

УДК 624.046.2

**ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗГІДНО З НОВИМИ
НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ УКРАЇНИ**

Д.т.н., с.н.с Бамбура А.М., інж. Сазонова І.Р.

*Державне Підприємство „Державний науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій”, м. Київ*

31 липня 2011 року в Україні надано чинності новим нормативним документам – ДБН В.2.6-98 «Бетонні та залізобетонні конструкції» [1] та ДСТУ Б В.2.6-156 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону» [2]. При розробленні цих Норм враховані основні принципи EN 1992-1-1:2005 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій [3].

За новими Нормами розрахунки елементів залізобетонних конструкцій за I та II групами граничних станів виконуються за нелінійною деформаційною методикою. При цьому, для I групи використовуються розрахункові характеристики міцності і деформативності бетону та арматури, а для II групи – характеристичні. Крім того, коефіцієнти полінома a_k також відрізняються для I та II груп граничних станів. Таким чином, для розрахунків за двома групами граничних станів необхідно побудувати дві криві стану перерізу. Це ускладнює розрахунки, особливо для елементів, що працюють на згин і, якщо конструкування виконується за допомогою програмних комплексів. Використання однієї кривої, визначеної за граничним станом I групи, значно спростило б процес проектування залізобетонних елементів. Але, для цього необхідно переконатися, що це спрощення не приведе до значних помилок при розрахунках за граничним станом II групи.

З метою оцінки похибки при використанні однієї кривої повного стану перерізу було виконано чисельні дослідження балок перекриття з різними перерізами, відсотком армування та класом міцності бетону на стиск.

В таблиці 1 наведені групи балок, для яких виконувались розрахунки.

T a b l i ц я 1
Групи балок для чисельних досліджень

Вид перерізу	Розміри перерізу, мм	Клас міцності бетону на стиск	Відсоток армування, % (арматура класу A500C)
Прямокутний	$h=600$	C25/30	1; 1,5; 2; 3; 4
	$b=300$	C32/40	1; 1,5; 2; 3; 4
Тавровий з полицею в стиснутій зоні	$h=600$	C25/30	1; 1,5; 2; 3; 4
	$h_{eff}=60$	C32/40	1; 1,5; 2; 3; 4
	$b_w=300$		
	$b_{eff}=1000$		

Вихідні дані для розрахунку балок з класами міцності бетону на стиск C25/30 та C32/40 приведені в таблиці 2.

Таблиця 2
Вихідні дані для розрахунку балок за двома групами граничних станів

Група гран. станів	f_c МПа	ε_{c1} (%)	ε_{cu1} (%)	f_y МПа	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
Клас міцності бетону на стиск C25/30									
I	17	1,69	3,28	416	2,7404	-2,7649	1,3416	-0,35004	0,03295
II	22	1,76	3,55	500	2,518	-2,0904	0,6077	-0,001675	-0,001867
Клас міцності бетону на стиск C32/40									
I	22	1,76	2,93	416	2,51816	-2,14804	0,71003	-0,004839	-0,003169
II	29	1,86	3,00	500	2,2794	-1,2836	-0,4386	0,61063	-0,1678

Отже, було розраховано 20 балок. Для кожної з балок визначено граничний розрахунковий та експлуатаційний розрахунковий моменти і побудовано повні криві стану перерізу для I та II груп граничних станів відповідно (рис. 1, 2). При цьому, на кожному кроці отримано такі параметри: величину деформацій на стиснутій та розтягнутій гранях перерізу, кривизну, висоту стиснутої зони бетону, напруження в стиснутій фібрі бетону, напруження в розтягнутій та стиснутій арматурі та згинальний момент в перерізі. Таким чином, було визначено величини напружень в розтягнутій арматурі, що виникають від експлуатаційного розрахункового навантаження, при розрахункових та характеристичних показниках міцності і деформативності бетону та арматури.

На рисунку 1 показані повні криві стану прямокутного перерізу балок з класом міцності бетону на стиск C25/30 для I та II груп граничних станів при відсотках армування 1% і 3% відповідно. На рисунку 2 – теж саме, для класу міцності бетону на стиск C32/40.

Як видно з рисунків, чим більший відсоток армування балок прямокутного перерізу, тим більша різниця між кривими «Момент-кривизна», що відповідають розрахункам за I та II групою граничних станів. Для балок таврового перерізу залежність є більш складною і неоднозначною.

Для забезпечення вимог нормативних документів щодо граничних станів II групи (за придатністю до експлуатації) необхідно забезпечити обмеження рівня напружень в бетоні і арматурі, обмеження розкриття тріщин та обмеження прогинів. При визначені ширини розкриття тріщин в перерізі основним фактором (при однаковій геометрії та армуванні) є величина напружень, що виникають в розтягнутій арматурі від експлуатаційних навантажень (приклад розрахунку ширини розкриття тріщин наведено в [4]). Тому, з метою оцінки похибки при використанні однієї кривої повного стану перерізу, необхідно було порівняти напруження в розтягнутій арматурі, отримані в результаті розрахунків за I та II групами граничних станів при певному рівні навантажень.

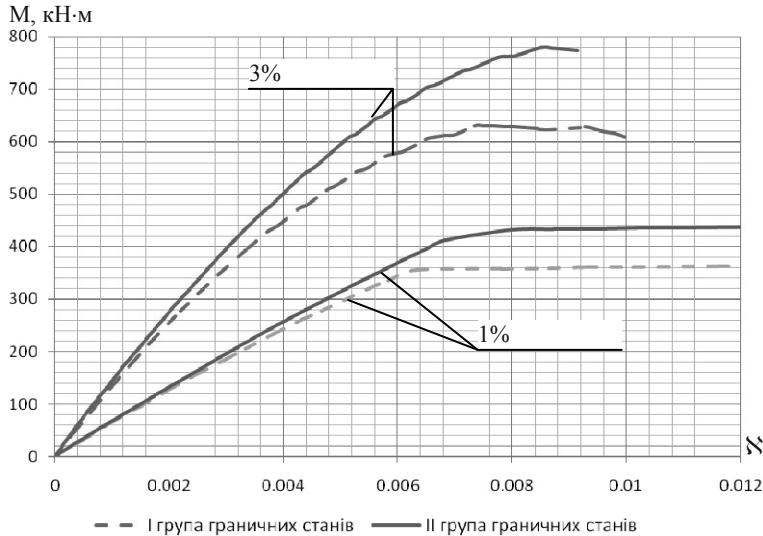


Рис.1. Повні криві стану перерізу балок з бетону C25/30

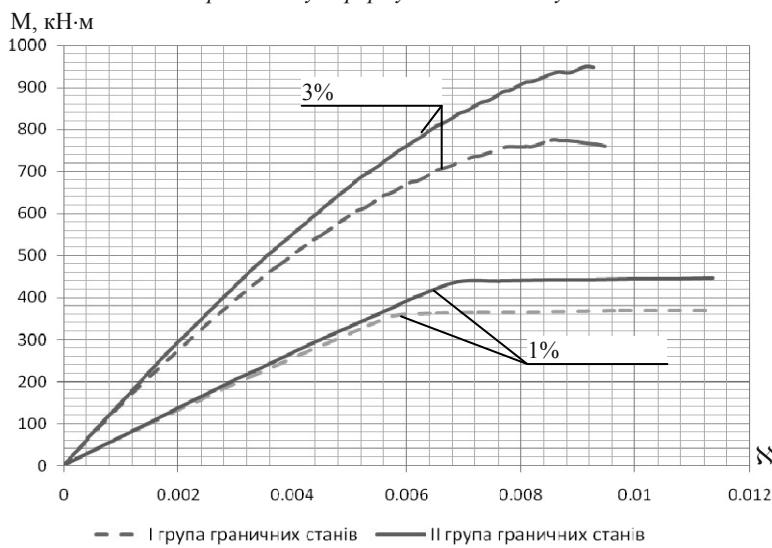


Рис.2. Повні криві стану перерізу балок з бетону C32/40

Оскільки було розглянуто балки з різною несучою здатністю перерізу і, як наслідок, з різними згинальними моментами, що відповідають стадії експлуатації, порівняння виконувалось для моментів, що складають

відповідно 0,7; 0,8 та 0,9 від граничного (несучої здатності перерізу). Для цих рівнів навантаження було визначено величини напружень в розтягнутій арматурі за групами граничних станів I та II. Основні результати розрахунків балок наведені в таблиці 3.

Таблиця 3
Основні результати розрахунку балок за двома групами граничних станів

Клас міцності бетону на стиск	Відсоток армування, %	Рівень навантаження в долях від несучої здатності перерізу									
		0,7M				0,8 M				0,9M	
		Напруження в арматурі, МПа		Похибка, %	Напруження в арматурі, МПа		Похибка, %	Напруження в арматурі, МПа		Похибка, %	
		I гр.	II гр.		I гр.	II гр.		I гр.	II гр.		
Прямокутний переріз											
C25/30	1	306	301	1,6	337	333	1,2	373	366	1,9	
	1,5	277	270	2,5	321	314	2,2	363	353	2,75	
	2	257	247	3,9	298	286	4,0	339	328	3,2	
	3	179	180	-0,5	209	202	3,3	247	233	5,7	
C32/40	1	285	284	0,4	332	328	1,2	380	376	1,0	
	1,5	280	274	2,1	330	323	2,1	365	362	0,8	
	2	270	270	0	318	311	2,2	365	355	2,7	
	3	220	215	2,3	255	243	4,7	290	284	2,1	
	4	175	175	0	207	203	2,0	240	230	4,2	
Тавровий переріз											
C25/30	1	335	333	1	365	362	1	390	409	-4,8	
	1,5	346	340	1,7	390	385	1,3	398	440	-10	
	2	366	350	4,3	416	404	3,0	416	460	-10	
	3	267	254	4,8	303	286	5,6	339	318	6,2	
	4	196	191	2,6	232	220	5,2	266	247	7,1	
C32/40	1	382	372	2,5	416	426	-2,4	416	480	-15	
	1,5	385	330	13,1	416	378	9,1	416	429	-3,1	
	2	354	337	4,8	406	395	2,7	416	445	-7	
	3	380	360	5,3	416	417	-0,2	416	478	-14,9	
	4	239	229	4,2	278	265	4,7	319	297	6,9	

Примітки: знак «-» у графі «Похибка» свідчить про те, що напруження, отримані за групою граничних станів I, менші за напруження, отримані за групою граничних станів II. Тобто напруження недооцінюються.

Наведені в табл. 3 результати розрахунків свідчать про те, що для прямокутних перерізів різниця між величинами напружень, отриманими за умови розрахункових (I група граничних станів) та характеристичних (II

група граничних станів) значень характеристик міцності і деформативності бетону та арматури є прийнятною. Так, для рівня навантажень 0,7 М похибка складає 0...3,9%; для рівня 0,8 М – 1,2...4,7%; а для рівня 0,9 М – 0,8...5,7%. Таким чином, використовуючи для розрахунків одну криву стану перерізу, побудовану за розрахунковими значеннями характеристик міцності і деформативності бетону та арматури, отримаємо ширину розкриття тріщин приблизно на 5% більшу за таку, що обчислена з використанням характеристичних значень міцності і деформативності. Зважаючи на те, що у вихідних даних для розрахунку коефіцієнт варіації приймається 13,5% для бетону та 7-10% для арматури, не враховуючи точності розрахункового апарату, такий результат є цілком прийнятним.

Для балок таврового перерізу такий висновок не є справедливим. Це пов'язано з тим, яка форма рівноваги реалізується в перерізі. Згідно з [2] для двотаврових та таврових перерізів розглядається чотири форми рівноваги, кожна з яких характеризується своїми системами рівнянь. Для елементів таврового перерізу, що працюють на згин, можливі дві форми рівноваги. Тобто, коли нейтральна вісь знаходитьться у межах стінки або у межах верхньої полиці відповідно. При зміщенні нейтральної осі перерізу з стінки в полицю різниця в величині напружень як в бетоні стиснутої зони, так і в розтягнутій арматурі стає досить суттєвою (див. табл. 3). Тому при розрахунках таврових перерізів необхідно визначати повні криві стану перерізу окремо для I та II груп граничних станів.

Висновки: При розрахунках елементів, що працюють на згин, за двома групами граничних станів можливо використовувати тільки одну криву повного стану перерізу, що визначена за розрахунковими значеннями характеристик міцності і деформативності бетону та арматури. Це спрощення справедливо тільки для балок та плит, що мають прямокутний переріз. При розрахунках елементів таврового та двотаврового перерізів за граничними станами II групи таке спрощення може привести до значних помилок. Тому необхідно визначати напружене-деформований стан перерізу за розрахунковими та характеристичними значеннями міцності і деформативності для розрахунків за граничними станами I та II групи відповідно.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009.
2. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010.
3. EN 1992-1-1:2005 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій.
4. Бамбура Андрій, Сазонова Ірина, Канюка Любов. Визначення ширини розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях згідно з новими нормативними документами України. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. №61. – Днівск., ПГАСА, 2011. – С.28-32.