

Кроме того, проектом реконструкции предполагается:

- замена всех внутренних коммуникаций с установкой счетчиков расхода воды, тепла, газа, электричества;
- ремонт квартир;
- благоустройство вокруг дома.

Реализация проекта реконструкции жилого дома позволит сократить до 30-40% энергозатраты на содержание здания и обеспечит 40-50 лет безаварийной его эксплуатации за счет утепления наружных стен, ликвидации течи и других мероприятий.

Ориентировочный срок окупаемости работ по реконструкции дома 10-13 лет.

Получено 16.05.2002

УДК 624.012

С.С.ГОМОН, канд. техн. наук, С.М.БАБИЧ, д-р техн. наук

Рівненський державний університет водного господарства і природокористування

### ВРАХУВАННЯ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ РОЗРАХУНКАХ МІЦНОСТІ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Наводяться дослідні дані й рекомендації з практичного розрахунку залізобетонних елементів та визначення рівня напружень у стиснутій зоні бетону, що працюють на згин при малоциклових чи багатоциклових навантаженнях.

З метою вивчення напружено-деформованого стану нормальних перерізів при дії малоциклових навантажень було випробувано серію залізобетонних балок розмірами  $h*b*l=120x80x1400$  мм, армованими каркасами з одиночною поздовжньою арматурою класу А-III діаметром 8, 10, 12 мм (рис.1).

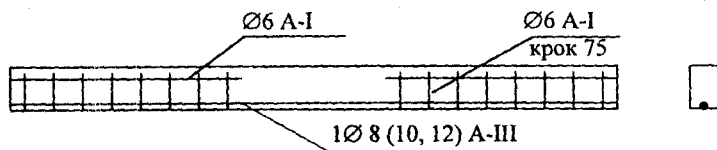


Рис. 1 – Схема армування балки

За розрахункову модель прийнято згинальний елемент, що досліджувався як у нормальних умовах експлуатації. Дослідження залізобетонних балок проводили в спеціально виготовленій важільно-пружинній установці.

Основним фактором впливу малоциклових навантажень на міцність бетону є верхній рівень прикладення малоциклових навантажень, що відсуває на другорядні позиції амплітуду прикладення навантажень, кількість циклів, масштабний фактор, мінерально структурний склад бетону тощо, як це показали натурні дослідження різних за формою та розмірами бетонних зразків.

Несучу здатність нормальних перерізів залізобетонних згинальних елементів з одиночною арматурою, які працювали за короткочасної дії малоциклових навантажень, можна визначити за формулою [1]

$$M \leq R_b \gamma_{cic} b x' (h^0 - 0,5x'), \quad (1)$$

де  $\gamma_{cic} (\kappa_{cic})$  – коефіцієнт, що враховує рівень прикладення малоциклових навантажень і визначається залежно від середнього рівня напружень стиснутої зони бетону;  $x$  – висота стиснутої зони бетону після прикладення малоциклових навантажень.

Аналіз вигляду епюри стиснутої зони бетону для зразків, які випробували при короткочасному навантаженні, свідчать про те, що для кожного з шарів за висотою стиснутої зони бетону залізобетонних балок характерна нелінійність зв'язку “напруження  $\sigma_b$  – повні відносні деформації  $\varepsilon_b$ ”. Зважаючи на чинність гіпотези плоских перерізів, визначивши відносні деформації крайніх волокон стиснутої зони бетону, враховуючи гіперболічний характер деформування різних за складом бетонів у різних умовах експлуатації [2-7], а також використовуючи пропозиції авторів [7, 8], максимальні напруження у крайніх волокнах цієї стиснутої зони можна знайти за формулою

$$\sigma_{\max} = \frac{E_0}{\frac{1}{\varepsilon_b^k} + \lambda_R E_0 R_b}, \quad (2)$$

де  $E_0$  – початковий модуль пружності бетону;  $\varepsilon_b^k$  – відносні деформації крайнього волокна стиснутої зони бетону;  $\lambda_R$  – коефіцієнт пластичності бетону;  $R_b$  – розрахунковий опір бетону.

Встановлено, що верхній рівень мікротріщиноутворення бетону  $\eta_{crc}^V$  є межею пристосування бетону [9] при роботі за малоциклових навантажень. Робота бетону з верхнім рівнем  $\eta_b$  прикладення малоциклових навантажень нижче  $\eta_{crc}^V$  приводить до підвищення міцності бетону, а вище – до руйнування на одному з циклів прикладення не-

багаторазово повторних навантажень.

Оскільки в крайніх, найбільш навантажених волокнах стиснутої зони неперearмованих згинальних елементів при роботі конструкцій за розрахункових малоциклових навантажень виконується умова

$\sigma_{\max} < R_b$ , то прийнятий розрахунковий обрис епюри стискаючих напружень при верхньому рівні  $\eta_e$  прикладення малоциклових навантажень показано на рис.2, а, в, г. Після прикладення розрахункового числа малоциклових навантажень і доведення елемента до руйнування, епюра стискаючих напружень прийнята прямокутною (див. рис.2, б, д). У розрахунках можуть зустрітися два випадки: 1-й – коли напруження у крайніх волокнах стиснутої зони не перевищують межі пристосування ( $\eta_{\max} < \eta_{crc}^v$ ); 2-й – коли напруження у крайніх волокнах стиснутої зони дорівнюють або перевищують напруження межі пристосування бетону ( $\eta_{\max} \geq \eta_{crc}^v$ ).

Стиснута зона бетону

$$\eta_{\max} < \eta_{crc}^v$$

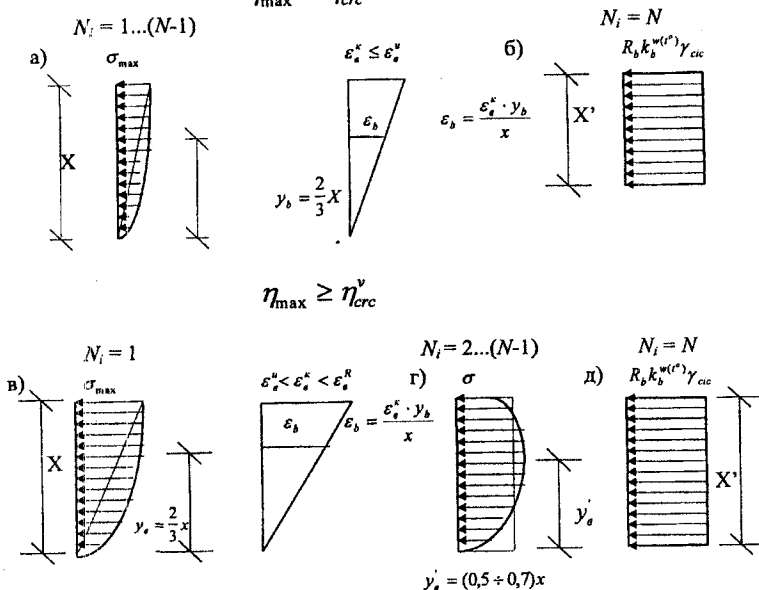


Рис.2 – Розрахункові схеми епор стискаючих напружень залізобетонного елемента, що працює на згин

За формулою (2) можна знайти значення напружень в кожному із шарів будь-які точки стиснутої зони бетону залізобетонної балки, визначивши тільки відносні деформації шару  $\varepsilon_b$ . Це зробити просто із подібності трикутників деформування стиснутої зони бетону залізобетонного елемента, визначивши висоту стиснутої зони на першому циклі прикладення малоциклового навантаження при максимальному його рівні (рис.1).

Слід відзначити, що характер епюри напружень за  $\varepsilon_b^k \leq \varepsilon_b^u$  при прикладенні малоциклового навантаження майже не змінюється, за винятком деякої зміни коефіцієнта повноти епюри в результаті зміцнення бетону, бо в такому режимі виконується умова  $\eta_{\max} < \eta_{crc}^v$ . Коли в крайніх волокнах стиснутої зони бетону відносні деформації досягають значень  $\varepsilon_b^u < \varepsilon_b^k < \varepsilon_b^R$ , то епюра напружень стиснутої зони змінює характер і змінюється коефіцієнт  $\omega$  на кожному з перших 10-20 циклів. Якщо  $\varepsilon_b^u < \varepsilon_b < \varepsilon_b^R$ , то більше третини стиснутої зони бетону балки працює в режимі  $\eta_{\max} \geq \eta_{crc}^v$  і залізобетонна балка руйнується на одному з циклів малоциклового навантаження внаслідок мікротріщиноутворення та поступового руйнування найбільш напружених шарів бетону та зменшення плеча внутрішньої пари сил.

Для визначення коефіцієнта  $\gamma_{cic} (\kappa_{cic})$  необхідно визначити, в якому режимі працює стиснута зона залізобетонного елемента балки. Оскільки за рівнем навантаження не можна встановити рівень напружень у стиснутій зоні бетону залізобетонного елемента, то середній

рівень напружень  $\eta_b = \frac{\sigma_{cp}}{R_b}$  роботи бетону пропонуємо визначати на першому циклі навантаження при роботі балки за малоциклового навантаження на рівні центра тяжіння стиснутої зони бетону за формулою

$$\sigma_{cp} = \frac{2}{3} \sigma_{\max} (\omega + 0,5), \quad (3)$$

де  $\sigma_{\max}$  – максимальні напруження стиснутої зони бетону, які визначають згідно за формулою (2):

$$\omega = (\omega_o - 0,5) \frac{\varepsilon_b^k}{\varepsilon_b^R} + 0,5; \quad (4)$$

$$\omega_o = \frac{1}{\lambda_R} \left[ 1 + \frac{1 - \lambda_R}{\lambda_R} \ln(1 - \lambda_R) \right]; \quad (5)$$

$$\varepsilon_b^R = \varepsilon_b^u \left[ 1 + \frac{1 + (4\omega_o - 3)^3}{2(1 - \omega_o^2)} \left( 1 - \frac{A_b^2}{A_h^2} \omega_o^2 \right) \right]; \quad (6)$$

$$A_b = bx; \quad (7)$$

$$A_h = bh; \quad (8)$$

$$\varepsilon_b^u = \frac{R_b}{E_o(1 - \lambda_R)}. \quad (9)$$

Розрахункові дані за розробленою методикою для деяких залізобетонних елементів оброблені на ПЕОМ і приведені в таблиці. Для уточнення правильності розрахунків виконано порівняння обчислень висоти стиснутої зони бетону за даною методикою з результатами, одержаними з натурних випробувань балок. Результати порівняння для залізобетонних балок Б8С та Б8В2 з робочою арматурою Ø8 показані на рис.3.

Визначення середнього рівня напружень у стиснутій зоні бетону залізобетонних елементів, що працюють на згин при малоциклових навантаженнях

M, кН·м	$\eta_M = M/M_p$	$\sigma_{max}$ , МПа	$\eta_\sigma = \sigma_{max}/R_b$	X, см	$\eta = \sigma_{cic}/R_b$	$\omega$
1	2	3	4	5	6	7
Балка Б8С						
0,168	0,076	0,67	0,035	6,10	0,023	0,503
0,504	0,229	2,91	0,152	5,45	0,102	0,505
0,840	0,382	9,49	0,497	2,57	0,337	0,518
1,176	0,535	12,70	0,665	2,49	0,454	0,525
1,344	0,611	14,26	0,746	2,48	0,511	0,528
1,680	0,764	17,23	0,902	2,48	0,622	0,534
1,840	0,836	18,74	0,981	2,49	0,678	0,538
2,165	0,984	19,06	0,997	2,25	0,693	0,542
Балка Б10В2						
0,254	0,081	1,24	0,069	6,15	0,056	0,510
0,508	0,162	2,70	0,152	5,78	0,123	0,522
0,762	0,243	6,28	0,397	3,61	0,296	0,555
1,016	0,324	7,84	0,517	3,52	0,375	0,572

Продовження таблиці

1,270	0,404	9,21	0,631	3,54	0,448	0,589
1,778	0,566	11,55	0,847	3,67	0,578	0,621
2,286	0,728	13,01	0,998	3,81	0,665	0,644
2,540	0,809	14,29	0,999	3,97	0,745	0,667
3,048	0,971	14,90	0,999	4,12	0,785	0,679
Балка Б12В2						
0,340	0,078	1,69	0,113	6,21	0,077	0,513
1,020	0,234	7,23	0,485	4,04	0,345	0,566
1,700	0,391	10,48	0,703	4,10	0,518	0,606
2,040	0,469	11,86	0,795	4,21	0,597	0,626
2,380	0,547	13,04	0,875	4,33	0,668	0,645
2,720	0,625	13,41	0,899	4,38	0,690	0,651
3,060	0,703	14,90	0,999	4,64	0,767	0,669
3,400	0,781	14,90	0,999	4,75	0,785	0,679
3,740	0,859	14,90	0,999	4,85	0,790	0,686
4,350	0,999	14,90	0,999	5,09	0,805	0,709
Балка Б8В2						
0,168	0,076	0,82	0,035	6,10	0,023	0,503
0,504	0,229	2,70	0,152	5,45	0,102	0,505
0,672	0,305	6,38	0,411	2,67	0,279	0,515
0,840	0,382	7,52	0,497	2,57	0,337	0,518
1,008	0,458	8,57	0,583	2,52	0,397	0,521
1,176	0,535	9,54	0,665	2,49	0,454	0,525
1,344	0,611	10,41	0,746	2,48	0,511	0,528
1,512	0,687	11,25	0,825	2,48	0,567	0,531
1,680	0,764	12,69	0,902	2,48	0,622	0,534
1,848	0,840	13,60	0,981	2,49	0,679	0,538

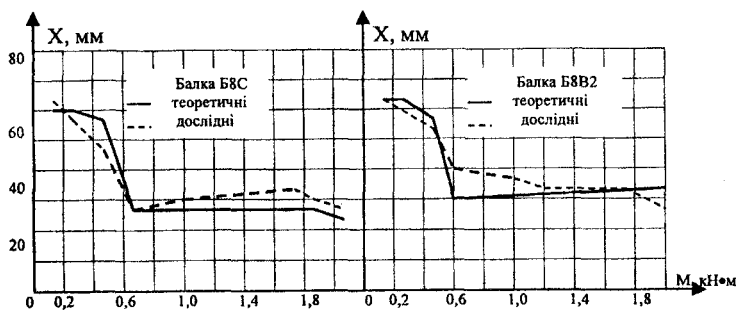


Рис. 3 – Дослідні й теоретичні значення висоти стиснутої зони бетону в балках Б8С та Б8В2

Проведені в лабораторії інженерних конструкцій Рівненського державного університету водного господарства та природокористу-

вання натурні випробування залізобетонних елементів показали, що несуча здатність нормальних перерізів при різному проценті армування, визначена за даною методикою для залізобетонних згинальних елементів, які попередньо зазнали впливу малоциклових навантажень, відрізняється від несучої здатності, отриманої за натурних випробувань з 5% запасом. У той же час методика СНІП дає похибку до  $\pm 15\%$ .

1. Гомон С.С., Зінчук М.С. Врахування сумісної дії малоциклового навантаження та зовнішнього середовища при розрахунках згинальних залізобетонних елементів // Вісник РДГУ "Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво". – Рівне, 1999. – С. 179-183.

2. Макаренко Л.П. Развитие и углубление существующих представлений о деформациях, деструкции и прочности бетонов при сжатии // Изв. вузов. Сер. "Строительство и архитектура". – 1988. – № 12. – С. 1-6.

3. Макаренко Л.П., Фенко Г.А. Практический способ определения модуля упругости и упруго-пластических характеристик бетона при сжатии // Изв. вузов. Сер. "Строительство и архитектура". – 1970. – № 10. – С. 141-147.

4. Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень. – Рівне: РДГУ, 1999. – 120 с.

5. Фенко Г.А. Влияние собственных напряжений на свойства бетона: Дис. ... канд. техн. наук. – Полтава, 1972. – 145 с.

6. Гомон С.С. Линеаризация загрузочно-разгрузочных ветвей диаграммы сжатия увлажненного бетона при малоцикловом нагружении // Тез. доп. наук.-техн. конф. "Исследование работы и применение в строительстве эффективных элементов и конструкций". – Рівне, 1990. – С. 55 - 56.

7. Голуб А.В. Особенности прочности и деформативных свойств бетона со шлаком ТЭС и их учет при расчете железобетонных конструкций: Дис. ... канд. техн. наук – Рівне, 1989. – 190 с.

8. Ильин О.Ф. Прочность нормальных сечений и деформации элементов бетонов различных видов // Бетон и железобетон. – 1984. – №3. – С. 38-40.

9. Гомон С.С. Зміна деструктивних характеристик бетону за сумісної дії тривалого зволоження та малоциклових навантажень // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 3. – Рівне, 1999. – С. 116-119.

*Отримано 02.03.2002*

УДК 624.012.45.04

В.И.КОРСУН, канд. техн. наук, А.Н.МАЩЕНКО

*Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка*

### **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ**

Предложена уточненная методика расчетной оценки ползучести бетона при плоско напряженном состоянии, представлены результаты численного исследования НДС железобетонных элементов дымовой трубы при термосиловых воздействиях.

Напряженно-деформированное состояние (НДС) ряда железобе-