

ДО РОЗРАХУНКУ АНКЕРУВАННЯ АРМАТУРИ В ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ

Висвітлені пропозиції щодо визначення довжини анкерування арматури, включаючи стержні, що обриваються в прольотах.

Ключові слова: залізобетонні елементи, арматура, анкерування.

Вступ. Анкерівка арматури - закріплення кінців стержнів в бетоні - суттєво впливає на надійність залізобетонних конструкцій. Вона здійснюється або силами зчеплення, або спеціальними анкерними пристроями на кінцевих ділянках, або сполученням першого і другого. Анкерівка арматури періодичного профілю всередині бетону в основному забезпечується силами зчеплення, які залежать від багатьох факторів, а тому і надійність анкерування арматури залежить також від багатьох факторів. Вивчення їхнього впливу на зчеплення – задача надзвичайно складна. Це спричинило те, що до цього часу в практиці проектування залізобетонних конструкцій немає достатньо загальних і добре обґрунтованих способів розрахунку зчеплення і анкерування арматури. Тому наразі дослідження цих питань також є дуже актуальними, оскільки у виробництві залізобетонних конструкцій стала використовуватися арматура серпоподібного профілю.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. В попередніх нормах проектування залізобетонних конструкцій [1] на підставі теоретичних і експериментальних досліджень, виконаних до 1980 року з арматурою з гвинтоподібним розташуванням поперечних ребер (Н.М. Мулін, С.О. Дмитрієв, Т.І. Астрова, Т.Г. Гараї, Т.Ж. Жунусов, О.О. Гвоздев), запропонована формула розрахунку анкерування арматури, в якій довжина анкерування залежить від діаметра арматури, розрахункових опорів арматури на розтяг та бетону на стиск, низки емпіричних коефіцієнтів. При цьому довжина анкерування відраховується від перерізу, де поздовжня арматура повністю використовується за міцністю. Крім цього, в загальному випадку мінімальна довжина анкерування стержнів періодичного профілю повинна складати не менше 20 діаметрів, а на вільних опорах згинальних елементів – не менше п'яти діаметрів. В цих нормах не враховується безпосередньо граничні напруження зчеплення, товщина захисного шару та інші впливові фактори.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. З початком повсюдного застосування арматури серпоподібного профілю за ДСТУ 3760:2006 відновилися дослідження зчеплення арматури цієї арматури з бетоном. За даними Клімова Ю.А. [2] значення відносної площі зминання поперечних виступів, яка суттєво впливає на зчеплення з бетоном, в стержнях серпоподібного профілю в 2,4 – 3,7 рази менше, ніж відповідні значення для стержнів гвинтового профілю, які раніше застосовувалися. Стержні серпоподібного профілю також мають недоліки, до яких можна віднести більшу податливість при витяганні з бетону та відсутність в поперечному перерізі поперечних ребер до 25 % периметра. Вважається, що геометричні параметри періодичного профілю, для яких індекс зчеплення (індекс Рема) знаходиться в межах $f_R = 0,05 - 0,10$, забезпечують сполучення таких показників, як максимальна міцність, обмеження прогинів та ширини розкриття тріщин в конструкціях, мінімальний розпір, що може викликати відшарування захисного шару бетону та поздовжнє розколювання. За даними досліджень індекс зчеплення для стержнів серпоподібного профілю знаходиться в межах $f_R = 0,05 - 0,071$, а для гвинтоподібного

профілю $f_R = 0,109 - 0,159$ [3]. Це обґрунтовує застосування в залізобетонних конструкціях арматури серпоподібного.

Основний матеріал і результати. В нормах [4] стосовно арматури серпоподібного профілю пропонується для визначення довжини анкерування використовувати формулу, в якій враховується вплив діаметра стержнів і напружень зчеплення, які залежно від класу бетону приймаються в межах 1,6 ... 4,3 МПа. Це положення використано при визначенні базової довжини анкерування l_b за формулою (позначення прийняті згідно [5])

$$l_b = \frac{d}{4} \cdot \frac{R_s}{\varphi_4 \varphi_5 R_{bb}}, \quad (1)$$

де d – діаметр стержня;

R_s – розрахунковий опір арматури;

R_{bb} – розрахункові дотичні напруження зчеплення арматури з бетоном;

φ_4 – коефіцієнт, який враховує розміщення арматури при бетонуванні;

φ_5 – коефіцієнт, який враховує діаметр стержня (при $d \leq 32$ мм $\varphi_5 = 1,0$).

Згідно з [5] значення R_{bb} залежить від класу бетону і змінюється від 1,3 до 4,3 МПа.

В чинних нормах проектування залізобетонних конструкцій [6] базова довжина анкерування $l_{b,rqd}$ визначається за формулою

$$l_{b,rqd} = \frac{d}{4} \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}, \quad (2)$$

де σ_{sd} – розрахункове напруження в стержні в місці, від якого визначається довжина анкерування;

f_{bd} – значення граничного напруження зчеплення, яке пропонується визначати за формулою

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}, \quad (3)$$

де η_1 – коефіцієнт, пов'язаний із якістю умов зчеплення і розміщенням стержнів під час бетонування;

η_2 – коефіцієнт, що враховує діаметр стержнів (при $d \leq 32$ мм $\eta_2 = 1,0$);

f_{ctd} – розрахункове значення бетону на розтяг відповідно до [6].

Використовуючи значення $l_{b,rqd}$ за формулою (2), розрахункову довжину анкерування стержнів l_{bd} визначають за формулою [6]

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \leq l_{b,min}, \quad (4)$$

де α_1 ; α_2 ; α_3 ; α_4 ; α_5 – коефіцієнти, які відповідно враховують вплив форми стрижнів, вплив мінімального захисного шару, вплив поперечної арматури, вплив приварених поперечних стержнів, вплив поперечного тиску на довжині анкерування;

$l_{b,min}$ – мінімальна довжина анкерування ($l_{b,min} \geq \max(0,3 l_{b,rqd}; 10d; 100 \text{ мм})$).

Аналізуючи наведені методики розрахунку анкерування арматури, треба зазначити, що формула (4) найбільш досконала, оскільки в ній є спроба в розрахунках використати граничні напруження зчеплення арматури з бетоном та низку впливових факторів. Як недолік цієї методики можна відмітити таке:

– визначення граничних напружень зчеплення f_{bd} здійснюється опосередковано по формулі (3), а саме, залежно від міцності бетону на розтяг. Якщо взяти до уваги, що в більшості випадків коефіцієнти η_1 і η_2 в дорівнюють одиниці, то $f_{bd} = 2,25 f_{ctd}$, що не відповідає експериментальним даним, оскільки граничні напруження зчеплення залежать не тільки від опору бетону зрізу, а і від опору бетону зминанню виступами стержнів;

– не всі коефіцієнти в формулах (3) і (4) експериментально підтверджені. Наприклад, вважається що практично на граничні напруження зчеплення не впливає діаметр

арматури, що також не відповідає експериментальним даним. Потребує уточнення вплив захисного шару бетону.

В даній статті робиться спроба уточнити деякі коефіцієнти, які входять в формули (3) і (4), та визначення граничних напружень зчеплення.

Вплив товщини захисного шару. Експериментальні дослідження з визначення граничних напружень зчеплення виконували зі зразками у вигляді бетонних призм з центрально розташованими стержнями. В загальноприйнятій методиці досліджень при діаметрі стержнів $d = 18$ мм і менше сторони призм приймають рівними $a = 100$ мм, а при $d = 20$ мм і більше - $a = 150$ мм. В першому випадку відношення максимальної товщини оболонки бетону до діаметра стержнів (за $d_{min} = 10$ мм) складає в межах $c_{d,max}/d = 2,28 - 4,50$, а в другому (за $d_{max} = 40$ мм) - $c_{d,max}/d = 1,38 - 3,25$. В той же час в нормах [6] мінімальний захисний шар бетону для забезпечення зчеплення встановлюється не менше діаметра ($c_{d,min,b} \geq d$, $c_{d,min}/d = 1,0$). З цієї точки зору є важливим дослідити опір стержнів витягання з бетону за різної товщини захисного шару бетону.

Випробувані дві серії дослідних зразків, які містили в собі по 30 основних зразків у вигляді бетонних призм з заробленими в них арматурними стержнями, які розташовувалися паралельно поздовжній осі на різній віддалі від зовнішньої поверхні бетону (рис. 1). Призми мали поперечний переріз 100×100 і 150×150 мм, в яких розташовувалися стержні діаметром відповідно $d = 12$ і 20 мм. Довжина призм (довжина анкерування стержнів) приймалася рівною $l_b = 10d$, тобто 120 і 200 мм. Виготовляли по три зразки-близнюки. Прийняте наступне позначення зразків: перша цифра – номер серії; буква «П» - оболонка у вигляді призми; наступна цифра – діаметр стержня в мм; після дефіса – товщина захисного шару в мм; наступна цифра – номер зразка - близнюка. Поряд з основними зразками виготовляли кубики з розміром ребра 150 мм (по 9 зразків в серії) та призми розміром $150 \times 150 \times 600$ (по 6 зразків) та $100 \times 100 \times 400$ мм (по 4 зразки).

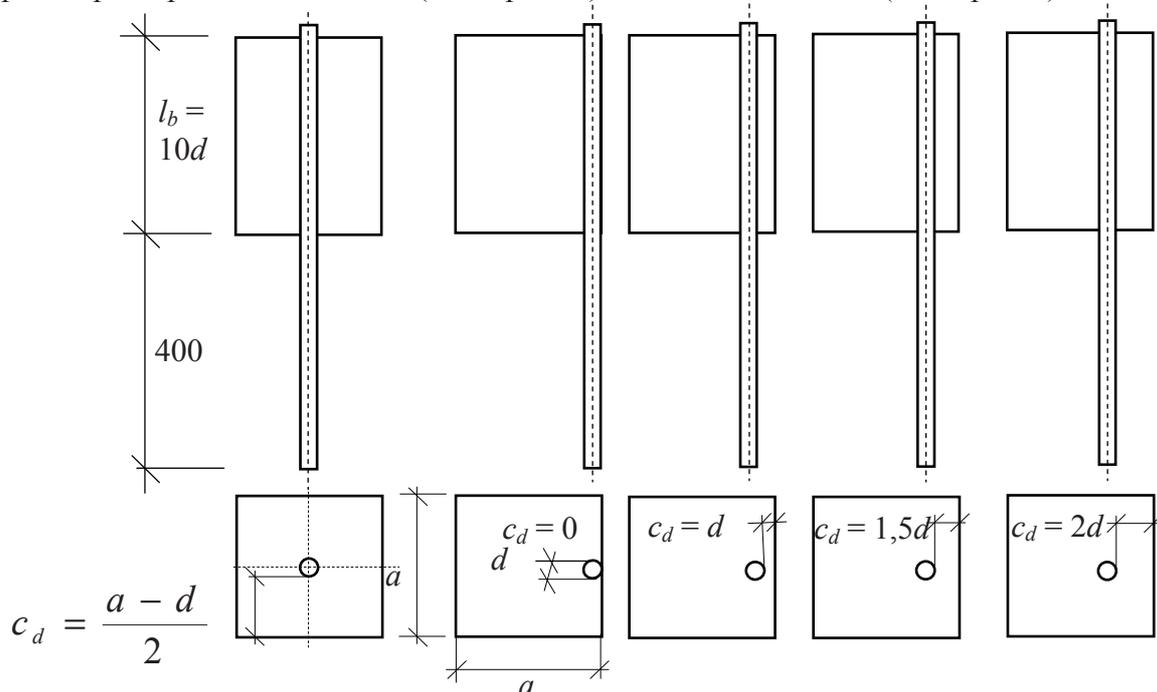


Рисунок 1 – Конструктивні схеми дослідних зразків ($a = 100$ і 150 мм)

Всі зразки виготовляли з одного замісу бетонної суміші в металевій опалубці, ущільнення здійснювали на віброплощині на протязі 30 сек. Кубикова міцність бетону першої серії дослідів складала $f_{cm,cube} = 27,3$ МПа, призмочна міцність $f_{cm,prisme} = 18,4$ МПа, а міцність бетону на розтяг - $f_{cm} = 1,92$ МПа. В другій серії ці характеристики відповідно склали 32,4; 21,2 і 2,23 МПа.

В якості арматури використовували стержні діаметром 12 і 20 мм, які мали межу текучості для зразків першої серії відповідно 670,2 та 676,3 МПа, а для другої серії – 495,1 та 575,2 МПа. Всі значення отримані за результатами випробувань по три зразки-близнюки.

Дослідження опору стержнів витягуванню з бетону виконувалося в розривній машині з використанням спеціального пристрою. Докладно методику випробувань висвітлено в роботі [7].

За граничний стан зчеплення приймали, коли зміщення вільного (не навантаженого) торця стержня відносно торця бетонної призми складало $\delta_{\max} = 0,1$ мм, або відбулося висмикування стержня з бетону. В дослідях спостерігалось обидва критерії настання граничного стану. За встановленими критеріями в усіх зразках визначена руйнуюча сила, за значенням якої в граничному стані знайдені напруження в стержнях та напруження зчеплення. Треба відмітити достатню однорідність отриманих результатів: відхилення від середніх значень по зразкам – близнюкам знаходилися в межах 0,88 ... 1,08, а мінливість по всім зразкам не перевищувала 6 %. Це може слугувати підтвердженням достовірності отриманих експериментальних даних.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що товщина захисного шару суттєво впливає на граничні напруження зчеплення (табл. 1). Так в зразках першої серії 1П12-44 при захисному шарі $c_d = 44$ мм (стержні розташовані по осі бетонної призми) максимальні напруження зчеплення склали $f_{bd} = 5,75$ МПа, а при $c_d = 18$ мм ($c_d = 1,5d$) і $c_d = 12$ мм ($c_d = 1,5d$) відповідно $f_{bd} = 5,09$ і $4,43$ МПа. За відсутності захисного шару в зразках 1П12-00 - $f_{bd} = 2,99$ МПа. Аналогічне відносне зменшення напружень зчеплення спостерігається і в зразках з діаметром арматури 20 мм.

В зразках другої серії 2П12-44 з діаметром стержнів 12 мм при захисному шарі $c_d = 44$ мм ($c_d > 3d$, стержні розташовані по осі бетонної призми) максимальні напруження зчеплення склали $f_{bd} = 9,23$ МПа, а при $c = 18$ ($c_d = 1,5d$) і $c_d = 12$ мм ($c_d = 1,0d$) відповідно $f_{bd} = 7,99$ і $7,52$ МПа. За відсутності захисного шару в зразках 2П12-00 $f_{bd} = 4,54$ МПа. В зразках з діаметром стержнів 20 мм також виявлено вплив товщини захисного шару на напруження зчеплення арматури з бетоном. Треба відмітити, що за відсутності захисного шару ($c_d = 0$) максимальні напруження зчеплення складають приблизно 40 – 60% від напружень зчеплення при $c_d > 3d$.

Таблиця 1 – Експериментальні значення напружень в стержнях та граничних напружень зчеплення арматури з бетоном

Марка зразків	Напруження в арматурі, σ_s , МПа	Напруження зчеплення, f_{bd} , МПа	Марка зразків	Напруження в арматурі, σ_s , МПа	Напруження зчеплення, f_{bd} , МПа
1П12-00	119,5	2,99	1П20-00	127,3	3,18
1П12-12	177,0	4,43	1П20-20	187,3	4,68
1П12-18	203,5	5,09	1П20-30	197,3	4,93
1П12-24	207,9	5,20	1П20-40	208,0	5,20
1П12-44	230,1	5,75	1П20-65	227,1	5,68
2П12-00	171,1	4,54	2П20-00	97,7	2,44
2П12-12	283,2	7,52	2П20-20	267,5	6,69
2П12-18	300,9	7,99	2П20-30	286,6	7,17
2П12-24	318,6	8,45	2П20-40	306,5	7,66
2П12-44	347,8	9,23	2П20-65	310,5	7,76

Примітка. Результати наведені як середні по трьом зразкам - близнюкам.

Оцінити вплив товщини захисного шару на граничні напруження зчеплення бетону з арматурою можна шляхом аналізу відношення $f_{bd,c} / f_{bd0}$, де $f_{bd,c}$ – напруження зчеплення

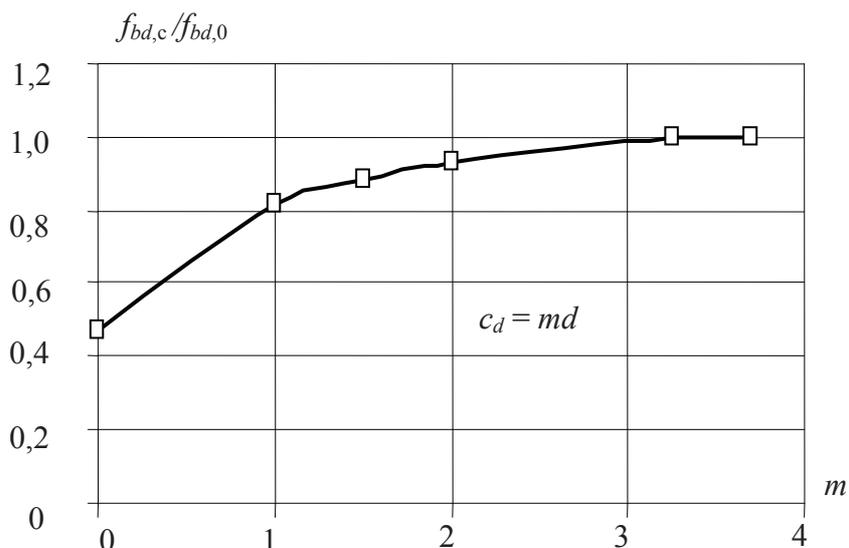
для конкретного захисного шару бетону, f_{bd0} – напруження зчеплення для захисного шару $c_d > 3d$ (стержні розташовані по осі бетонних призм). В зразках другої серії з діаметром стержнів 12 мм при захисному шарі $c_d = d$ відношення $l_{bd,c} / l_{bd0} = 0,81$, а в зразках з діаметром стержнів 20 мм - $l_{bd,c} / l_{bd0} = 0,86$. При товщині захисного шару $c_d = 1,5d$ ці відношення відповідно склали 0,86 і 0,9. Такі приблизно відношення мають місце і для зразків першої серії.

На рисунку 2 наведена залежність $f_{bd,c} / f_{bd0}$ за середніми результатами експериментальних досліджень зразків обох серій. Відношення $f_{bd,c} / f_{bd0}$ при $c_d = 1,0d$, $1,5d$ та $2,0d$ відповідно склали 0,82; 0,89 та 0,93. Як видно з рис 2, повне зчеплення арматури з бетоном відбувається при $c_d \geq 3d$. Можна також прийняти, що в межах $1,0 \leq c_d \leq 3d$ залежність між напруженнями зчеплення $f_{bd,c}$ і товщиною захисного шару c_d має лінійний характер.

В нормах проектування [6] передбачається, що повне зчеплення арматури з бетоном забезпечується при $cd = 1,0d$, що не підтверджується виконаними експериментами, а тому формула для визначення коефіцієнта $\alpha_2 = 1,0 - 0,15(cd - d)/d$, який враховує товщину захисного шару, не відображає дійсне фізичне явище. Для визначення коефіцієнта α_2 на підставі виконаних експериментів пропонується використовувати формулу

$$\alpha_2 = 1 + 0,3(c_d - 3d)/(3d). \quad (5)$$

Формула (5) передбачає, що повне зчеплення арматури з бетоном забезпечується при $c_d = 3,0d$ ($\alpha_2 = 1,0$), а при $c_d = 1,0d$ воно складає біля 80 % ($\alpha_2 = 0,8$). За формулою (5) слід приймати $\alpha_2 \leq 1,0$.



Рисунк 2 – Залежність граничних напружень зчеплення $f_{bd,c}$ від товщини захисного шару бетону $c_d = md$

Вплив діаметра арматури. Вплив діаметра стержнів на граничні напруження зчеплення вивчалоя за допомогою планового експерименту, за результатами якого отримані математичні моделі та побудовані графіки такої залежності (рис. 3) [8].

Для класів бетонів С12/15, С16/20 і С20/25 зі збільшенням діаметра граничне значення напруження зчеплення зменшується. Так, для класу бетону С20/25 при $l_b = 10d$ за діаметра арматури 10 мм f_{bd} склало 6,51 МПа, а для діаметра 28 мм – 4,37 МПа (рис. 2а). Для класів бетону С12/15 і С16/20 граничні значення зчеплення практично лінійно залежать від діаметрів стержнів, а для класів С25/30 і С30/35 ця залежність має яроко виражений криволінійний характер.

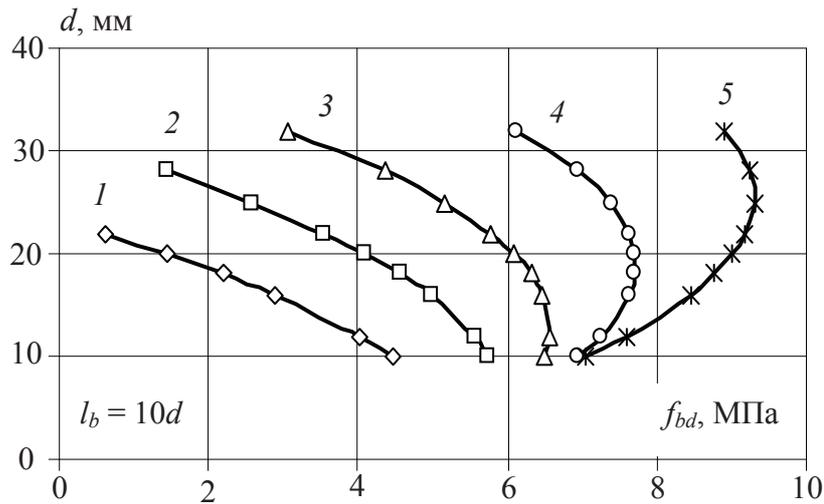


Рисунок 3 – Залежність граничного напруження зчеплення f_{bd} від діаметра стержнів d : 1 – клас бетону C12/15; 2 – те саме C15/20; 3 – те саме C20/25 мм; 4 – те саме C25/30; 5 – те саме C30/35

Максимальні значення напружень зчеплення для бетону класу C25/30 мають стержні діаметром 16 ... 22 мм, а для класу C30/35 – діаметром 20 ... 28 мм. При класі бетону C20/25 до значення діаметра, рівного 18 мм, значення напружень зчеплення практично не змінюються і становлять в межах $f_{bd} = 6,51 \dots 6,31$ МПа, а зі збільшенням діаметру значення f_{bd} починають зменшуватися (див. рис. 3).

Таким чином, положення норм, що діаметр стержнів до $d \leq 30$ мм не впливає на граничні деформації зчеплення, нашими експериментами не підтверджується. Це можна пояснити тим, що в стержнях різних діаметрів різна висота поперечних ребер, різна між ними відстань тощо. Значення коефіцієнтів φ_5 в формулі (1) та η_2 в формулі (3) необхідно уточнювати.

Визначення граничних напружень зчеплення. В роботах [9, 10] для визначення граничних напружень зчеплення арматури з бетоном пропонується використовувати формулу М.М. Холмянського, яка має вигляд [11]

$$f_{bdm} = \beta \frac{\ln(1+\alpha\delta)}{1+\alpha\delta}, \quad (6)$$

де f_{bdm} – середнє значення граничних напружень зчеплення α і β – сталі параметри, які визначаються за експериментальними даними і залежать від міцності бетону і профілю стержнів;

δ – переміщення навантаженого торця стержня відносно торця бетонної призми.

В роботі [11] наводяться формули для визначення коефіцієнтів α і β на підставі експериментів з арматурою гвинтового профілю (раніше класів А-II, А-III, А-IV) діаметром від 10 до 20 мм за міцності бетону від 10 до 40 МПа. Певно, що для арматури серпоподібного профілю ці формули не придатні, тому для цієї арматури авторами уточнені формули для визначення параметрів α і β з урахуванням того, що в останній час в експериментах дослідженнях зчеплення арматури з бетоном вимірюють переміщення незавантаженого кінця стержня відносно торця призми. Формули мають вигляд [9, 10]:

$$\alpha = 0,78\lambda f_{cm,prism}^{1,5}; \quad (7)$$

$$\beta = 5,71\lambda f_{cm,prism}; \quad (8)$$

де $f_{cm,prism}$ – середня призмova міцність бетону (МПа).

λ - відношення глибини профілювання стержня до кроку ребер.

Розрахункові значення граничних напружень зчеплення f_{bd} знаходяться залежно від f_{bdm} за методикою [6] (коефіцієнт надійності за матеріалом прийнято $\gamma_{ct} = 1,5$) і представлені в табл.2.

В роботі [12] наведені результати об'ємних досліджень анкерування арматури в згинальних елементах, в яких частина поздовжньої арматури обривається в прольотах відповідно до епюри матеріалів. Випробувані однопролітні балки, в яких 50 % поздовжньої арматури було обірвано згідно епюри моментів (матеріалів), а довжина їхнього анкерування (заведення в бік опор від місця теоретичного обривання) складала $10d$, $7,5d$ та $5d$. В окремих балках стержні обривалися в місці їх теоретичного обривання.

Балки, в яких довжина анкерування складала $10d$ мали несучу здатність таку ж. як і балки, в яких арматура не обривалася. В балках з довжиною анкерування $7,5d$ і $5d$ виявлено зниження несучої здатності відповідно на 5 % і 17 %, а в балках з відсутнім анкеруванням (за місце теоретичного обривання стержні не заводилися) несуча здатність зменшилася майже на 30 %. Це свідчить про те, що анкерування стержнів, які обриваються в прольотах, на довжину $10d$ забезпечує повне використання арматури і не впливає на несучу здатність елементів.

Таблиця 2 – Розрахункові значення граничних напружень зчеплення арматури з бетоном

Діаметр стержнів, d , мм	Розрахункові значення граничного напруження зчеплення f_{bd} , МПа, для класів важкого бетону							
	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/35	32/40	C35/45	C40/50
10 ... 18	0,94	1,63	2,27	2,89	3,47	4,01	4,44	4,95
20 ... 40	0,84	1,47	2,05	2,64	3,20	3,71	4,12	4,62

Висновки.

1. В нормах проектування [6] наведена найбільш сучасна методика розрахунку анкерування арматури в залізобетонних конструкціях, але і вона потребує удосконалення стосовно визначення значень окремих коефіцієнтів та безпосередньо розрахункових значень граничних напружень зчеплення.

2. Пропонується коефіцієнт α_2 визначати за формулою (5), яка обґрунтована експериментально.

3. В розрахунках довжини анкерування необхідно враховувати вплив діаметра арматури і при значеннях $d \leq 32$ мм.

4. Розрахункові значення граничних напружень зчеплення арматури серпоподібного профілю можна визначати, використовуючи формули (6), (7) та (8), та приймати згідно табл. 2.

5. Стержні, які обриваються в прольотах згинальних залізобетонних елементів відповідно до епюри матеріалів, необхідно заводити за місце їхнього теоретичного обривання на довжину, не меншу $10d$.

Література

1. СНиП 2.03.01-84*. *Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.*
2. Шмуклер В.С. *Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.*
3. Семченков А.С. *Особенности сцепления с бетоном стержневой арматуры различных профилей / А.С. Семченков, В.З. Мешков, А.А. Квасников, А.Э. Белоусов, Е.С. Савохин // БСТ «Экспертиза», 2008. - № 8. – С. 58 – 62.*
4. *EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1: General rules and Rules for Buildings. Final draft. December, 2004.*

5. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3768-98 при проектировании и изготовлению железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. Киев: Технический комитет по стандартизации «Арматура для железобетонных конструкций», 2002. – 39 с.
6. ДСТУ Б И.2.6-156:2010 «Бетонні і залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування». Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
7. Бабич В.Є. Вплив товщини захисного шару на зчеплення арматури з бетоном / В.Є. Бабич, О.Є. Полянська, П.М. Онопрійчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2012. – Випуск 23. – С. 88 – 93.
8. Полянська О.Є. Використання математичної моделі для аналізу зчеплення арматури з бетоном / О.Є. Полянська // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2013. – Випуск 25. – С. 399 – 404.
9. Бабич Е.М. Анкерівка в бетоне арматури серповидного профіля / Е.М.Бабич, Е.Е.
10. Поляновская, А.С. Чапюк А. // Проблемы современного бетона и железобетона: Материалы Третьего международного симпозиума. – Минск: «Минсктипроект», 2011. – Том 1.- С.37 – 45/
11. Бабич Є.М. Математичні моделі для визначення напружень зчеплення арматури з бетоном / Є.М. Бабич, О.Є. Полянська // Будівельні конструкції:збірник наукових праць. – Київ: ДП НДІБК, 2013. – Випуск 78. – Книга 2. – С. 3 – 9.
12. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. – М.: Стройиздат, 1981. – 184 с.
13. Полянська О.Є. Дослідження несучої здатності згинальних залізобетонних елементів з частково обірваною в прольотах арматурою / О.Є. Полянська // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2014. – Випуск 29. – С. 315 – 322.

Е.М. Бабич, д.т.н., професор
В.Е. Бабич, к.т.н., доцент
Е.Е. Полянська, аспірант

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно

К РАСЧЕТУ АНКЕРОВКИ АРМАТУРЫ В ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Приведены предложения по определению длины анкеровки арматуры, включая стержни, которые обрываются в пролетах.

Ключевые слова: железобетонные элементы, арматура, анкеровка.

*Y.M. Babich, doctor of technical sciences, professor
V.Y. Babich, candidate of technical sciences, associate professor
O.Ye. Polianovska. post-graduate
ational University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne, Ukraine*

FOR CALCULATION OF STEEL REINFORCEMENT ANCHORING IN BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Suggestions for determination of the length of steel reinforcement, including rods that are cut in spans, are presented.

Key words: reinforced concrete elements, steel reinforcement, anchoring.

*Надійшла до редакції 04.09.2014
© Є.М. Бабич, В.Є Бабич, О.Є. Полянська*