиця 1

Середні максимальні значення деформацій зовнішніх стін житлових і громадських будівель в зонах зрушень земної поверхні

Поверховість будівель	Узагальнені деформації зовнішніх стін	Середні максимальні значення деформацій $\delta_{с.макс}$ , $\Delta_{с.макс}$ і $t_{с.макс}$ , мм та кількість будівель по варіантах		
		1	2	3
Одноповерхові	$\delta_{макс}$	47(7)	53(3)	48(1)
	$\Delta_{макс}$	153(11)	153(9)	152(6)
	$t_{макс}$	150(3)	150(2)	150(1)
Двоповерхові	$\delta_{макс}$	56(42)	65(26)	86(11)
	$\Delta_{макс}$	158(9)	162(6)	191(3)
	$t_{макс}$	135(5)	135(5)	165(2)
Триповерхові	$\delta_{макс}$	30(4)	30(4)	30(3)
	$\Delta_{макс}$	150(1)	150(1)	0(0)
	$t_{макс}$	0(0)	0(0)	0(0)
Чотириповерхові	$\delta_{макс}$	71(10)	71(10)	68(5)
	$\Delta_{макс}$	179(1)	0(0)	0(0)
	$t_{макс}$	133(2)	133(2)	133(2)
П'ятиповерхові	$\delta_{макс}$	96(5)	114(4)	137(3)
	$\Delta_{макс}$	0(0)	0(0)	0(0)
	$t_{макс}$	150(1)	150(1)	150(1)

Примітка. В дужках наведено кількість будівель.

Слід звернути увагу на дані таблиці 1 щодо варіанту 3: кількість будівель, за яких було виконано посилення, досить мала, що достовірно відображає практику видобування вугілля на забудованих територіях, що існувала протягом багатьох років, коли заходи захисту підроблюваних будівель практично не застосовувалися, внаслідок чого технічний стан великої кількості будівель є незадовільним, передаварійним, а в деяких випадках – аварійним. Виходячи з цього, пропонується граничні значення

узагальнених деформацій зовнішніх стін підпроблюваних будівель прийняти як середні з трьох варіантів і визначати по формулах:

$$\delta_{\text{гр}} = \frac{\delta_{\text{с.макс1}}n_1 + \delta_{\text{с.макс2}}n_2 + \delta_{\text{с.макс3}}n_3}{n_1 + n_2 + n_3}, \quad (10)$$

$$\Delta_{\text{гр}} = \frac{\Delta_{\text{с.макс1}}n_1 + \Delta_{\text{с.макс2}}n_2 + \Delta_{\text{с.макс3}}n_3}{n_1 + n_2 + n_3}, \quad (11)$$

$$t_{\text{гр}} = \frac{t_{\text{с.макс1}}n_1 + t_{\text{с.макс2}}n_2 + t_{\text{с.макс3}}n_3}{n_1 + n_2 + n_3}, \quad (12)$$

де  $n_1, n_2, n_3$  – кількість будівель по варіантах.

Підставляючи в формулу (10) відповідні значення із таблиці 1, визначаємо: для одноповерхових будівель  $\delta_{\text{гр}} = 49$  мм; для двоповерхових будівель  $\delta_{\text{гр}} = 63$  мм; для чотириповерхових будівель  $\delta_{\text{гр}} = 70$  мм.

Зважаючи на невелику кількість даних по триповерхових і п'ятиповерхових будівлях (табл.1), із запасом приймаємо граничне значення максимального розкриття тріщин у зовнішніх стінах триповерхових будівель таким, як для двоповерхових:  $\delta_{\text{гр}} = 63$  мм, а п'ятиповерхових будівель – таким, як для чотириповерхових:  $\delta_{\text{гр}} = 70$  мм.

Згідно результатам спостережень, відхилення зовнішніх стін від вертикалі характерне для одно- і двоповерхових будівель. Середнє значення  $\Delta_{\text{с.макс}}$  по усіх варіантах цих будівель приймається за граничне: для одноповерхових будівель  $\Delta_{\text{гр}} = 153$ ; для двоповерхових будівель  $\Delta_{\text{гр}} = 165$  мм.

Граничне значення перегину кам'яної кладки зовнішніх стін житлових і громадських будівель приймаємо незалежно від їх поверховості та обчислюємо по першому варіанту одно-, двох-, чотири- і п'ятиповерхових будівель:  $t_{\text{гр}} = 140$  мм.

Для підпроблюваних одноповерхових виробничих будівель, у яких ремонти не виконувалися, а посилення окремих конструкцій було виконано тільки у трьох випадках, до того ж у двох із них максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах було досить малим, граничне розкриття тріщин приймаємо як середнє макси-

мальне розкриття тріщин з урахуванням усіх відібраних будівель:  
 $\delta_{гр} = \delta_{с.макс} = 63$  мм.

Для визначення граничних значень узагальнених деформаційних критеріїв технічного стану житлових будинків, що експлуатуються в зонах підтоплення, зі 100 підтоплених одноповерхових житлових будинків з деформаціями зовнішніх стін, що перевищують допустиме за умов експлуатації розкриття тріщин 10 мм [12] або відхилення стін від вертикалі більше 100 мм, відібрано 39 будинків у яких максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах перевищує 25 мм. Ці будинки систематизовано за умовами їх існування (без ремонту, виконано ремонт, виконано посилення чи розібрано) і обчислено середні максимальні значення розкриття тріщин у зовнішніх стінах  $\delta_{с.макс}$  та відхилення їх від вертикалі  $\Delta_{с.макс}$  для трьох варіантів: перший варіант – враховуються усі підтоплені будинки незалежно від умов їх існування; другий варіант – на відміну від першого варіанту, враховуються усі будинки за винятком таких, що експлуатуються без ремонту; третій варіант – враховуються тільки ті будинки, в яких виконано посилення, а також – розібрані (таблиця 2).

Таблиця 2

Середні максимальні значення деформацій зовнішніх стін одноповерхових житлових будинків в зонах підтоплення

Узагальнені деформації зовнішніх стін	Середні максимальні значення деформацій $\delta_{с.макс}$ і $\Delta_{с.макс}$ , мм та кількість будинків по варіантах		
	1	2	3
$\delta_{макс}$	40(8)	40(8)	47(3)
$\Delta_{макс}$	168(38)	170(30)	199(8)

Примітка. В дужках наведено кількість будинків.

Граничні значення узагальнених деформацій зовнішніх стін одноповерхових житлових будинків в зонах підтоплення обчислюємо як середні з трьох варіантів по формулах (10), (11):  $\delta_{гр} = 41$  мм та  $\Delta_{гр} = 172$  мм.

## ВИСНОВКИ

1. На засаді аналізу деформацій будівель в зонах зрушень земної поверхні, обумовлених підземним видобуванням вугілля, і в зонах підтоплення над гірничими виробками шахт, що ліквідуються, відібрано узагальнені деформаційні критерії технічного стану будівель, які здатні свідчити про небезпеку їх подальшої експлуатації: для житлових і громадських будівель в зонах зрушень земної поверхні – максимальне розкриття тріщин, відхилення від вертикалі та перегин зовнішніх стін; для одноповерхових виробничих будівель в зонах зрушень земної поверхні – максимальне розкриття тріщин у зовнішніх стінах; для одноповерхових житлових будинків в зонах підтоплення – максимальне розкриття тріщин та відхилення від вертикалі зовнішніх стін.

2. Розроблено методику визначення граничних значень узагальнених деформаційних критеріїв безпечної експлуатації будівель в зонах зрушень земної поверхні і підтоплення, що базується на зіставленні зміни умов існування будівель з відповідними значеннями узагальнених деформаційних критеріїв по результатах тривалих натурних спостережень.

3. Одержано граничні значення узагальнених деформаційних критеріїв житлових і громадських будівель в зонах зрушень земної поверхні: розкриття тріщин у зовнішніх стінах одноповерхових будівель  $\delta_{гр} = 49$  мм, дво- і триповерхових будівель  $\delta_{гр} = 63$  мм, чотири- і п'ятиповерхових будівель  $\delta_{гр} = 70$  мм; відхилення від вертикалі зовнішніх стін одноповерхових будівель  $\Delta_{гр} = 153$  мм і двоповерхових будівель  $\Delta_{гр} = 165$  мм; місцевий перегин зовнішніх стін по вертикалі одно-, дво-, три-, чотири- і п'ятиповерхових будівель  $t_{гр} = 140$  мм.

4. Одержано граничне значення узагальненого деформаційного критерію розкриття тріщин у зовнішніх стінах одноповерхових виробничих будівель в зонах зрушень земної поверхні  $\delta_{гр} = 63$  мм.

5. Одержано граничні значення узагальнених деформаційних критеріїв одноповерхових житлових будинків в зонах



підтоплення: розкриття тріщин у зовнішніх стінах  $\delta_{гр} = 41$  мм, відхилення зовнішніх стін від вертикалі  $\Delta_{гр} = 172$  мм.

6. Одержані граничні значення розкриття тріщин у зовнішніх стінах житлових і громадських будівель в зонах зрушень земної поверхні  $\delta_{гр} = 49-70$  мм значно перевищують допустиме за умов експлуатації розкриття тріщин 7-10 мм згідно галузевому стандарту України «Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом».

7. При подальших дослідженнях з використанням граничних значень узагальнених деформаційних критеріїв будівель, що експлуатуються в зонах зрушень земної поверхні і підтоплення, буде розроблено класифікацію технічного стану і систему заходів щодо підвищення ресурсу безпечної експлуатації будівель за складних гірничо-геологічних умов.

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Аналіз зміни деформованого стану будівель за результатами тривалих спостережень в зонах зрушень земної поверхні і підтоплення: Звіт про НДР (проміжний)/ УкрНДМІ; Керівник Анциферов А.В. – Р 1.5/18 КП-2007; № ДР 0107U007591; Инв. № 2257. – Донецьк, 2007. – 165 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
3. Защита и подработка зданий и сооружений/ Шагалов С.Е., Муллер Р.А., Марков В.В. и др. – М.: Недра, 1974. – 256 с.
4. Рекомендации по выбору комплекса строительных и горных мер защиты подрабатываемых населенных пунктов и промышленных предприятий/ Донецкий ПромстройНИИ-проект, ВНИМИ. – Донецк: ДПСНИИП. – 1986. – 224 с.